



Matthijs Bonte, KWR Watercycle Research Institute
 Pieter Stuyfzand, Vrije Universiteit Amsterdam
 Patrick van Beelen, RIVM
 Philip Visser, Arcadis / KWR Watercycle Research Institute

Onderzoek naar duurzame toepassing van warmte-koudeopslag

Warmte-koudeopslag (WKO) is een duurzame en rendabele manier om energie te besparen. De roep om versoepeling van de regelgeving voor open energiesystemen wordt hierdoor steeds groter. De Taskforce WKO heeft begin van dit jaar minister Cramer geadviseerd hoe de toepassing van warmte-koudeopslag te stimuleren valt. Bij bestaande gebruikers van grondwater, zoals drinkwaterbedrijven, roept uitbreiding van warmte-koudeopslag enige zorg op: veel vragen over de effecten van zulke systemen zijn immers nog niet goed beantwoord. KWR Watercycle Research Institute verricht samen met het RIVM, de Vrije Universiteit Amsterdam en Arcadis onderzoek naar de mogelijke impact van warmte-koudeopslag op grondwater en het huidige gebruik ervan.

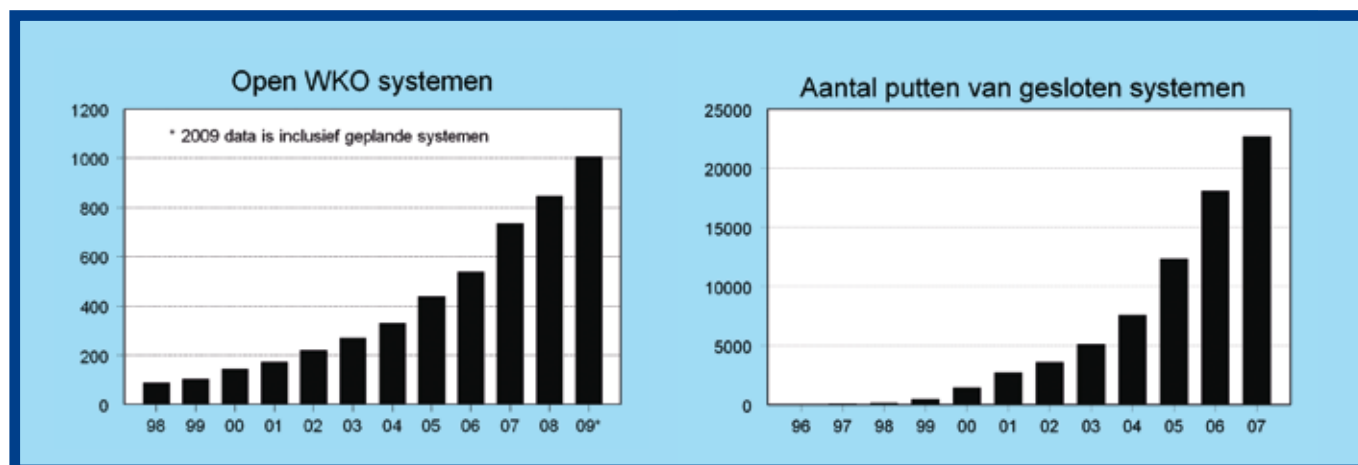
Het aantal WKO-systemen in Nederland groeit de laatste jaren sterk (zie afbeelding 1). De installaties verbruiken minder primaire energie dan traditionele gasgestookte cv-ketels of koelmachines, en leveren zo een bijdrage aan de emissiereductie van broeikasgassen. De overheid stimuleert deze duurzame energievorm daarom volop. Hiervan getuigt het recent verschenen advies van de Taskforce WKO 'Groen licht voor bodemenergie'. Zoals de titel al doet vermoeden

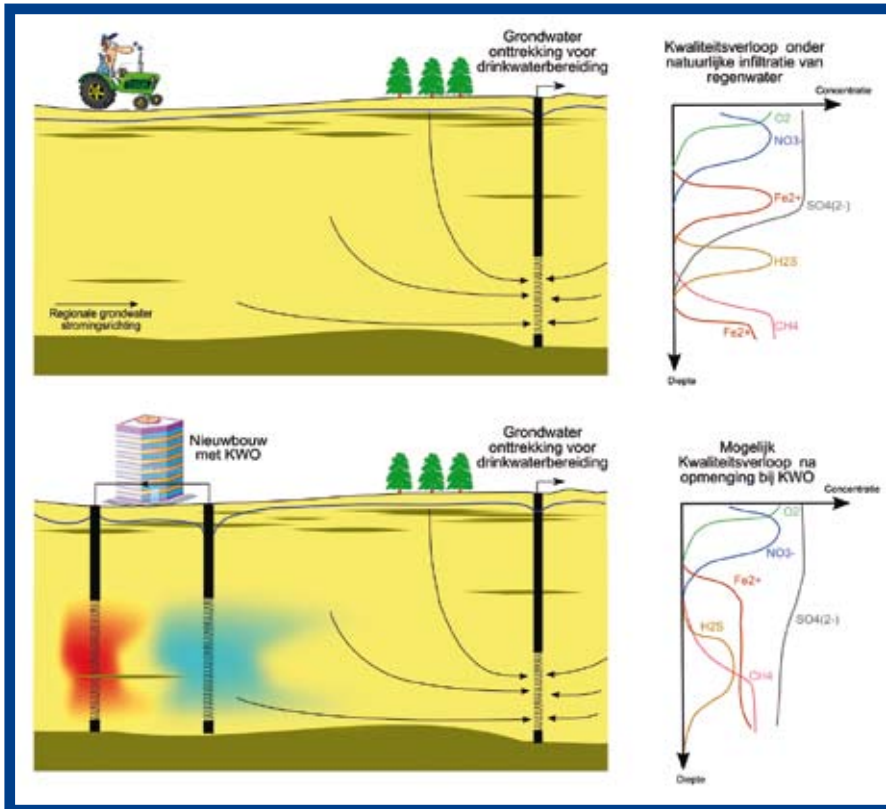
voorziet de Taskforce WKO een grote toekomst voor bodemenergie in Nederland.

Hoewel de Taskforce aanbeveelt de procedures bij aanleg van een warmte-koudeopslagsysteem te versimpelen, wordt erkend dat nog onvoldoende bekend is over de langetermijneffecten van grootschalige energieopslag op het bodemecosysteem. Tegen deze achtergrond begon KWR, samen met het RIVM, de Vrije Universiteit Amsterdam en Arcadis, in januari 2009 met

een vierjarig onderzoek naar de effecten van open WKO-systemen op de ondergrond. Dit artikel geeft een overzicht van de voornaamste onderzoeksvragen rond open WKO-systemen, hoe het onderzoek op deze vragen ingaat en wat initiatiefnemers of overheden nu al kunnen doen om mogelijke risico's te minimaliseren. Het overzicht is grotendeels gebaseerd op bestaande kennis en schetst de contouren voor het onderzoek dat loopt binnen KWR. Voor lokale vergunningverlenende instanties biedt dit overzicht

Afb. 1: Ontwikkeling van open WKO-systemen (links) en gesloten WKO-bronnen (rechts) in Nederland. Data komen respectievelijk provincies en CBS¹⁾. Bij open systemen wordt grondwater actief rondgepompt om warmte en koude in de bodem op te slaan. Bij gesloten systemen, ook wel bodemwarmtewisselaars genoemd, gebeurt dat door een vloeistof in gesloten buizen door de grond te leiden.





Afb. 2: Schematische weergave van het verticale waterkwaliteitsprofiel in een freatisch watervoerend pakket in de situatie met en zonder WKO.

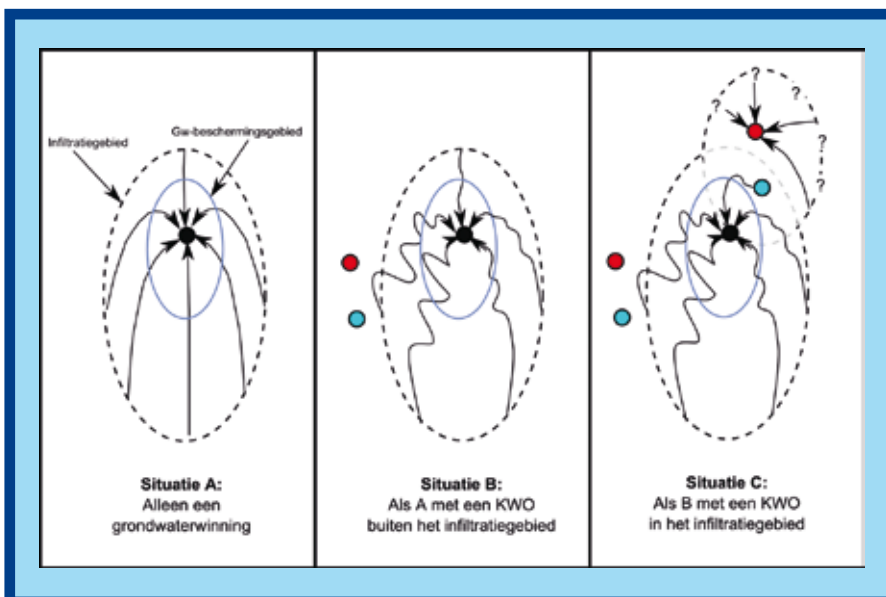
handvatten om de specifieke risico's van WKO nabij drinkwaterwinningen in beeld te brengen.

Invloed op grondwaterkwaliteit

De bodem en ondergrond zijn samen te beschouwen als een groot filter voor drinkwater. Deze chemische en microbiologische zuivering is mede afhankelijk van de lokale microflora en daarom kwetsbaar voor vervuiling en verstoringen²⁾. Vervuild of aangereikt grondwater kan negatieve effecten hebben op aquatische en terrestrische ecosystemen en een risico vormen voor de drinkwaterwinning.

Een ander punt van zorg is het mengen van verschillende waterkwaliteiten. In een open WKO-installatie wordt water over een dieptetraject van tientallen meters rondgepompt. Dat kan betekenen dat we nitraat- en/of sulfaathoudend water terugbrengen in de lagen die tot dusver nooit met zulk water te maken hebben gehad (zie afbeelding 2). Hierdoor kunnen bepaalde verontreinigingen of water met anderszins verhoogde concentraties uit ondiepe bodemlagen kunstmatig op grotere diepte verspreid worden. Daarnaast kan het mengen van oxisch en anoxisch grondwater leiden tot allerlei ongewenste chemische en microbiologische

Afb. 3: Schematische weergave van de effecten van een open WKO-systeem op het stroombanenpatroon en intrekgebied van een grondwaterwinning.



gische processen waarbij verzuring optreedt en giftige metalen vrijkomen⁴⁾. Omdat menging van ijzerhoudend grondwater met zuurstofhoudend grondwater kan leiden tot verstopte WKO-putten, wat veel onderhoud noodzakelijk maakt, is enige zelfregulering hierbij wel te verwachten. Ook in situaties waar systemen worden aangelegd bij een overgang van zoet naar zout grondwater of waar (chemische) grondwaterverontreiniging aanwezig zijn is het (op)mengen een punt van aandacht.

Invloed op infiltratiegebieden van bestaande winningen

De plaatsing van een open WKO-systeem verandert het grondwaterstromingspatroon, wat een ongewenst effect kan hebben op een nabij gelegen grondwaterwinning. De omvang van grondwaterbeschermingsgebieden is gebaseerd op verblijftijden voor een gemiddelde situatie. Deze situatie verandert niet met een open WKO-systeem in de buurt: over een heel jaar genomen verandert hydrologisch gezien niets, want er wordt net zo veel water onttrokken als geïnfiltrerd. Maar het is onjuist om te stellen dat WKO geen effect heeft op het onttrokken grondwater.

Afbeelding 3 geeft een conceptuele schets van de processen die kunnen optreden. In situatie A is een grondwaterwinning weergegeven met het bijbehorende intrekgebied (gebied waarbinnen al het infiltrerende water uiteindelijk in de winning terechtkomt) en het grondwaterbeschermingsgebied. De pijlen geven de stroombanen weer vanaf het punt waar neerslag infiltreert totdat het wordt opgepompt in de winning.

In situatie B wordt een open WKO-systeem buiten het intrekgebied geplaatst. Dit beïnvloedt de gemiddelde ligging van het intrekgebied niet, maar wel de stroombanen naar de winning toe. In situatie C is er nog een open WKO-systeem gebouwd dat gedeeltelijk in het intrekgebied staat. Dit beïnvloedt wel de ligging van het intrekgebied, omdat grondwater van buiten het intrekgebied door de WKO-putten wordt geïntroduceerd in het intrekgebied. Beide situaties kunnen een effect op de ruwwaterkwaliteit hebben van de grondwaterwinning. De grootte van deze effecten is onvoldoende bekend. Dit vraagt om nader onderzoek en meeweging in de vergunningverlening van WKO-systemen.

Thermische verontreiniging

Wanneer een WKO-systeem daadwerkelijk een gesloten energiebalans heeft, worden gelijke hoeveelheden warmte en koude in de bodem opgeslagen. In deze situatie kan met redelijke zekerheid worden aangenomen dat op grotere afstand van een (open of gesloten) WKO-systeem de koude en warmte die niet door het systeem worden teruggewonnen elkaar zullen uitdoven: netto treedt dan geen beïnvloeding van het grondwater op. Onderzoek aan open systemen heeft echter aangetoond dat een echte gesloten energiebalans vrijwel nooit wordt gerealiseerd⁵⁾. Meestal wordt dus warmte of koude

in de ondergrond geloosd, ook wanneer een gesloten energiebalans in de vergunningvoorschriften voor open WKO-systemen is opgenomen. Voor gesloten systemen zal de situatie zeker niet beter zijn: hiervoor gelden helemaal geen vergunningsvoorwaarden. Enige mate van 'zelfregulering' is hierbij wel te verwachten: bij een te grote onbalans zal het rendement van het systeem teruglopen⁶⁾. Het effect van een WKO-systeem dat structureel warmte of koude loost in de omgeving van een grondwaterwinning, is maar beperkt onderzocht. Complicerende factor hierbij is dat verstedelijking of andere veranderingen aan maaiveld zelf al een opwarmend effect kan hebben op de ondergrond⁷⁾.

Onderzoeksprogramma

Doel van het onderzoek is om de effecten van bodemenergie op de kwaliteit van grondwater en het bodemecosysteem te kwantificeren. Meer concreet streven we naar:

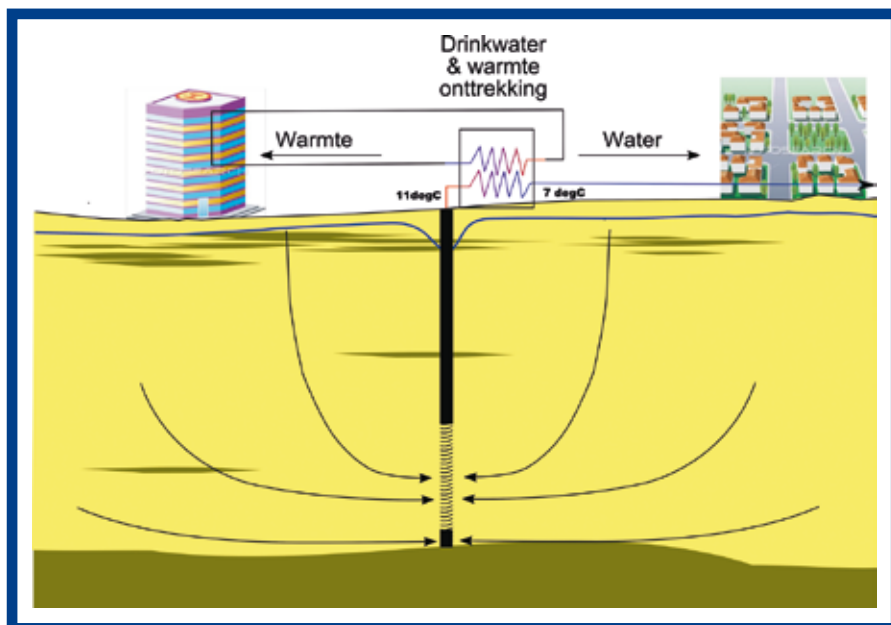
- inzicht in de directe kwaliteit- en temperatuurveranderingen van grondwater in en nabij WKO-systemen;
- kennis van de effecten op lange termijn van WKO-systemen, qua hydrologie, hydrogeochemie en temperatuur op het milieu en op naburige gebruikers van de ondergrond zoals waterleidingbedrijven; en
- de ontwikkeling van methoden om in WKO-systemen verplaatsing van de infiltratie te monitoren en te compenseren.

Het onderzoek omvat veldmetingen aan WKO-systemen, waarbij frequent thermisch, chemisch en microbiologisch wordt gemeten en uitwerking van de data met geohydrologische en geochemische modellen om de meetdata te verklaren. Modellen kunnen ook worden ingezet om de effecten op te schalen naar een grotere intensiteit aan WKO-systemen of te extrapoleren in de tijd. De vraagstelling van dit onderzoek sluit ook goed aan bij de kennislacunes die zijn geïdentificeerd door de Taskforce WKO. De resultaten zullen wellicht goed bruikbaar zijn in toekomstige beleidsvorming rond de vergunningverlening van warmte-koudeopslag.

Risicobeheersing

Het voorgaande maakt duidelijk dat de plaatsing van WKO-systemen risico's met zich mee kan brengen waarvan de grootte nog niet precies in beeld is. Ondanks deze risico's is een goed beheerde WKO-installatie een kosteneffectieve manier om de uitstoot van kooldioxide in de bebouwde omgeving te reduceren. Het is daarom gewenst te weten hoe men de risico's van WKO kan beheersen of minimaliseren.

Wat het eerste in gedachte komt is monitoring. Enkele recent geplaatste WKO-systemen nabij bestaande drinkwaterwinningen zijn vergund onder voorwaarde dat de effecten op grondwaterkwaliteit worden gemonitord. Monitoring is een goede manier om effecten in beeld te brengen, mits bekend waarop je precies moet monitoren. Een recent artikel in dit tijdschrift laat zien dat dit nog wel eens



Afb. 4: Het 'oogsten' van water en energie.

lastig kan zijn⁸⁾. Essentieel onderdeel van monitoring als risicobeheersing is een terugvalscenario met een overzicht van acties ingeval een signaleringswaarde wordt overschreden.

Een andere manier om risico's te beheersen is door met ruimtelijk beleid duidelijke keuzes te maken voor gebieden waar WKO is toegestaan (en andere functies dus volgend zijn) en waar andere gebruiksfuncties voor grondwater of ondergrond belangrijker zijn. Dit vereist een regionale ruimtelijke afweging waarbij belangen vanuit verschillende sectoren worden gewogen. Door in gebieden waar geen conflicterende belangen in de ondergrond aanwezig zijn, WKO-installaties te clusteren mogelijk met een hoger temperatuurbereik, kan een veel hoger rendement behaald worden. Mogelijk kan hiermee het voor WKO uitgesloten gebied (deels) worden voorzien. WKO zal dan als professioneel beheerde nutsvoorziening moeten worden ingezet.

Een laatste mogelijkheid is om warmte en koude winning uit grondwater ook direct te gebruiken bij de drinkwaterwinning (zie afbeelding 4). Praktijkonderzoek laat zien dat de temperatuursprong tussen een koude en warme bron in de regel slechts vier graden bedraagt⁵⁾. Als grondwater wordt onttrokken in een gebied waar een warmtevraag in de omgeving aanwezig is, kan het grondwater middels een warmtepomp worden afgekoeld met vier graden. In veel gevallen zal het onttrokken grondwater in het leidingnet weer opwarmen, doordat de leiding en het water de temperatuur van de ondergrond overnemen. De watercyclus zelf wordt dan als warmteleverancier gebruikt.

LITERATUUR

- 1) CBS (2009). Duurzame energie in Nederland.
- 2) Van Beelen P. en P. Doelman (1997). Significance and application of microbial toxicity tests in assessing ecotoxicological risks of contaminants in soil and sediment. *Chemosphere* 34, pag. 455-499.
- 3) Briellmann H. *et al.* (2009). Effects of thermal energy discharge on shallow groundwater ecosystems. *Fems Microbiology Ecology* 3, pag. 273-286.

- 4) Van Beelen P. (2007). Ecologische risicobeoordeling van grondwater. RIVM.
- 5) IF Technology (2007). Koude/warmteopslag in de praktijk.
- 6) Vermaas D. en L. Van Wee (2009). Warmte-koudeopslag in de bodem kan efficiënter. *H₂O* nr. 18, pag. 12.
- 7) Taniguchi M. en T. Uemura (2005). Effects of urbanization and groundwater flow on the subsurface temperature in Osaka, Japan. *Physics of The Earth and Planetary Interiors* 4, pag. 305-313.
- 8) Oostrum N. *et al.* (2009). Provincie Flevoland soepeler met aanvraag voor warmte-koudeopslag. *H₂O* nr. 18, pag. 13-15.