

DRINKWATERSECTOR KAN ZIJN VOORDEEL DOEN MET KENNIS
UIT ENERGIEWERELD

Drukhandhaving en debietregeling bij infiltratie van water in de bodem

In de Nederlandse drinkwaterwereld is diepinfiltratie van water in het verleden uitgebreid onderzocht. Infiltratieputten voor drinkwater worden nu op een aantal plaatsen toegepast. Het infiltreren van water in de bodem is een techniek die momenteel veelvuldig wordt toegepast bij energieopslag in de bodem. Met de kennis over infiltratie die met deze projecten is opgebouwd, kan de drinkwaterwereld zijn voordeel doen.

Op basis van de ervaringen die in de laatste 15 jaar zijn opgedaan met energieopslag zijn in 2001 richtlijnen opgesteld voor het ontwerp van ondergrondse energieopslagssystemen. Een belangrijk onderdeel hiervan vormt het handhaven van de minimale druk in het leidingsysteem. Dit aspect is essentieel voor het langdurig goed functioneren van infiltratiebronnen. Daarnaast is het vanuit energietechnisch oogpunt bij energieopslag in de meeste gevallen wenselijk het debiet van de bronnen afhankelijk van de momentane energievraag te kunnen variëren. Om aan beide eisen te kunnen voldoen is in de loop der tijd een aantal verschillende concepten voor infiltratiesystemen bedacht.

Ontgassing en overdruk

Grondwater bevat van nature opgeloste gassen. Door de hoge druk in het opslagpakket blijven deze in oplossing. Wanneer het water opgepompt wordt, zal een drukverlaging optreden, waardoor het opgeloste gas vrij kan komen. Doordat de stijghoogte van het water in putten vrijwel altijd beneden maaiveld ligt, zal vanwege het statische hoogteverschil ten opzichte van het bovengrondse leidingsysteem zelfs een onderdruk in een deel van het systeem optreden. De gasbellen die gevormd worden bij het vrijkomen van de opgeloste gassen, kunnen cavitatie in het leidingsysteem veroorzaken. Worden deze gasbellen geïnfiltreerd in de put, dan kan het bronfilter verstopt raken, waardoor infiltreren bemoeilijkt of zelfs geheel onmogelijk wordt.

Door de gehalten van de verschillende

aanwezige gassen te bepalen kan een minimale overdruk berekend worden waarbij het gas in oplossing blijft. Ook tijdens stilstand moet het hele systeem boven deze minimale druk gehouden worden om ontgassing te voorkomen.

Drukhandhaving

De hydrostatische druk in het grondwater neemt toe met de diepte. Als water met een gasdruk van bijvoorbeeld twee bar (absoluut) moet worden geïnfiltreerd, dan dient dat op een diepte van meer dan tien meter beneden de stijghoogte te worden ingebracht. Wordt water middels een ruime injectieleiding (zonder weerstand) in de put geïnfiltreerd, dan zal de druk op het water in de injectieleiding één bar absoluut zijn ter hoogte van de vrije waterspiegel in de put en dalen tot onder atmosferisch daarboven (zie afbeelding 1). Naarmate de vrije waterspiegel

Ondergrondse waterberging

Bij ondergrondse waterberging wordt water in putten geïnfiltreerd. In tijden van neerslagoverschot infiltreert men water in diepere lagen. Dit water kan later in tijden van tekorten weer onttrokken worden. Als behoefte is aan zowel piekberging (kleine hoeveelheid maar grote debieten) als aan seizoens- en noodvoorraadberging (grote hoeveelheden met kleinere debieten) kan ondergrondse waterberging gecombineerd worden met de aanleg van bovengrondse waterberging. Zo kunnen de voordelen van beide oplossingen behouden blijven zonder de nadelen: de grote debieten oppervlakkig bergen en de grote hoeveelheden ondergronds.

dieper onder de putkop staat, zal de druk in de injectieleiding bij de putkop verder dalen.

Globaal gezien bestaan drie methoden om tegendruk op te bouwen, zodat deze onderdruk ten opzichte van de gasdruk wordt voorkomen: een injectieleiding die via wandwrijving weerstand opbouwt, een regelklep bij de putkop (alleen mogelijk bij lage gasdruk en hoge natuurlijke stijghoogte) en een regelklep onder aan een ruime (niet weerstandgevend) injectieleiding.

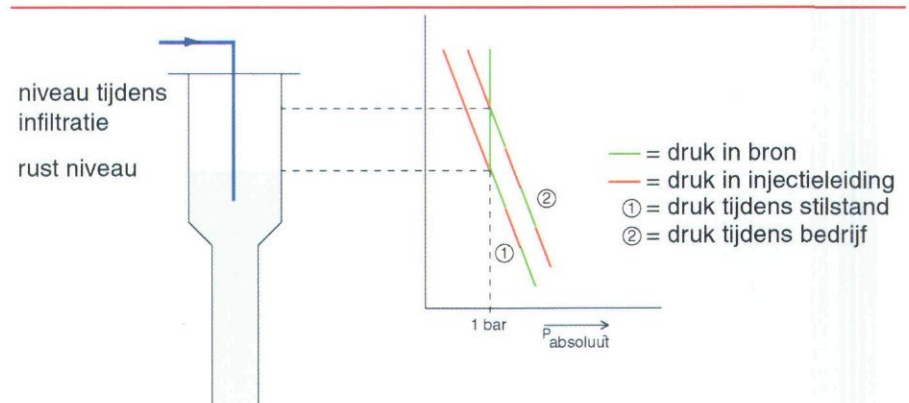
• injectieleiding

Het drukverloop in de bron en in de injectieleiding in rust is schematisch weergegeven in afbeelding 2, tezamen met de situatie waarbij via een injectieleiding met wrijvingsweerstand wordt geïnfiltreerd. Deze wordt vooral gebruikt bij diepinfiltratie.

• regelklep bij putkop

Dit principe komt sterk overeen met hetgeen in afbeelding 1 is weergegeven, met dit verschil dat bij de putkop nu een injectieklep is geplaatst. Dit kan alleen zonder gevaar voor ontgassing en belvorming als de

Afb. 1.



gasdruk laag is en de stijghoogte in de put tot dicht onder maaiveld reikt.

- regelklep onderaan injectieleiding

Het schematische drukverloop in de injectieleiding/klep/bron als functie van de diepte is weergegeven in afbeelding 3, voor de situatie van rust en injectie. Het grote verschil met de hierboven beschreven weerstandgevend injectieleiding is dat de drukopbouw nu op één plaats gebeurt en dat de drukken in rust en tijdens bedrijf boven de klep ongeveer gelijk zijn. Bij retourbemalingen wordt hiermee gewerkt.

De keuze voor één van de voornoemde principes voor drukhandhaving is onder andere afhankelijk van de volgende randvoorwaarden:

- variabel debiet of niet

Het aanbod van het te infiltreren debiet kan met de tijd variëren. Met een zelfregulende injectieklep is dit eenvoudiger dan met injectieleidingen. Een zelfregulende injectieklep behoudt onafhankelijk van het debiet de ingestelde voordruk. Injectieleidingen worden ontworpen om bij een vast debiet de druk te handhaven. Bij variëren van het debiet in een injectieleiding zal de drukval over de leiding kwadratisch toenemen met het debiet. Bij grote debietverschillen leidt dat tot zeer grote drukvariëaties in de leidingen. Om deze drukken op te bren-

gen zal het energieverbruik van de pompen sterk toenemen. Als oplossing kunnen meerdere injectieleidingen in een put geplaatst worden; afhankelijk van het debiet worden deze bij- of afgeschakeld. Op deze manier wordt een aantal debietstappen gecreëerd. Binnen deze vaste debietstappen is een beperkte variatie mogelijk.

- doel van de putten

Single- of dual-purpose: In dual-purpose putten moet voldoende ruimte aanwezig zijn voor het plaatsen van een pers- en een injectieleiding. Bij dual-purpose putten kan gekozen worden voor een klep die het mogelijk maakt om injectie- en persleiding te combineren.

- de stijghoogte van het grondwater

Bij extreem lage stijghoogtes bestaat bij toepassing van een bovengrondse klep kans op vorming van vacuüm achter de bovengrondse klep. Dit kan bij inschakelen van de betreffende bron voor heftige drukstoten in het systeem zorgen. Daarom verdient een ondergrondse klep in die gevallen de voorkeur. Bij plaatsen van een injectieklep op grote diepte kan bij hoge gasdrukken alsnog ontgassing ontstaan door het grote drukverschil over de injectieklep. In dat geval is op dit moment geen goede oplossing voorhanden. Een dergelijke combinatie van hoge gasgehalten en grote diepte van de stijghoogte onder maaiveld is in Nederland ech-

ter een zeldzaamheid.

- aantal infiltratieputten

Wanneer het systeem bestaat uit meerdere infiltratieputten, is het belangrijk de te infiltreren hoeveelheid water zo gelijkmatig mogelijk over de putten te verdelen. Het maximale infiltratiedebiet is vaak maatgevend bij het dimensioneren van de bron; wanneer dit maximale debiet overschreden wordt, bestaat kans op permanente schade aan de bronnen in de vorm van bodemsplijting of het openbarsten van de putten. Met name bij het toepassen van zelfregulende injectiekleppen kunnen debietverschillen tussen de putten gaan optreden. Dit soort kleppen vormt door het werkingsprincipe een variabele weerstand in het systeem: afhankelijk van het debiet wordt de weerstand kleiner of groter. Het verschil in leidingweerstand door de verschillende debieten wordt gecompenseerd door deze variabele weerstand. Uit veldmetingen blijkt dat met name bij deelbelastingen tot 75 procent van het maximale systemebiet - afhankelijk van de toegepaste injectieklep - de afwijkingen in debieten substantieel kunnen zijn.

Praktijkervaringen

Het aanbrengen van extra weerstand en het regelen van het debiet wordt al toegepast in energieopslagsystemen.

- een injectieleiding per bron

Dit is de meest eenvoudige oplossing voor drukhandhaving. De injectieleiding wordt ontworpen voor een vast debiet; variëren van het debiet is zoals eerder genoemd slechts in beperkte mate mogelijk. Bij een juist ontwerp is dit systeem goedkoop, bedrijfszeker en eenvoudig te regelen. De benodigde inbouwruimte in de bron is beperkt.

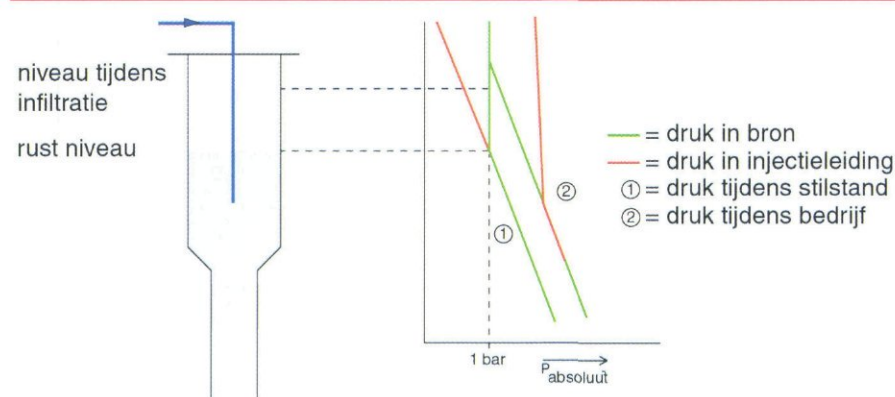
- meerdere injectieleidingen per bron

Wanneer een variabel debiet gewenst wordt omdat het aanbod aan te infiltreren water niet constant is, kan dit gerealiseerd worden met meerdere injectieleidingen per bron. Afhankelijk van het aanbod worden dan injectieleidingen bij- of afgeschakeld. Met een beperkt aantal leidingen kan dan een behoorlijk aantal stappen bereikt worden. De regeling van het systeem wordt gecompliceerder dan bij een enkele injectieleiding. Eventuele afwijkingen tussen vraag en daadwerkelijk geleverde debieten zijn in vrijwel alle gevallen acceptabel.

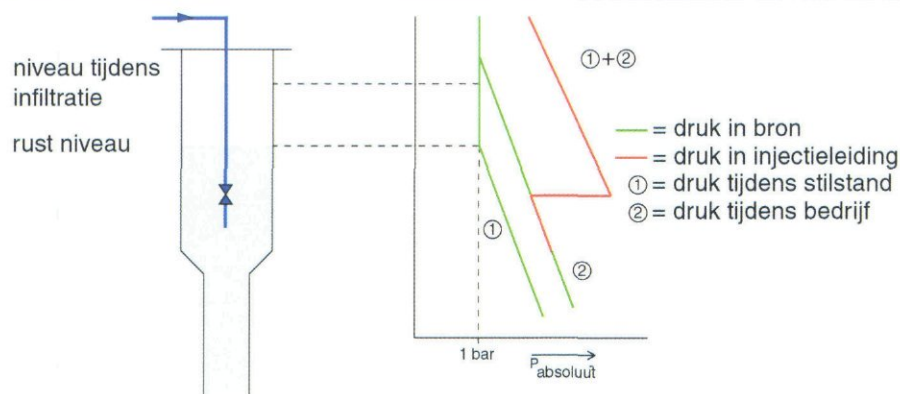
- bovengrondse regelende injectieklep

Bij relatief hoge stijghoogten en lage gasgehalten kan een zelfregulende injectieklep bovengronds toegepast worden. In principe treedt tussen injectieklep en water-niveau een onderdruk op waarin ontgassing plaats zou kunnen vinden. Wanneer de

Afb. 2.



Afb. 3.



stroomsnelheid hoog genoeg is, zal het gas echter geen tijd hebben om vrij te komen. Voordeel is dat alle regelende componenten bovengronds staan opgesteld en bij onderhoud eenvoudig te bereiken zijn. Nadeel is dat de debietverdeling over meerdere bronnen niet gegarandeerd kan worden; afhankelijk van de lokale bodemopbouw kan dit al dan niet een probleem zijn voor de bronnen.

- ondergrondse injectieklep

Voordeel van de ondergrondse opstelling van een zelfregelende klep is dat het systeem tot in de bron op overdruk gehouden wordt en er geen onderdruk optreedt boven de klep. Nadeel is dat de klep slecht bereikbaar is voor onderhoud en dat de pompkamer met name bij dual-purpose bronnen groter wordt om alle componenten in te kunnen bouwen. Nadeel kan ook zijn dat bij hoge gasgehalten mogelijk gasbellen in de klep ontstaan door de hoge drukval over de klep.

- gecombineerde pers- en injectieleiding

Een component die momenteel zijn intrede doet in de markt, is de injectieklep die in de persleiding ingebouwd wordt. Het voordeel van het handhaven van de systeemdruk tot in de bron wordt hierbij gecombineerd met een zeer kleine inbouwruimte, omdat geen separate injectieleiding meer geplaatst hoeft te worden. Overigens worden deze kleppen in Nederland nog maar weinig toegepast. Praktijkervaring is nodig voordat tot grootschalige toepassing kan worden overgegaan.

Conclusies

De keuze en het ontwerp van de methode van drukhandhaving is essentieel voor het langdurig goed functioneren van infiltratiebronnen. Er zijn diverse methoden voor drukhandhaving en debietregeling voorhanden die ieder hun eigen voor- en nadelen hebben. De keuze voor één van de verschillende methoden hangt af van de omstandigheden (diepte natuurlijke stijghoogte, te verwachten tegendruk aquifer) en van de randvoorwaarden die gesteld worden aan de infiltratie (variabel of vast debiet, één of meerdere infiltratieputten). De uitgebreide ervaring die binnen de energieopslag is opgedaan, kan nuttig zijn voor de drinkwaterwereld; zowel bij optimalisatie van bestaande winningen als bij het ontwikkelen en toepassen van nieuwe technieken, zoals ondergrondse waterberging (zie H₂O nr. 25 uit 1999, pag. 13: 'Aquifer Storage Recovery: aanzienlijke kostenbesparingen door beheer van ondergrondse (drink)watervoorraden' van J-W. Kooiman, R. Kloosterman en E. Castenmiller. 

**ing. R. Bretveld en
drs. A. Willemsen
(IF Technology)**