

Systemoptimalisatie en kosten-batenanalyse van waterhergebruik: een verkennende studie in Oost-Brabant

Duska Disselhoff (Frontier Ventures B.V.), Ferdinand Kiestra (waterschap Aa en Maas), Michelle Talsma (STOWA), Nort Thijssen (Quo Mare B.V.)

De recente droogteperiodes hebben geleid tot discussies over waterhergebruik en het zuinig omgaan met zoetwater in Nederland. In het project ‘RWZI als Waterfabriek voor een robuuste watervoorziening’ is gekeken naar de hydrologische effecten van waterhergebruik, naar de systemoptimalisatie en de kosten-batenanalyse van de verschillende systeemoplossingen. Met een AquaVest-model is de goedkoopste waterinfrastructuur-oplossing geïdentificeerd en zijn de kosten en baten hiervan in kaart gebracht. De verkende oplossingen zijn: effluent naar de landbouw, industrie of als grondwateraanvulling. Daarnaast is gekeken naar de invloed van bestaand beleid, zoals de grondwaterheffing, op de betaalbaarheid van de systeemoplossing.

De droogteperiodes van de afgelopen jaren hebben de discussie rondom waterschaarste en het zuinig omgaan met zoetwater in Nederland een flinke impuls gegeven. Er is behoefte aan adaptieve oplossingen voor de ontwikkeling van (meer) circulaire watersystemen; oplossingen die inzicht geven in het bestaande watersysteem en flexibel genoeg zijn om in te springen op veranderingen in tijd en ruimte [1].

In dit artikel wordt een methode besproken voor het identificeren van de meest betaalbare systeemoplossing in de context van watercirculariteit. De AquaVest-tool, ontwikkeld door Frontier Ventures B.V. in samenwerking met Quo Mare B.V., is gebaseerd op een techno-economisch optimalisatiealgoritme dat verschillende toepassingen kent in de watersector. Zo is AquaVest eerder toegepast voor de ontwikkeling van masterplannen en investeringsstrategieën op het gebied van waterhergebruik (Tilburg) en sanitatie (Egypte) [2], [3].

In Oost-Brabant is een casestudie uitgevoerd in opdracht van de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), in samenwerking met de provincie Noord-Brabant, waterschap Aa en Maas en drinkwaterbedrijf Brabant Water, en in afstemming met kennisinstituut KWR. De achterliggende studie is openbaar beschikbaar via de website van STOWA [4].

Doelstelling

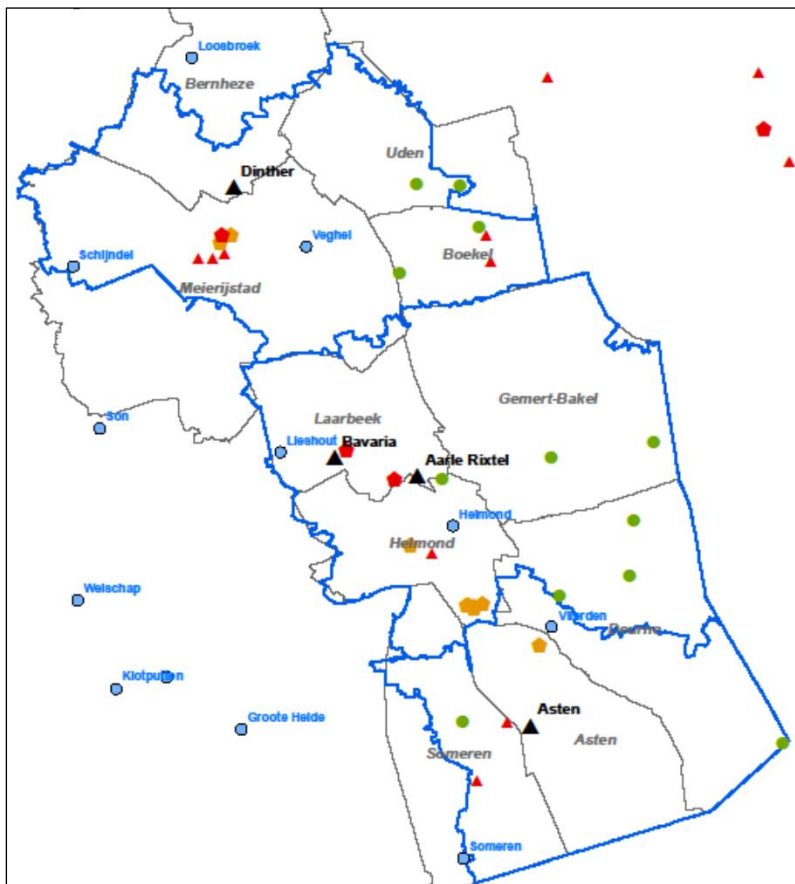
Het doel van deze studie is om door toepassing van AquaVest een antwoord te krijgen op de volgende vraag:

Hoe kan, bij een vooraf gedefinieerde beperking op het grondwatergebruik, het effluent van vier afvalwaterzuiveringsinstallaties (drie RWZI's en één industriële AWZI) het beste worden ingezet om aan de vraag naar water van de landbouw en de industrie te voldoen? En wat zijn de kosten en baten daarvan? Daarbij is een eerdere studie naar de kosten van zuivering en transport van effluent geraadpleegd [5].

Het doel van het project is dus om de meest betaalbare waterinfrastructuur-oplossing te identificeren en om de kosten en baten van deze systeemoplossing helder in kaart te brengen. Er is daarbij gekeken naar de investeringen in waterzuiveringstechnologie die nodig zijn om effluent naar de juiste kwaliteit

op te werken, en naar investeringen in pijpleidingen om het effluent te transporteren naar de landbouwgebieden en de industrie.

De studie is uitgevoerd als onderdeel van het project 'RWZI als Waterfabriek voor een robuuste watervoorziening' [4]. In dit project zijn twee casusgebieden uitgewerkt. AquaVest is toegepast op het casusgebied hoog Nederland. Dit casusgebied bestaat uit drie RWZI's (Aarle-Rixtel, Dinther, Asten) en één industriële AWZI (Bavaria), een twaalfal landbouwgebieden en een aantal industriegebieden (zie afbeelding 1). Elk van de vier zuiveringen levert een bepaald volume en bepaalde kwaliteit aan effluent. Het effluent moet worden opgewerkt om aan de verschillende kwaliteitseisen van de landbouwgebieden en industrie te kunnen voldoen. Verschillen in vraag en aanbod door het jaar heen zijn in het model meegenomen.



Afbeelding 1. Het casusgebied met de drie RWZI's en één industriële AWZI (zwarte driehoekjes), landbouwgebieden (groene bolletjes), industrie met grondwatergebruik (rode vijfhoeken) en industrie met drinkwatergebruik (oranje vijfhoeken)

Methode

Het AquaVest-model wordt gevoed met een doelstelling (bijv. voldoen aan de vraag naar water bij een vooraf gedefinieerde reductie van de totale jaarlijkse grondwateronttrekking). Hierin worden alle afhankelijkheden tussen vraag en aanbod in de waterketen en de investeringsopties om tot een (meer) circulair watersysteem te komen meegenomen. Het model onderzoekt zelf alle combinaties en permutaties van maatregelen door de tijd (bijvoorbeeld 2020 - 2040) en vindt de best passende strategie tegen de laagste kosten. De benodigde investeringen in waterinfrastructuur worden

vervolgens in de tijd uitgezet, rekening houdend met veranderingen en onzekerheden in vraag en aanbod. AquaVest optimaliseert naar de NPV (Net Present Value) van de marge (opbrengsten minus kosten) en draagt daarmee bij aan de betaalbaarheid van watertransitieplannen.

AquaVest is geïnspireerd op een algoritme dat in de energie-industrie al wordt toegepast voor de ontwikkeling van investeringsstrategieën. Voor meer informatie zie de website van AquaVest [7].

AquaVest genereert systeemoplossingen met bijbehorende watergebruiksprofielen en kostenoverzichten. Het is voor elke investering van belang om de waterbesparingen (de 'baten') af te zetten tegen de systeemkosten (CAPEX en OPEX) over tijd. Eerdere toepassingen van het algoritme hebben aangetoond dat het 'integraal' meenemen van de kosten in de ontwikkeling van systeemoplossingen leidt tot significante besparingen op investeringskosten (CAPEX).

Resultaten

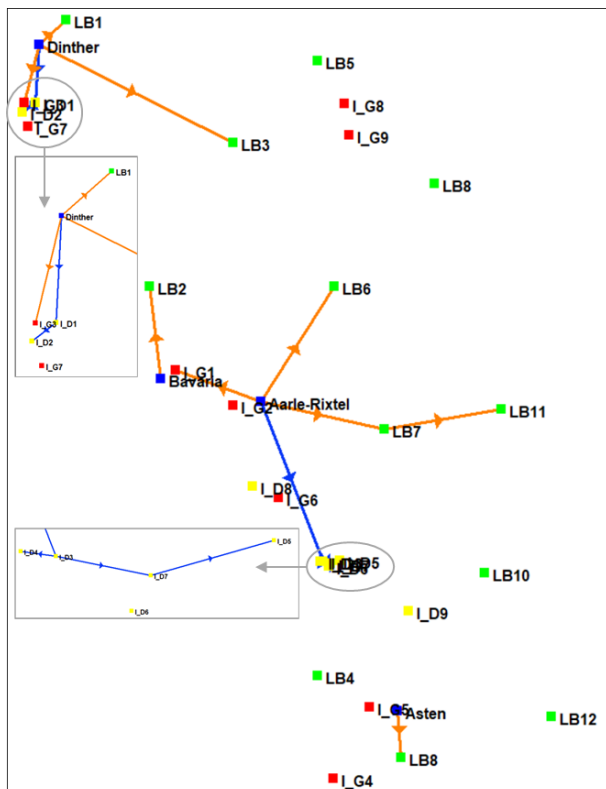
Hieronder worden de belangrijkste resultaten van de studie uiteengezet. Meer details over de definitie van de (hydrologische) randvoorwaarden, de gebruikte inputdata, de aannames achter de kostenberekeningen en de gekozen financieringsstrategie zijn terug te vinden in de achterliggende studie [4].

De systeemoplossing

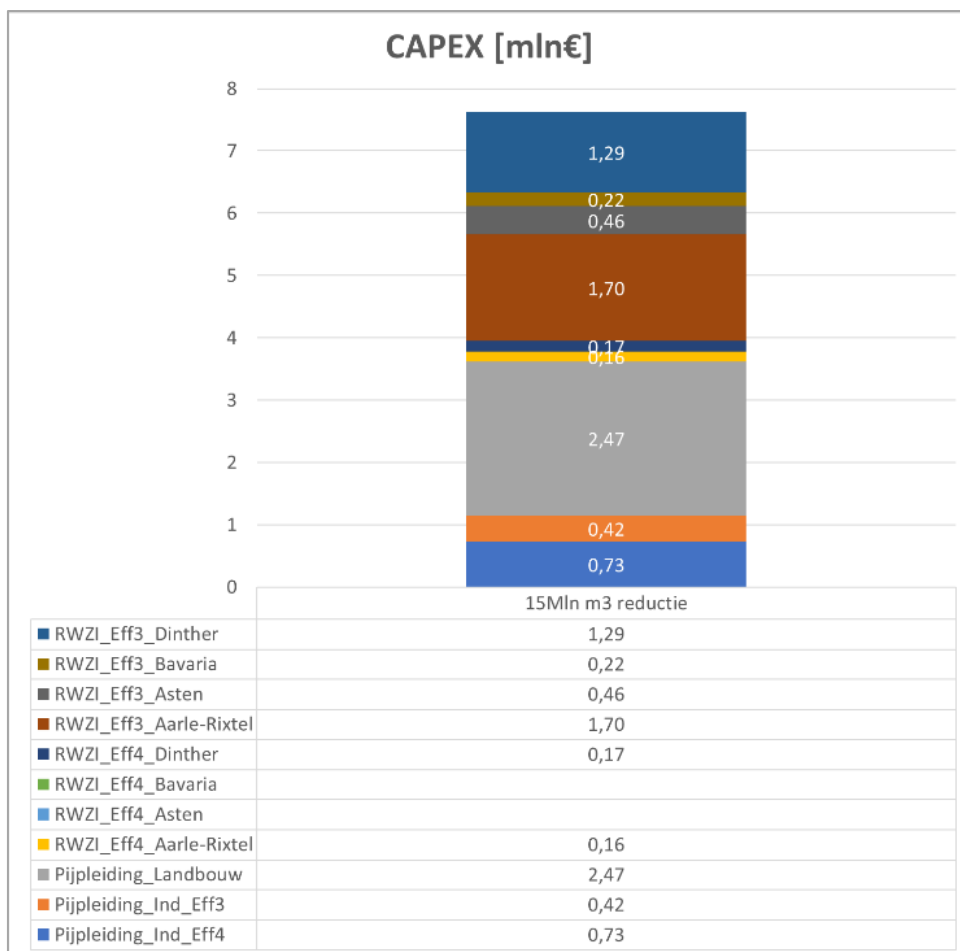
Als uitgangspunt voor de studie is een beperking op de jaarlijkse totale grondwateronttrekking van 15 miljoen m³ gekozen. Dit volume reflecteert de hoeveelheid grondwater die in een zeer droog jaar zou moeten worden vervangen door effluent.

Afbeelding 2 toont de door AquaVest gegenereerde systeemoplossing voor het casusgebied. Zoals te zien is worden niet alle landbouw- en industriegebieden verbonden aan één van de vier zuiveringen in het gebied. AquaVest zoekt naar de meest betaalbare systeemoplossing en dus zullen de meer afgelegen landbouw- en industriegebieden vanwege de kosten voor pijpleidingen minder snel worden gekozen. De tool zoekt actief naar synergiën in transport, waardoor de uitgaven voor leidingnetwerken zo laag mogelijk blijven.

Afbeelding 3 toont de investeringskosten (CAPEX) die horen bij de systeemoplossing. De investeringskosten worden over 20 jaren gefinancierd via een annuïteitenlening met maandelijkse betalingen [4]. De investeringskosten bestaan uit zuiveringen om het effluent naar de juiste kwaliteit op te werken, en pijpleidingen.



Afbeelding 2. De systeemoplossing bij een jaarlijkse reductie van de grondwateronttrekking van 15mln m³. De landbouwgebieden zijn gelabeld 'LB', de industrie met grondwatergebruik is gelabeld 'I_G' en industrie met drinkwatergebruik is gelabeld 'I_D'. De oranje pijlen geven de pijpleidingen aan waardoor effluent met kwaliteit equivalent aan grondwater 'Eff3' getransporteerd wordt. De blauwe pijlen geven de pijpleidingen aan waardoor effluent met kwaliteit equivalent aan drinkwater "Eff4" getransporteerd wordt



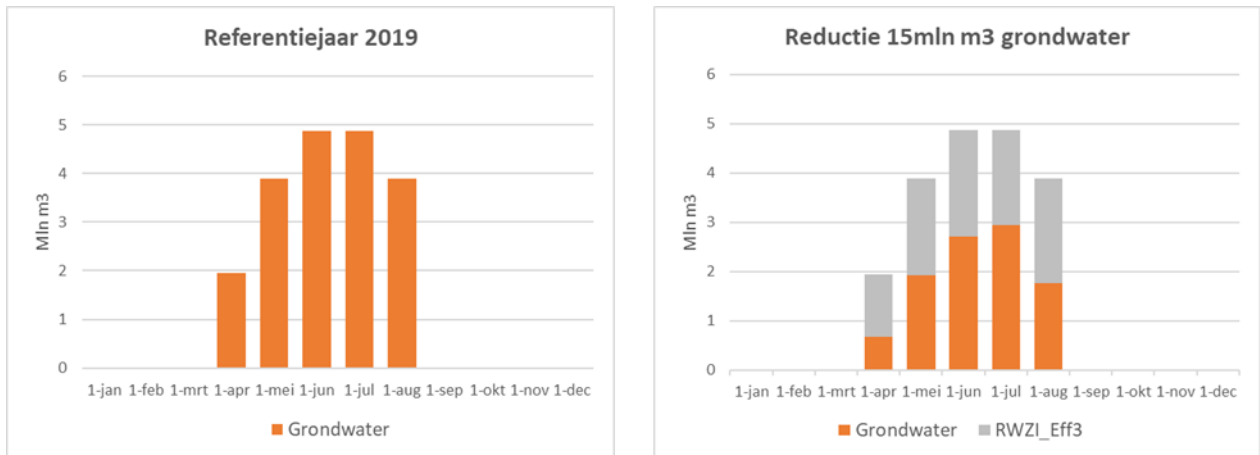
Afbeelding 3: CAPEX-onderdelen van de systeemoplossing (extra zuiveringsstappen en pijpleidingen) bij een jaarlijkse reductie van de grondwateronttrekking van 15mln m³

Belangrijkste observaties:

- De totale CAPEX (jaarlijkse annuïteit) bij inzet van effluent bedraagt € 7,6 mln.
- De investeringskosten kunnen waarschijnlijk worden verlaagd als wateropslag onderdeel wordt van de systeemoplossing. Het aanvoeren en infiltreren van effluent in de verschillende gebieden verlaagt de benodigde capaciteit van de extra zuiveringstappen en de pijpleidingen.

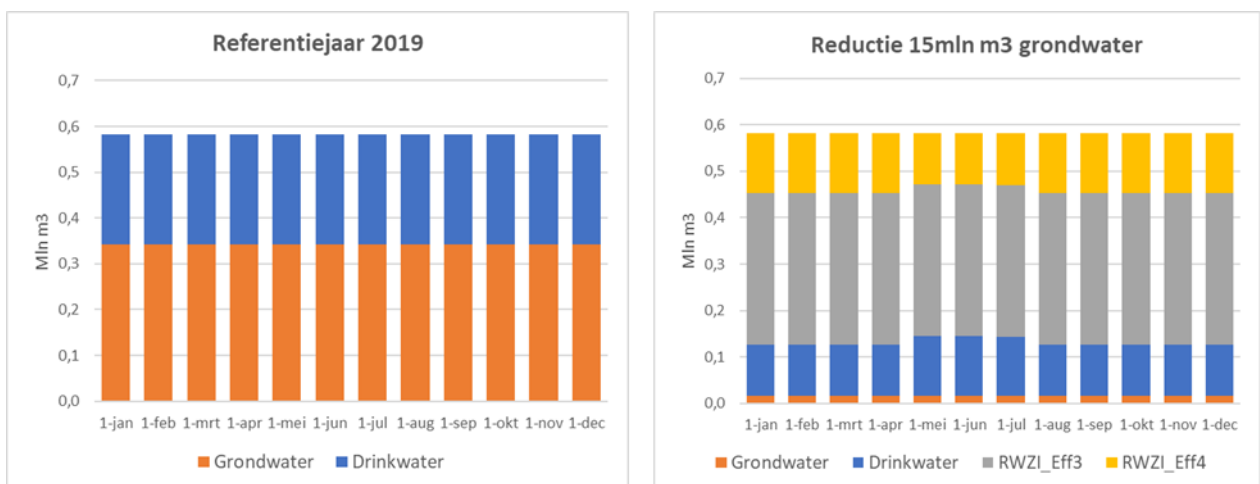
Watergebruiksprofielen

Afbeelding 4 vergelijkt het watergebruiksprofiel voor de landbouwgebieden van het referentiejaar 2019 met het watergebruiksprofiel van de door AquaVest gegenereerde systeemoplossing, waarbij effluent wordt ingezet ter vervanging van grondwater.



Afbeelding 4. Overzicht watergebruik landbouw in het referentiejaar 2019 (links) en bij inzet van effluent (rechts). 'Eff3' is effluent met kwaliteit equivalent aan grondwater

Afbeelding 5 vergelijkt het watergebruiksprofiel van de industrie van het referentiejaar 2019 met het watergebruiksprofiel van de door AquaVest gegenereerde systeemoplossing waarbij effluent wordt ingezet ter vervanging van grondwater en drinkwater.



Afbeelding 5. Overzicht watergebruik industrie in het referentiejaar 2019 (links) en bij inzet van effluent (rechts). 'Eff3' is effluent met kwaliteit equivalent aan grondwater. 'Eff4' is effluent met kwaliteit equivalent aan drinkwater

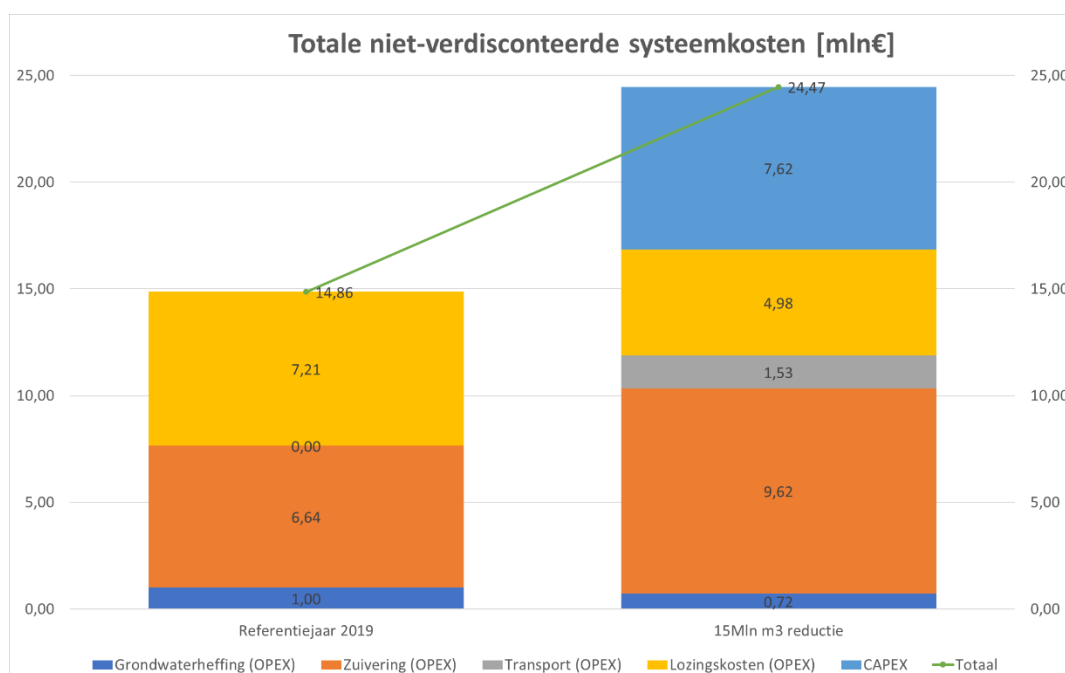
Belangrijkste observaties:

- Vergelijking van de afbeeldingen toont aan dat in de nieuwe situatie grote volumes grondwater en drinkwater worden bespaard door inzet van effluent in de landbouw- en industriegebieden.
- Evaluatie van de modeluitkomsten heeft aangetoond dat effluent niet wordt ingezet boven de 15 mln. m³ per jaar, omdat de financiële prikkel bij de huidige grondwaterheffing van € 0,019 per m³ daarvoor te laag is. Dit benadrukt de werking van AquaVest als techno-economisch optimalisatiealgoritme; het model zoekt de meest betaalbare oplossing en die bestaat bij de huidige grondwaterheffing dus nog deels uit het oppompen en inzetten van grondwater.

Jaarlijks terugkerende systeemkosten

De jaarlijkse terugkerende systeemkosten bestaan uit investeringskosten (CAPEX) en operationele kosten (OPEX). De operationele kosten bestaan uit de grondwaterheffing, de zuiveringskosten van het effluent, de kosten om het effluent te transporteren en de lozingsheffing indien het effluent van de zuiveringen op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Afbeelding 6 vergelijkt de totale jaarlijks terugkerende systeemkosten (CAPEX+OPEX) van het referentiejaar 2019 met de systeemoplossing waarbij effluent wordt ingezet (waarbij een beperking op de jaarlijkse grondwateronttrekking van 15mln m³ is opgelegd). De systeemkosten zijn gerapporteerd in niet-verdisconteerde getallen.



Afbeelding 6. Overzicht van de jaarlijks terugkerende systeemkosten (CAPEX + OPEX) van het referentiejaar 2019 versus de situatie waarbij er een beperking van 15mln m³ per jaar aan grondwateronttrekking is opgelegd

Belangrijkste observaties:

- Vergelijking van de systeemkosten toont aan dat de investeringskosten (CAPEX), de zuiveringskosten en de transportkosten toenemen bij inzet van effluent terwijl de grondwaterkosten en lozingskosten juist afnemen.
- De jaarlijks terugkerende systeemkosten zijn, bij de gehanteerde aannames, € 9,6mln per jaar hoger dan die van het referentiejaar 2019. Daarmee wordt 15mln m³ per jaar aan grondwater bespaard.
- De kosten van het effluent zouden, bij de gehanteerde aannames, circa € 0,64 per m³ zijn.

Inzichten en discussie

Door toepassing van AquaVest is inzicht verkregen in het vraagstuk hoe de meest betaalbare watersysteemoplossing eruit zou kunnen zien bij een beperking op het grondwatergebruik van 15 miljoen m³ per jaar. De benodigde investeringen in waterzuiveringstechnologie en pijpleidingen zijn

per RWZI uiteengezet. Uit de studie komt naar voren dat, bij de gehanteerde aannames, de kosten om effluent in te zetten ter vervanging van grondwater en drinkwater in de landbouw- en industriegebieden circa € 0,64 per m³ zijn. Bij een lagere beperking van de grondwateronttrekking gaat de prijs per m³ effluent omlaag. Zo heeft de studie uitgewezen dat bij een beperking van 5mln m³ per jaar de kosten van het effluent circa € 0,40 per m³ zijn. Deze kosten liggen hoger dan de huidige heffingskosten (€ 0,019 per m³) en opwerkingskosten (€0,10-0,20 per m³) van grondwater.

De prijs van het effluent kan waarschijnlijk worden verlaagd als wateropslag in het gebied onderdeel wordt van de systeemoplossing. Het aanvoeren en opslaan van effluent door het jaar heen verlaagt de benodigde capaciteit van de extra zuiveringsstappen en pijpleidingen en verlaagt daarmee de investeringskosten en de prijs per m³ van het effluent. Daarnaast wordt aangeraden om nader onderzoek te doen naar de benodigde zuiveringstechnologie om aan de kwaliteitseisen van de landbouw- en industriegebieden te voldoen. Dit kan resulteren in een lagere CAPEX en dus in een lagere prijs per m³ van het effluent.

De prijs per m³ effluent is de prijs die de landbouwbedrijven en industrie zouden betalen voor een hogere 'waterzekerheid'; de prijs voor een waterstroom die door het jaar heen vrijwel constant is in volume en kwaliteit.

Conclusie

Mocht er tijdens een droogteperiode een beperking op het grondwatergebruik worden opgelegd, dan kan inname van effluent een alternatieve bron van water zijn om productieverlies van landbouw- en industriegebieden te voorkomen. Hieraan hangt een prijs per m³ effluent die momenteel hoger is dan de grondwaterprijs. Hiertegenover staat een hogere 'waterzekerheid'; de beschikbaarheid van een waterstroom die door het jaar heen vrijwel constant is in volume en kwaliteit.

Referenties

1. <https://watervisie.com/watertransitie-begint-bij-inzicht-in-watersysteem/>
2. <https://www.brabant.nl/actueel/nieuws/water/2020/bedrijfsleven-en-overheid-samen-voor-duurzaam-watergebruik-in-tilburg>
3. <https://www.netherlandswaterpartnership.com/news/optimising-water-infrastructure-investments-artificial-intelligence>
4. Krajenbrink, H.J., Stofberg, S., Bartholomeus, R. (2021). *RWZI als waterfabriek voor een robuuste watervoorziening*. STOWA 2021-31. ISBN 978.90.5773.952.1, <https://www.stowa.nl/publicaties/rwzi-als-waterfabriek-voor-een-robuuste-watervoorziening>
5. EFGF (2019). *Waterfabriek: De nieuwe bron*. <https://www.efgf.nl/uploads/editor/Waterfabriek.pdf>, geraadpleegd 21 juni 2021.
6. www.aquavest.nl