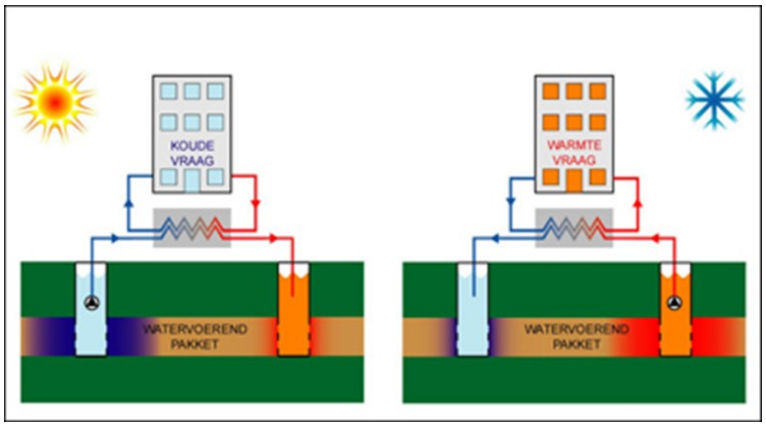
FACTSHEET WARMTE KOUDE OPSLAG

OMSCHRIJVING ACTIVITEIT

Bij Warmte Koude Opslag (WKO) wordt warmte en koude opgeslagen en onttrokken aan de ondergrond. Open WKO systemen pompen grondwater heen en weer en gesloten systemen wisselen warmte uit met behulp van ondergrondse lussen. Gesloten systemen worden meestal horizontaal in de bodem aangelegd. Door de bodemlussen stroomt dan water of koelvloeistoffen. Zowel bij open als bij gesloten systemen wordt er in de winter warmte onttrokken en in de zomer via de omgekeerde route koude onttrokken aan de ondergrond.



Figuur 1: principe van een WKO systeem

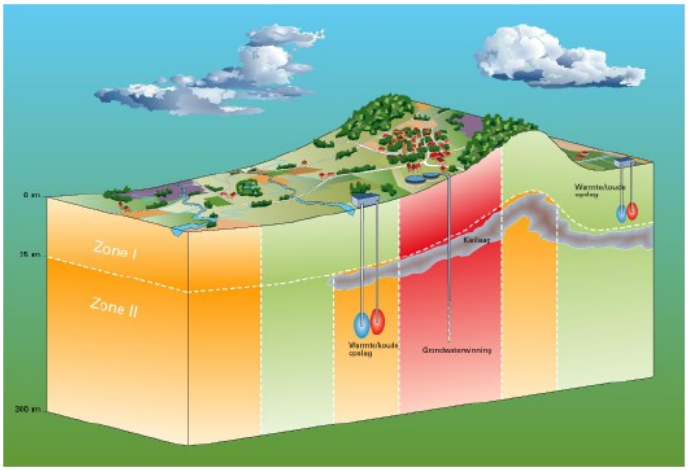
Het aanleggen van WKO systemen kan een flinke energie- en geldbesparing leveren en wordt gestimuleerd door de overheid. Vanuit Europa bestaat de doelstelling (via de Energy Performance of Buildings Directive) in 2020 in nieuwe gebouwen nauwelijks nog energie nodig te hebben. De taskforce Warmte-koude opslag was gericht op het stimuleren van deze systemen, zoals vastgelegd in de rapportage ‘groen licht voor bodemenergie’. Er zijn veel vergunde open WKO-systemen in Nederland (zie figuur 2). Het aantal gesloten systemen is nog groter maar nog onbekend omdat er tot voor kort geen meldingsplicht van de bouw van deze systemen was.

De koelvloeistoffen in gesloten systemen bevatten hoofdcomponenten zoals propyleenglycol, ethyleenglycol, betaine, kaliumcarbonaat of andere zouten. Daarnaast zijn er nog toevoegingen zoals corrosieremmers, surfactanten, oplosmiddelen en geur- en kleurstoffen (1, 2). Door het grote aantal gesloten bodemenergiesystemen zal lekkage van koelvloeistoffen met enige regelmaat optreden (3) en daarbij kunnen juist de kleine toevoegingen de grootste risico’s geven. Methylbenzotriazool bijvoorbeeld is een kleine toevoeging met een groot potentieel milieueffect doordat het giftig is en persistent (1, 2),
‘Meer Met Bodemenergie’ is een Nederlands kennisplatform voor onderzoek naar bodemenergie, waarin meerdere partijen samenwerken en ook een onderzoeksprogramma aan gekoppeld was. WKO-systemen hebben over het algemeen slechts een bescheiden invloed op de temperatuur van het grondwater terwijl er wel grote hoeveelheden grondwater heen en weer verplaatst worden. De effecten van het vermengen van het grondwater zijn daarom vaak groter dan de directe temperatuur effecten (4). Met name wanneer er onopgeloste vloeibare verontreinigingen in de ondergrond aanwezig zijn kan een open WKO-systeem de verontreiniging verspreiden (5). De TCB heeft in 2009 een duurzaamheidsafweging voor WKO gemaakt, waarin de TCB tot de conclusie komt dat ‘koude’ een belangrijke waarde van het grondwater is die behouden zou moeten blijven (6). Om die reden werd geadviseerd om adequaat te sturen de temperatuur- en energiebalans van WKO en een maximale temperatuur van het retourwater van 25 °C. De TCB gaf aan ook dat gebruik van de bodem, zoals bij WKO, goed zou moet renderen en vond de opbrengst van gesloten WKO systemen gering in verhouding tot de kans op lekkages en het doorboren van kleilagen en het onduidelijk herstel naar het uitgebruikname. Mede op basis van deze adviezen is de AMvB Bodemenergie opgesteld

(officieel Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen) die 1 juli 2013 in werking is getreden (7). Hoofddoel hiervan is het stimuleren én reguleren van bodemenergie. De AMvB past de regels voor open systemen aan en introduceert regels voor gesloten systemen. Het is de bedoeling dat de temperatuur in de ondergrond daarbij niet hoger wordt dan 25 °C voor open systemen en dat er in de loop der jaren geen warmte-overschot in de ondergrond ontstaat. Voor gesloten systemen mag de temperatuur in de koelvloeistof ten hoogste 30 °C bedragen. Gesloten systemen moeten nu ook gemeld worden en er worden maatregelen voorgeschreven om lekkage te beperken. Na beëindiging van het gebruik worden de ondergrondse buizen ontdaan van eventuele koelvloeistoffen en wordt het systeem opgevuld zodat de werking van de oorspronkelijke water scheiden lagen wordt hersteld.

Figuur 2: Vergunde open WKO systemen in 2010. Bron Land+Water 11, november 2011

Vanuit hun rol als grondwaterbeheerder hebben de provincies de afgelopen 10 jaar beleid gemaakt voor WKO systemen. In de provincie Noord-Brabant is voor een WKO met een onttrekking groter dan 10 m3/uur of een diepte groter dan 30 meter een watervergunning noodzakelijk, en bovendien is WKO niet toegestaan in grondwater-beschermingsgebieden en op een grotere diepte dan 80 meter.



Figuur 2: het 3D-zone model van de provincie Drenthe, met onderscheid tussen verbodsgebieden, restrictiegebieden en vrije zones

Ook in de provincie Drenthe wordt een dieptebegrenzing gehanteerd, voor grotere WKO's op meer dan 25 meter diepte zijn gebieden aangewezen waar WKO niet is toegestaan (verbodsgebieden), waar het onder voorwaarden is toegestaan met een vergunning en waar WKO vrij kan worden toegepast.

De verbodsgebieden komen grotendeels overeen met waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden waarin geen diepe boringen mogen worden verricht. Bij de begrenzing van deze gebieden is rekening gehouden met andere gebruiksvormen van de ondergrond en het beheer van de voorraad zoet grondwater (zie latere paragrafen). De provincie Drenthe liep met de uitwerking van dergelijk beleid voorop (8). In de uitwerking van de AMvB wordt dit het stoplichtenmodel genoemd, al worden vraagtekens gesteld bij een strikte gebiedsindeling zoals Drenthe die hanteert (7).

EIGENSCHAPPEN: RUIMTELIJKE EN TEMPORELE IMPACT

Open WKO systemen bevinden zich meestal op enkele tientallen tot honderd meter diepte. Horizontaal gaat het veelal niet verder dan het perceel waarop de installatie staat. Bij grote gebouwencomplexen gaat het dan bijvoorbeeld om maximaal 1 km2.
Gesloten WKO systemen kunnen verticaal tot tientallen meters diep gaan of juist ondiep en horizontaal een groot oppervlak beslaan. Het precieze aantal gesloten systemen is onbekend omdat ze tot in werking treden van de AMvB niet meldplichtig waren. In 2007 werd het aantal al op meer dan 20.000 geschat (9).
WKO-systemen worden voor minimaal enkele tientallen jaren aangelegd. Afhankelijk van het formaat en de temperatuur van de grondwaterbel kan het jaren duren alvorens de temperatuur in de ondergrond weer normaal is (10). Herstel van mogelijke chemische en biologische effecten kan veel meer tijd kosten, bijvoorbeeld na lekkage uit een gesloten systeem. De ondergrondse buizen, filters en omstortingen zullen niet worden verwijderd en voor altijd in de ondergrond aanwezig blijven. Omdat gesloten systemen niet vergunningsplichtig waren is vaak onduidelijk waar ze precies in de bodem zijn ingebracht, waardoor de kans op lekkage na bouw- en sloopactiviteiten aanzienlijk is.

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km2)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

De open WKO systemen in Nederland zijn vergunningsplichtig en kunnen daarom in kaart gebracht worden. Deze systemen staan met name in stedelijke gebieden overal in Nederland.

ECOSYSTEEMDIENSTEN DIE GEBRUIKT WORDEN

De open WKO-systemen maken gebruik van drie ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

1. Beschikbaarheid water
2. Energie opslag
5. Bergingscapaciteit
7. Temperatuursregulatie

De gesloten WKO-systemen hebben in principe geen grondwater nodig maken slechts gebruik van de ruimte in de ondergrond (EDS 5) en de temperatuurregulatie die optreedt bij stromen door het buissysteem in de ondergrond (ESD 7). Het energierendement ontstaat doordat er minder energie hoeft te worden opgewekt door bijvoorbeeld

verbranding van fossiele brandstoffen. Bij een open systeem wordt van de zelfde ESD's gebruik gemaakt, maar is sprake van grondwater dat wordt gecirculeerd.

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

WKO		
ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	-
2 - Energie	J	+/-
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	N	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	J	-
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	J	-
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	N	o
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	o
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	o

EISEN VAN DE ACTIVITEIT AAN KWALITEIT EN KWANTITEIT VAN DE FYSIEKE OMGEVING

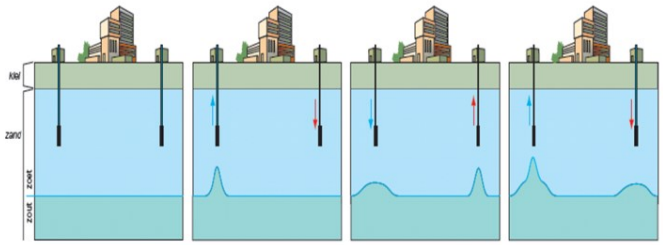
Open WKO-systeem systmen hebben een grondwaterpakket nodig met voldoende grof zand of grind om een goede doorstroming van het grondwater te garanderen. De kwaliteit van het grondwater is veel minder van belang dan de kwantiteit. Verstopping in het putfilter kan optreden wanneer er bacteriegroei of ijzer neerslag ontstaat door biologische grondwatersanering of door het mengen van water uit verschillende redoxzones in de ondergrond. Onderkennen van eventuele redoxgradiënten van oxisch naar anoxisch zijn dus van belang bij het ontwerp.
WKO-systemen functioneren beter wanneer het gebouw en de installatie vanaf het begin op elkaar zijn afgesteld. De systemen hebben over het algemeen niet meer ruimte nodig dan het gebouw waaronder zij geplaatst zijn. De ruimte wordt in de diepte gezocht en niet onder de grond van de naastgelegen panden. Een nabijgelegen drinkwaterwinning of bouwput kan het functioneren van WKO-systemen negatief beïnvloeden omdat dan de opgeslagen warmte of koude afgevoerd kan worden door grondwaterstroming in de richting van de winning of bouwput. WKO-systemen kunnen elkaar negatief of positief beïnvloeden afhankelijk van de plaatsing en het formaat van de ondergrondse installaties.

IMPACT VAN DE ACTIVITEIT OP ECOSYSTEEMDIENSTEN VAN ONDERGROND EN GRONDWATER; POSITIEF EN NEGATIEF

WKO-systemen hebben een negatieve invloed op de volgende ecosysteemdiensten:

1. Beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit
2. Energie
3. Reinigend vermogen van de ondergrond
5. Bergingscapaciteit
7. Temperatuurregulatie

Ad 1. WKO installaties kunnen een negatieve invloed hebben op de beschikbaarheid van water van goede kwaliteit. Bij open systemen wordt immers water uit het gebouw tijdelijk opgeslagen en later weer onttrokken. Dit leidt tot menging van diverse typen water en een versnelde doorstroming (11). Ook is bekend dat onder de onttrekkingsputten zout water opgetrokken kan worden (upconing) wat netto tot een kwaliteitsverslechtering kan leiden (Figuur 3). Open WKO-installaties kunnen lokale verontreinigingen over een groot gebied verspreiden wanneer de installaties zo dicht bij elkaar staan dat ze de verontreinigingen aan elkaar kunnen doorgeven (5).
Corrosieremmers uit de koelvloeistof van gesloten WKO-installaties kunnen het grondwater voor tientallen jaren verontreinigen en zijn niet noodzakelijk voor het functioneren van een WKO-installatie.



Figuur 3: Mogelijke upconing van brak en zout water onder WKO installaties

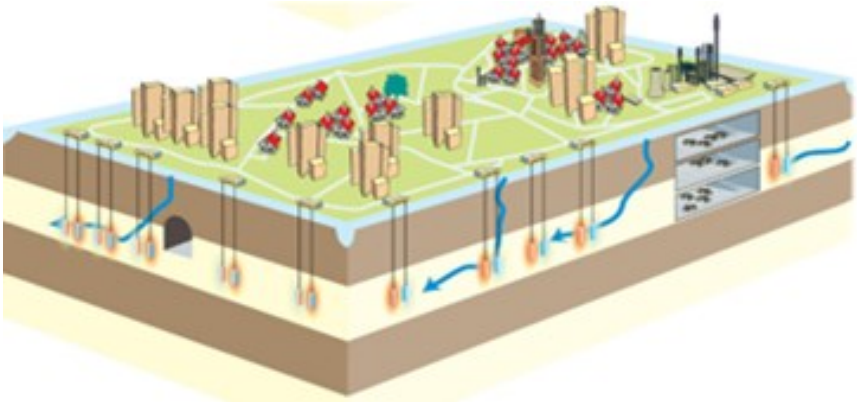
Misschien wel de grootste kans op een negatief effect op de beschikbaarheid van de voorraad grondwater van goede kwaliteit is het doorboren kleilagen. Met name omdat bij de aanleg vaak gebruik wordt gemaakt van goedkope en snelle spoelboringen. The AMvB schrijft voor dat er rekening met het doorboren van afsluitende lagen gehouden moet worden. Meestal wordt er klei aangebracht om de integriteit van de afsluitende laag te herstellen. De vergunningverlener (provincie of gemeente) kan het doorboren van afsluitende lagen in bepaalde situaties verbieden. Het lekken van afsluitende lagen heeft zowel effect op versneld uitspoelen van stedelijke en industriële bronnen naar de diepte als op de werking van afsluitende lagen die effecten van grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen bij winningen verminderen.

Ad 2. Energie.

Verschillende WKO-systemen kunnen elkaar hinderen wanneer deze verkeerd geplaatst zijn.

Ad 3. Als er lekkage optreedt bij een gesloten systeem dan kan het reinigend vermogen van ondergrond worden verminderd. Doordat WKO's verontreinigingen verplaatsen, mengen en verdunnen zou de afbraak van verontreinigingen gestimuleerd kunnen worden. Onder gecontroleerde omstandigheden kunnen open WKO-installaties mogelijk een positieve bijdrage leveren aan grondwatersanering.

Ad 5. WKO systemen nemen een deel van de ondergrondse ruimte in beslag die niet door andere vormen van gebruik meer kan worden benut. Op die manier gebruiken ze bergingscapaciteit op. Vooral bij WKO systemen, en vooral bij de grote aantallen gesloten systemen leidt dit tot een afname van de mogelijkheden van andersoortig gebruik en "drukte in de ondergrond" (Figuur 4).



Figuur 4: Drukte in de ondergrond: benutting van de ondergrond in stedelijke gebieden

Ad 7. Tenslotte hebben WKO systemen een nadelig effect op de temperatuurregulerende capaciteit van de ondergrond. De TCB noemde 'Koude' al één van de belangrijkste karakteristieke eigenschappen van de ondergrond. In de AMvB is daarom een grens van 25 graden opgenomen.

AFWEGINGEN TEN OPZICHTE VAN ANDERE ACTIVITEITEN DIE GRONDWATER EN DE ONDERGROND BENUTTEN

Een bekende afweging is die tussen WKO en drinkwatervoorziening. Niet voor niets reguleert de provincie Drenthe WKO in waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden via verbodszones (8) en weert de provincie Noord-Brabant WKO systemen in de voor de drinkwaterwinning belangrijke diepe pakketten. Gesloten systemen herbergen het gevaar van lekkages op de pompdiepten van de grondwaterwinningen, en open WKO systemen mengen water op dezelfde diepte als drinkwateronttrekkingen. Het RIVM adviseert een afstand van meer dan 400 m tussen WKO-systemen en een drinkwaterwinning (12). Vooral de grote dichtheid van WKO installaties in stedelijke gebieden maakt dat winning van water en WKO's niet eenvoudig samen gaan als ze op dezelfde diepte actief zijn. Daarnaast is er relatief weinig controle op de wijze waarop boringen voor WKO worden verricht, waardoor het risico op kortsluiting tussen watervoerende pakketten ontstaat. Dergelijke kortsluiting heeft ook effecten op andere functies van grondwater, waardoor de provincie Drenthe ervoor kiest om ook een afweging te maken voor WKO in de omgeving van kwetsbare beeksystemen zoals de Drentse Aa, in intrekgebieden van waterwinningen en in Vogel/Habitatrichtlijn gebieden/ Natuurbeschermingswet gebieden (8).

Het toepassen van WKO, met de risico's bij het doorboren van kleilagen en het mengen van water gaan niet samen met het aanwijzen van gebieden als strategische watervoorraad. De beperking van WKO tot 80 m diepte zoals de provincie Noord-Brabant die hanteert past bij deze constatering. De grondwatervoorraden benden die diepte hebben tenslotte water dat meer dan 1000 jaar geleden is geïnfiltreerd en dat wordt niet snel aangevuld met gelijke kwaliteit water.

Toepassen van WKO interfereert soms ook met andere opslagsystemen in de ondergrond, zoals de opslag van regenwater, het injecteren van brijn bij het maken van gietwater voor kassen en de infiltratie van water voor drink-wateronttrekking. In gevallen waar beide activiteiten in hetzelfde gebied en dieptetraject worden gepland is een afweging noodzakelijk. Een combinatie met een in-situ sanering kan daarbij onder gecontroleerde omstandigheden soms wel tot positieve gevolgen leiden (5).

Tabel 4 Restrictieklassen voor zone I en II WKO-systemen

Zone I 0-25 meter	Zone II 25-300 meter	Gebied / aanduiding
Verbodsgebied	Verbodsgebied	Waterwingebied
Verbodsgebied	Verbodsgebied	Grondwaterbeschermingsgebied
Restrictiegebied	Verbodsgebied	Grens verbodszone diepe boringen
Vrij gebied	Restrictiegebied	Intrekgebieden waterwinningen
Restrictiegebied	Restrictiegebied	Habitat/vogelrichtlijngebied
Restrictiegebied	Restrictiegebied	Natuurbeschermingswet gebied
Restrictiegebied	Restrictiegebied	Archeologische monumentenkaart
Vrij gebied	Vrij gebied	Alle overige gebieden

Figuur 5: Restrictieklassen zoals door de provincie Drenthe gehanteerd in de Structuurvisie Ondergrond v2.0.

TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN DIE AFWEGINGEN NOODZAKELIJK KUNNEN MAKEN

Doordat WKO-systemen bij de huidige energie prijzen financieel aantrekkelijk zijn en door de overheid worden gestimuleerd is verdere groei te verwachten. Op dit moment is er sprake van enige vertraging vanwege de crisis in de bouw en de kantorenmarkt. The AMvB geeft de provincies en gemeenten de mogelijkheid om de groei van WKO-systemen te reguleren zodat er een groter totaal rendement gehaald kan worden.

Regionale verschillen over Nederland

Nederland is over het algemeen erg geschikt voor open WKO-systemen doordat er veel pakketten met grof zand of grind aanwezig zijn. Gesloten WKO-systemen kunnen eigenlijk in iedere bodem geplaatst worden. Beperkingen zijn er vooral waar het gaat om ESD 1: de mogelijke invloed van WKO op beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit. Provincies die veel belang hechten aan het beheer van de zoete grondwatervoorraad en ook een grote voorraad te beheren hebben (Gelderland, Noord-Brabant en Drenthe bijvoorbeeld) met behulp van de AMvB voorwaarden kunnen blijven stellen aan diepte en hoeveelheid WKO systemen. De bodemenergiesystemen kunnen zowel in zoet als zout grondwater geplaatst worden. Over het algemeen worden open WKO-systemen in zuurstofloos grondwater geïnstalleerd maar dat is geen noodzaak. Bij lekkage van koelvloeistoffen in veengebieden moet rekening worden gehouden met de geringe afbraakcapaciteit van zuur en zuurstofloos grondwater (1)

Beschikbare gegevens en kennis

Voor het op de juiste manier aanleggen en in bedrijf houden van WKO-systemen is specialistische kennis noodzakelijk die onder andere geleverd kan worden door de bedrijven betrokken bij het kennisplatform "Meer met Bodemenergie". If Technology heeft bij de introductie van WKO in Nederland een belangrijke rol gespeeld. Wat betreft de chemische veranderingen, het temperatuurregime en de onderlinge beïnvloeding van waterwinning en WKO is er is er kennis ontwikkeld en beschikbaar bij KWR, Deltares, Alterra en het RIVM.

Referenties naar rapporten en websites

Websites

AMvB Bodemenergie.
https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2013-112.pdf
Meer met Bodemenergie.
www.meermetbodemenergie.nl
www.wko-tool.nl
www.bodemenergienl.nl/
Rijkswaterstaat
www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodemenergie/

Referenties

1. Van Beelen P. A method to rank the relative environmental hazard of coolants leaking directly into groundwater [Een methode om het milieurisico van koelvloeistoffen voor grondwater te rangschikken]. RIVM report 607050014. [Onderzoeksrapport]. 2013:17.
2. Ilieva D, Morasch B, Haderlein S. Risikominimierung beim Einsatz von Wärmeträgerflüssigkeiten: Einfluss von Additiven auf Umweltverhalten und Abbaubarkeit im Untergrund2012.
3. GroenHolland, KWR, IF-technology. Technisch onderzoek gesloten systemen2013.
4. Hartog N, Drijver B, Dinkla I, Bonte M. Field assessment of the impacts of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) systems on chemical and microbial groundwater composition European Geothermal Conference 20132013.
5. Zuurbier KG, Hartog N, Valstar J, Post VEA, Van Breukelen BM. The impact of low-temperature seasonal aquifer thermal energy storage (SATES) systems on chlorinated solvent contaminated groundwater: Modeling of spreading and degradation. J Contam Hydrol. 2013;147:1-13.
6. TCB. Advies duurzaam gebruik van de bodem voor WKO: Technische commissie bodem2009. Report No.: TCB S045.
7. Besluit van 25 maart 2013 tot wijziging van een aantal algemene maatregelen van bestuur in verband met regels inzake bodemenergiesystemen en enkele technische verbeteringen, 112 (2013).
8. Provincie_Drenthe. Structuurvisie ondergrond 2.02013.
9. CBS. Duurzame energie in Nederland 2008. Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek2009.

10. Stuurman R, Van Oostrom N, Van Schrojenstein Lantman R, Goorden N, Bakr M, Doornenbal P. Effecten van WKO op de grondwaterkwantiteit: Deltares2011. Report No.: 092.81170.
11. Bonte M, Stuyfzand PJ, Hulsmann A, van Beelen P. Underground thermal energy storage: Environmental risks and policy developments in the Netherlands and European Union. Ecology and Society. 2011;16(1).
12. Van Beelen P, Schijven J, de Roda Husman AM, van der Aa M, Otte P. Een literatuurstudie naar de mogelijke risico's van warmte- en koudeopslag voor de grondwaterkwaliteit [The continuous growth of Thermal Energy Storage (TES) might be limited by the possible risk for the drinking water supply.]. RIVM rapport 607050009. 2011.

Deze factsheet is onderdeel van het rapport: Broers, H.P., en Lijzen, J.P.A. 2014. Afwegingen bij het gebruik van grondwater en de ondergrond. Een verkenning op basis van ecosysteemdiensten. Deltares (Utrecht) en RIVM (Bilthoven). Deltares-rapportnummer 1207762-016, RIVM-rapportnummer 607710003/2014.