



skb
duurzame
ontwikkeling
ondergrond

Groningenweg 10
Postbus 420
2800 AK Gouda
Tel. (0182) 54 06 90
Fax (0182) 54 06 91
programmabureau@skbodem.nl
www.skbodem.nl

Met de ondergrond verbonden



skb
duurzame
ontwikkeling
ondergrond



POSITION PAPER

HOGETEMPERATUUROPSLAG

INHOUD

- Voorwoord	3
- Introductie	4
- Onderzoek	5
Positieve grondhouding: zowel bestuurlijk als ambtelijk	6
<i>Arend Bosma, senior beleidsmedewerker energie, provincie Zuid-Holland</i>	
- Hoe werkt HTO?	8
- Historie	9
- Praktijklocaties	10
- Randvoorwaarden voor succesvolle toepassing	12
Hogetemperatuuropslag: extra warmtebron én buffer	14
<i>Saskia Hagedoorn, Programmamanager Geothermie, Hydreco</i>	
- Waterkwaliteit	16
- Ontwerpnorm	18
- Juridische kwesties	19
Veiligstellen drinkwatervoorziening én verduurzaming energievoorziening	20
<i>René van Elswijk, senior beleidsmedewerker, afdeling Fysieke Leefomgeving, Provincie Utrecht</i>	
- Pilot Gorichem	22
- Pilot Glastuinbouw	24



Aan de ongebreidelde inzet van fossiele brandstoffen voor onze energievoorziening kleeft een aantal bezwaren. De uitstoot van CO₂ en de gevolgen daarvan voor ons klimaat is wel het meest in het oog springende probleem. Daarnaast zijn fossiele brandstoffen eindig. Ooit raakt de koek op. Dat geldt ook voor de aardgasvoorraden in Nederland. Dat betekent dat we op zoek moeten gaan naar alternatieven. Zon, wind en biomassa zijn daar de meest duidelijke voorbeelden van. Maar er is meer. Ook de ondergrond heeft wat te bieden. Zo zijn er bijvoorbeeld mogelijkheden voor de inzet van aardwarmte, open en gesloten bodemenergiesystemen of de winning van schaliegas.

NIEUW

Redelijk “nieuw” is de inzet van vrijkomende warmte die niet effectief benut wordt. Denk bijvoorbeeld aan de restwarmte die vrij komt in de industrie of de glastuinbouw. De “truc” is om die restwarmte tijdelijk op te slaan in de ondergrond en deze later in te zetten voor gebruik. Zo kan warmte die ‘s zomers geproduceerd wordt, in de winter worden gebruikt voor verwarming. Deze hogetemperatuuropslag in de bodem levert een grote energiebesparing op en biedt een belangrijk milieuvoordeel.

HOGETEMPERATUUROPSLAG IN NEDERLAND

In Nederland neemt de interesse in ondergrondse hogetemperatuuropslag (HTO) toe. Ook de technologische ontwikkelingen en ervaringen bij traditionele koude-warmteopslag projecten dragen hieraan bij. Er is echter nog relatief weinig ervaring opgedaan met concrete HTO projecten en we missen nog steeds de nodige inzichten en kennis. Voor SKB aanleiding om samen met een consortium van betrokken partijen een onderzoek te starten naar de kansen en mogelijkheden, de valkuilen en belemmeringen van hogetemperatuuropslag in Nederland.

ONDERZOEKSRESULTATEN

Deze uitgave geeft in vogelvlucht de resultaten van dat onderzoek weer. Daarbij komen ook de persoonlijke ervaringen van direct betrokkenen aan de orde. Onze inzet is om op deze manier een bijdrage te leveren aan de visievorming en toepassingsmogelijkheden rond de inzet van hogetemperatuuropslag in Nederland.

Ik wens u veel leesplezier!

Roelof Bleker
Bestuursvoorzitter SKB

Heeft u warmte over? Dan is hogetemperatuuropslag (HTO) misschien iets voor u!

HTO in de bodem staat op dit moment volop in de belangstelling. Zowel bij potentiële initiatiefnemers, de beschermers en bestaande gebruikers van de ondergrond heeft deze techniek de aandacht. Waarom?

HTO is min of meer een nieuwe speler in de markt. Het maakt gebruik van de bodem, maar de uitgangspunten voor het toepassen van de techniek zijn anders dan bij open- en gesloten bodemenergiesystemen of aardwarmte. De toepassing van HTO biedt mogelijkheden om daar waar warmte geproduceerd wordt en niet tegelijkertijd gebruikt wordt, de warmte tijdelijk op te slaan in plaats van het te vernietigen.

De onbekendheid van de techniek én de onbekendheid van de effecten, maakt de techniek vooralsnog moeilijk te positioneren in het huidige beleid. Wat zijn de effecten van het opslaan van hogere temperaturen op de ondergrond? Wat zijn randvoorwaarden voor een duurzame inzetbaarheid van een HTO systeem? Wanneer is er sprake van een succesvol project? Met deze vragen is het onderzoek voor HTO opgetuigd.

Om succesvolle, haalbare projecten te realiseren blijkt de aanwezigheid van goedkope restwarmte noodzakelijk te zijn. Bij voorkeur is de restwarmte 'gratis'. Dit is de belangrijkste conclusie van het onderzoek. Naast deze conclusie zijn er nog een aantal andere belangrijke aandachtspunten die de haalbaarheid van HTO projecten bepalen. In voorliggend document kunt u de belangrijkste randvoorwaarden teruglezen. Samen met de visie die vanuit de praktijk geleverd wordt, hopen wij dat u een genuanceerd beeld krijgt over de kansen voor HTO in Nederland.

Wij hopen dat u na het lezen van dit paper kunt beoordelen of HTO iets voor u kan betekenen. Het paper geeft aan waar de kansen en toepassingsmogelijkheden liggen. Anderzijds worden er ook een aantal openstaande vraagstukken geadresseerd. Inzicht in deze vraagstukken kan de beleidsmaker op weg helpen om het juiste beleid/ uitvoeringsprogramma voor dit onderwerp te implementeren.

De techniek HTO staat sinds de jaren 80 van de vorige eeuw in de belangstelling. Tot op heden zijn slechts een paar systemen gerealiseerd. Onduidelijkheid over de effecten die de toepassing van HTO met zich meebrengt dragen er aan bij dat het bevoegd gezag moeite heeft met de vergunningverlening van deze systemen. Wie is - gezien de variatie in temperatuur en/of diepte - überhaupt het bevoegd gezag? Daarnaast was ook niet helder welke randvoorwaarden een succesvol project maken.

De afgelopen jaren is de techniek in verschillende onderzoeksprogramma's en haalbaarheidsstudies onderzocht. Hieronder willen we de belangrijkste onderzoeksprogramma's uitlichten.

HIGH TEMPERATURE UNDERGROUND THERMAL ENERGY STORAGE

In 1999 is in opdracht van de International Energy Agency (IEA) een onderzoek uitgevoerd naar hogetemperatuuropslag (High Temperature Underground Thermal Energy Strategy State-of-the-art and Prospects, B. Sanner, 1999). Het onderzoek is uitgevoerd door B. Sanner van het Instituut für Angewandte Geowissenschaften. In dit onderzoek is gekeken naar economische, energetische en milieutechnische aspecten, praktijkervaringen en de vooruitzichten voor hogetemperatuuropslag.

(LITERATUURSTUDIE) MEER MET BODEMENERGIE (MMB)

In het onderzoeksprogramma MMB (2009 - 2012) had hogetemperatuuropslag een eigen plek. Het was het eerste project waarin praktijkgegevens gecombineerd werden met literatuur. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB) door een consortium van BioClear, Deltares, IF Technology en Universiteit Wageningen. Meer informatie over MMB vindt u op de website www.meermetbodemenergie.nl. De uitgebreide literatuurstudie binnen dit onderzoek is weergegeven in de 'Literatuurstudie' - rapport 2 op de website.

HTO ONDERZOEK

In 2011 is gestart met het onderzoeksprogramma 'Hogetemperatuuropslag in de bodem' oftewel het 'HTO onderzoek' genoemd. Een consortium van DLV glas & energie, IF Technology, Innoforte en de Universiteit van Utrecht heeft dit onderzoek uitgevoerd in opdracht van SKB. Het onderzoek is opgezet om de kansen en toepassingsmogelijkheden voor deze techniek te belichten én te vergroten. Het doel van het HTO onderzoek was antwoord te vinden op de volgende vragen:

- Hoe kan HTO succesvol kan worden toegepast in fijnzandige aquifers?
- Bij wie moet een vergunning voor een HTO project worden aangevraagd?
- Wat bepaalt de financiële haalbaarheid van een project?
- Wat bepaalt het opslagrendement van een HTO project?

POSITIEVE GRONDHOUDING: ZOWEL BESTUURLIJK ALS AMBTELIJK

AREND BOSMA, SENIOR BELEIDSMEDEWERKER ENERGIE,
PROVINCIE ZUID-HOLLAND

'De inzet van wind en restwarmte zijn de twee speerpunten in het Zuid-Hollandse beleid voor duurzame energie. De mogelijkheden in onze provincie voor de toepassing en het gebruik van aardwarmte en restwarmte zijn uniek. Er is veel aanbod en veel vraag. Dat geldt zowel voor het stedelijk gebied als voor de glastuinbouw. In het najaar van 2011 hebben wij met het Rijk onze warmte-ambitie voor 2020 vastgelegd in een Green Deal. De aanvankelijke trekkersrol van de provincie wordt in de loop van 2013 overgenomen door het Programmabureau Warmte. Overheden, energiebedrijven en belangenorganisaties gaan hierin samenwerken. Hiermee wordt het draagvlak voor warmteprojecten vergroot. Het programmabureau gaat de randvoorwaarden scheppen voor een optimale inzet van de mogelijkheden van restwarmte, waaronder hogetemperatuuropslag.'

PILOTPROJECTEN

'Het nadenken over hogetemperatuuropslag is in Zuid-Holland niet nieuw en heeft een voorgeschiedenis: bij de opstelling van het provinciale Grondwaterplan is al rekening gehouden met de mogelijkheid om incidenteel in een watervoerende laag hogere temperaturen toe te staan. Door zo'n vijf pilotprojecten toe te staan waar temperatuur boven 30°C geïnfiltreerd

mag worden. Door de inzet van hoge temperatuuropslag kan warmte op jaarbasis beter worden benut. Bij voorkeur moeten pilotprojecten zich ten opzichte van elkaar onderscheiden in bijvoorbeeld aard en ligging. Op die manier zijn we in staat de verschillende projecten goed met elkaar te vergelijken en de voor- en nadelen te analyseren.'

GEOMEC 4P (VIERPOLDERS BIJ BRIELLE)

'De provincie Zuid-Holland is zelf bij een aantal projecten betrokken geweest. Een daarvan is Geomec-4P. In de Vierpolders bij Brielle is een diep geothermieproject in ontwikkeling. De beoogde formatie van de geothermische bron ligt op een diepte van 2.200 meter. De bron gaat leveren aan een collectiefnet van tuinders. Om de warmte, die in de zomer niet gebruikt wordt voor de verwarming van kassen, 's winters te benutten, wordt in Vierpolders gebruik gemaakt van een hogetemperatuuropslag. Het overschot aan warmte in de zomer, wordt tijdelijk bewaard in een seizoensreservoir op een diepte van 200 meter.

De vergunning voor dit pilotproject is verleend voor 5 jaar. Voordat de vergunning is verleend, is onderzoek gedaan naar de mogelijke milieu-effecten. Tijdens de vergunningperiode worden de feitelijke milieu-effecten gemeten. Op basis hiervan beoordeelt de provin-

cie na 5 jaar of de hogetemperatuuropslag kan worden voortgezet.'

NAAR EEN DUURZAME ENERGIEHUISHOUDING

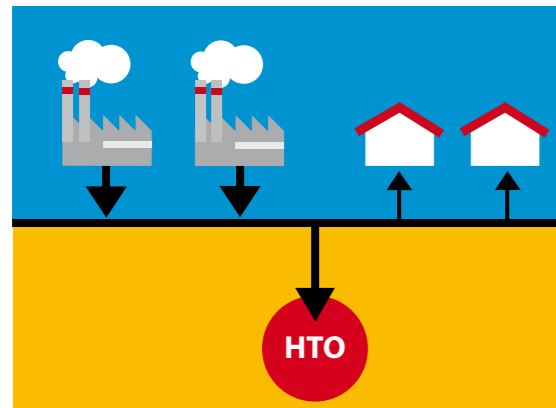
'Onder Rutte 2 is de doelstelling voor het gebruik van duurzame energie verhoogd van 14% naar 16%. Dat levert weer nieuwe impulsen op en nieuw enthousiasme. Je merkt dat dit ook doorwerkt op regionaal niveau. Hoe je het ook wendt of keert, in 2050 is onze energiehuishouding volstrekt anders en verder verduurzaamd. Hogetemperatuuropslag kan daaraan bijdragen.'

...in 2050 is onze
energiehuishouding
verder verduurzaamd...

HOE WERKT HTO?

HTO is het opslaan van hogetemperatuurwarmte in de bodem. Bij een opslagtemperatuur van circa 60 - 90°C wordt gesproken van hoge temperatuur. Met name in de tuinbouw wordt ook gebruik gemaakt van MTO: middelhogetemperatuuropslag (25 - 60°C). Daar waar in dit paper HTO geschreven is, kan in bijna alle gevallen ook MTO gelezen worden, tenzij anders vermeld.

Warmte kan opgeslagen worden met gesloten systemen (bodemwarmtewisselaar) of met open systemen (grondwater). Voorbeelden van bronnen die warmte leveren zijn industrie, kassen, geothermiesystemen en warmtekrachtinstallaties. De warmte is vaak continu beschikbaar.



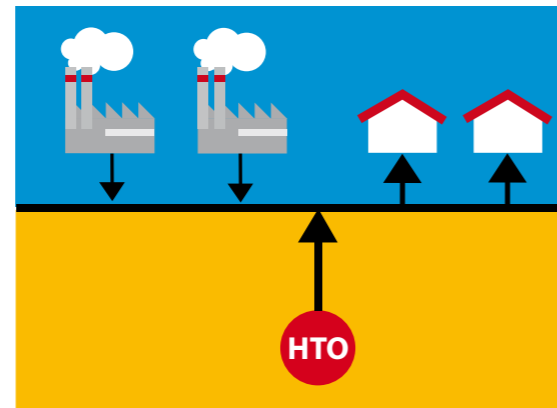
SCHEMATISCHE WEERGAVE
RESTWARMTE OPSLAG

WARMTE OPSLAAN

In de zomerperiode is de warmtevraag veelal beperkt of geheel afwezig bij de afnemer. De aanbieder van warmte heeft echter wel warmte beschikbaar. De beschikbare warmte wordt daarom tijdelijk opgeslagen in de bodem.

WARMTE LEVEREN

In de winterperiode is de vraag naar warmte aanwezig. Warmtevragers krijgen hun warmte via het warmtenet aangeleverd. De aanbieder van warmte en het hogetemperatuuropslagsysteem voeden het warmtenet.



SCHEMATISCHE WEERGAVE
RESTWARMTELEVERING

HISTORIE

De toepassing van reguliere open bodemenergiesystemen in de bodem begon in Nederland in de jaren tachtig. In de meeste gevallen (ruim 99%) is de maximale opslagtemperatuur lager dan 25°C. Het eerste systeem dat wereldwijd als HTO systeem gekwalificeerd kan worden dateert uit 1976. Het eerste systeem in Nederland dateert uit 1983. Voor zover bekend zijn er 17 systemen gerealiseerd waarbij temperaturen hoger dan 25°C worden opgeslagen, waarvan 8 in Nederland.

In Nederland zijn drie HTO-projecten gerealiseerd: de Universiteit Utrecht, de Hooge Burch en froukemaheerd in Beijum. De HTO in Beijum is nog steeds actief. De HTO van de Universiteit Utrecht is gestopt, doordat de temperatuur van de warme bron niet goed aansloot op benodigde vraag. De HTO van Hooge Burch is gestopt vanwege veranderingen in de bedrijfsvoering. De WKK (bron voor warmte) is buiten bedrijf gezet.

Nederland gaat kapot aan terugverdiëntijd

'Mensen zeggen wel eens tegen me dat het wel allemaal erg duur is. Mijn antwoord is dan steevast dat we een andere visie op terugverdiëntijd hanteren. Nederland gaat kapot aan terugverdiëntijd; als we iets in vijf jaar niet terugverdiend hebben, ja, dan doen we het niet. Ons uitgangspunt is dat we hier met ons nieuwe gebouw voor dertig jaar staan. We hebben 15 jaar energiebesparing van een ton per jaar gerealiseerd. Dit betekent een besparing van anderhalf miljoen.'

*Prof. dr. Louise Vet
Directeur Nederlands Instituut voor Ecologie
(NIOO-KNAW) Bijzonder hoogleraar Evolutionaire
Ecologie Wageningen Universiteit*

PRAKTIJKLOCATIES

MINNESOTA

PROJECT:	UNIVERSITY OF MINNESOTA, USA
REALISATIE:	1982
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	90-130°C
STATUS:	GESTOPT

ALABAMA

PROJECT:	AUBURN UNIVERSITY, USA
REALISATIE:	1976
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	40-90°C
STATUS:	GESTOPT

DENEMARKEN

PROJECT:	HØRSBOLM
REALISATIE:	1982
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	100°C
STATUS:	GESTOPT

FRANKRIJK

PROJECT:	LE PLAISIR, THIVERVAL-GRIGNON
REALISATIE:	1987
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	55-180°C
STATUS:	GESTOPT

ZWITSERLAND

PROJECT:	SPEOS, LAUSANNE-DORIGNY
REALISATIE:	1982
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	50-80°C
STATUS:	GESTOPT

DUITSLAND

PROJECT:	NEUBRANDENBORG
REALISATIE:	-
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	80°C
STATUS:	ACTIEF

DUITSLAND

PROJECT:	RIJKSDAG, BERLIJN
REALISATIE:	1998
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	70°C
STATUS:	ACTIEF

DUITSLAND

PROJECT:	AMORBACH, NECKARSULM
REALISATIE:	-
TYPE:	HTO GESLOTEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	28°C
STATUS:	ACTIEF

MONSTER

PROJECT:	MONSTER
REALISATIE:	-
TYPE:	MTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	40°C
STATUS:	ONDERZOEKSFASE

ZWEDEN

PROJECT:	LOMMA
REALISATIE:	1988
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	40-80°C
STATUS:	GESTOPT

ZWAMMERDAM

PROJECT:	HOOG BURCH
REALISATIE:	1998
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	90°C
STATUS:	GESTOPT

VIERPOLDERS

PROJECT:	MEC-V
REALISATIE:	-
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	75-93°C
STATUS:	ONDERZOEKSFASE

BUNNIK

PROJECT:	KANTOORCOMPLEX
REALISATIE:	1985
TYPE:	MTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	30°C
STATUS:	NU KOUDEOPSLAG

UTRECHT

PROJECT:	UNIVERSITEIT
REALISATIE:	1991
TYPE:	HTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	90°C
STATUS:	GESTOPT

HAARLEM

PROJECT:	2MW
REALISATIE:	2002
TYPE:	MTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	45°C
STATUS:	ACTIEF

BEIJUM

PROJECT:	FROUKEMAHEERD
REALISATIE:	1983
TYPE:	HTO GESLOTEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	60°C
STATUS:	ACTIEF

HARDERWIJK

PROJECT:	DOLFINARIUM
REALISATIE:	1997
TYPE:	MTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	40°C
STATUS:	ACTIEF

WAGENINGEN

PROJECT:	NIOO
REALISATIE:	2011
TYPE:	MTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	45°C
STATUS:	ACTIEF

EINDHOVEN

PROJECT:	HEUVELGALERIE
REALISATIE:	1992
TYPE:	MTO OPEN
OPSLAG-TEMPERATUUR:	30°C
STATUS:	ACTIEF

RANDVOORWAARDEN VOOR SUCCESSVOLLE TOEPASSING

In een aantal projecten is praktijkervaring opgedaan met hogetemperatuuropslag. Aandachtspunten die naar voren zijn gekomen bij de gerealiseerde projecten zijn: het belang van waterbehandeling in combinatie met de waterkwaliteit, verminderd opslagrendement en de toepassing van de juiste ontwerpnorm. Een combinatie van deze factoren maakt het juist implementeren van een businesscase soms lastig. Door het opzetten van het HTO onderzoek is gezocht naar antwoorden op de verschillende vraagstukken om tot betere inschatting te komen of HTO op een specifieke locatie haalbaar is of niet.

1. 'GRATIS' WARMTE

Voor een financieel haalbaar project moet op de locatie voldoende restwarmte aanwezig zijn tegen zo laag mogelijke kosten. Bij voorkeur dient de restwarmte 'gratis' te zijn. Met gratis restwarmte wordt in dit geval bedoeld dat de kosten om de koppeling te maken met de restwarmteleverancier wel worden vergoed, maar dat de geleverde restwarmte verder gratis is. Wanneer betaald moet worden voor de restwarmte, neemt de financiële haalbaarheid snel af.

2. BODEMGESCHIKTHEID

De bodem op de projectlocatie moet geschikt zijn voor hogetemperatuuropslag. Wanneer een aquifer geschikt is voor de toepassing van HTO zal projectafhankelijk zijn.

Een aantal richtlijnen zijn:

- een aquifer van voldoende dikte (minimaal 10 m dik);
- bij MTO een doorlatendheid tussen de 6 - 30 D*;
- bij HTO een doorlatendheid tussen de 3 - 15 D*.

3. TEMPERATUURNIVEAUS

De temperatuurniveaus van de warmtevragers en de HTO moeten op elkaar worden afgestemd. De opslagtemperatuur moet hoger zijn dan het temperatuurniveau van de warmtevragers, de zogenaamde temperatuursprong. Alleen dan kan warmte geleverd worden met de HTO. Hoe groter de temperatuursprong, hoe meer warmte door de HTO geleverd kan worden. Daarnaast geldt dat bij lage opslagtemperaturen de warmteverliezen door stroming en convectie lager zijn. Het gevolg is een hoger opslagrendement.

4. VERGUNNING

Afhankelijk van de diepte is een vergunning nodig in het kader van de Waterwet of in het kader van de Mijnbouwwet. Meer hierover kun je lezen op pag. 21.

* $D = \text{Darcy} = \text{m}^2/\text{d}$. Een hogere doorlatendheid wil zeggen dat het water makkelijk naar de bron toestroomt (denk aan strandzand), een lagere doorlatendheid betekent dat het water minder makkelijk naar de bron stroomt (denk aan klei).

5. SCHAALOMVANG

De schaalomvang moet voldoende groot zijn. Een vuistregel voor de vraagkant is een thermisch vermogen van minimaal 6 MW en 2.500 draaiuren per jaar. Vanaf deze omvang is het mogelijk de relatief hoge investeringskosten terug te verdienen (circa 1,1 miljoen euro bij de genoemde waarden).

6. OPSLAGRENDEMENT

Het opslagrendement is de verhouding tussen de opgeslagen warmte en de nuttig geleverde warmte. Warm water heeft een lagere dichtheid dan koud water. Hierdoor ontstaan dichtheidsstromingen, waarbij warm water naar boven stroomt en koud water wordt aange trokken. Een deel van de opgeslagen warmte gaat verloren. Het opslagrendement van een 'gemiddeld' HTO-systeem ligt tussen de 50 en 70%.

INVLOEDSFACTOREN

De opslagtemperatuur en de doorlatendheid bepalen voor een groot deel het opslagrendement. Alle invloedsfactoren en de kwalitatieve invloed op het opslagrendement staan in onderstaande figuur. De bandbreedte van de factoren zijn zo gekozen dat er in de praktijk kansen liggen voor een haalbaar HTO systeem. De berekeningen zijn uitgevoerd met een vereenvoudigd rekenmodel. De resultaten zijn indicatief.

OVERZICHT VAN INVLOEDSFACTOREN

PARAMETER	EENHEID	BASIS	ONGUNSTIG		BASIS (72%)	GUNSTIG
VERTICALE PERMEABILITEIT	[D]	4	12	67%		76%
INJECTIETEMPERATUUR	[°C]	70	90	67%		76%
INJECTIEVOLUME	[m³]	300.000	100.000	67%		74%
HORIZONTALE PERMEABILITEIT	[D]	12	24	69%		74%
BODEMTEMPERATUUR	[°C]	20	10	71%		73%
DIKTE AQUIFER	[m]	40	60	71%		73%

HOGETEMPERATUUROPSLAG: EXTRA WARMTEBRON ÉN BUFFER

SASKIA HAGEDOORN, PROGRAMMAMANAGER GEOTHERMIE, HYDRECO

‘Bij Hydreco, een volledig zelfstandige dochteronderneming van Brabant Water, ben ik betrokken bij de opzet, de organisatie, projecten en de kennisontwikkeling rond geothermie-projecten. Daarbij is hogetemperatuuropslag een perfect middel om de onbalans tussen vraag en aanbod te verbeteren. Vraag en aanbod zijn vaak niet evenwichtig op elkaar afgestemd. De vraag in de zomer is bijvoorbeeld veel lager dan die in de winter. Tegelijkertijd kan hogetemperatuuropslag bijdragen aan een stuk flexibiliteit in de bedrijfsvoering. Als om wat voor reden dan ook het aanbod van warmte in een geothermie-project stagneert, hebben we nog iets achter de hand: een extra bron waar je uit kunt putten. Een buffer om in een tekort aan warmte-voorziening tegemoet te komen. Afhankelijk van de aard en grootte van het project kan die bufferwerking variëren van enkele uren tot enkele maanden.’

RANDVOORWAARDEN SUCCESVOLLE INZET HOGE TEMPERATUUR OPSLAG

‘Hogetemperatuuropslag kun je niet zomaar succesvol inzetten. Daar is een aantal randvoorwaarden aan verbonden. Om te beginnen hecht Hydreco erg aan het zorgvuldig omgaan met de ondergrond. Dat betekent dat bijvoorbeeld eventuele negatieve ef-

fecten op potentiële drinkwaterlagen niet acceptabel zijn. Daarbij nemen we geen enkel risico. Zo hebben we bijvoorbeeld in het project Geomec 4P in Brielle, ondanks het feit dat we te maken hebben met brak water, een extra check gedaan naar mogelijke interferenties met andere ondergrondse activiteiten ter plekke en in de omgeving. Verder zijn er natuurlijke fysieke randvoorwaarden: bijvoorbeeld dat de aardlaag geschikt moet zijn qua dikte, stroomsnelheid en doorlatendheid. En uiteraard zijn er de nodige technische ontwerpzaken waar je rekening mee moet houden zoals bijvoorbeeld de putconfiguratie.’

ROL VAN DE OVERHEID

‘Binnen de huidige waterwetgeving is hogetemperatuuropslag niet mogelijk. Daarbij is de temperatuur van 25°C het criterium. In het kader van voorbeeldprojecten zijn er wel kansen voor hogetemperatuuropslag. De houding van het bevoegd gezag, de provincie, is daarbij bepalend. De provincie Zuid-Holland staat enkele pilots middels een tijdelijke vergunning toe om door monitoring te analyseren wat er precies gebeurt. Op basis van die informatie en expertise kan eventueel het beleid en de wetgeving worden aangepast. Andere provincies zijn daar veel strikter in: hogetemperatuuropslag is daar simpelweg niet toegestaan

en ook aan het opstarten van pilots is geen behoefte. De hamvraag is of de milieuvoordelen opwegen tegen de eventuele milieunadelen en of wij als samenleving dit acceptabel vinden. Dat draagvlak noodzakelijk is moge duidelijk zijn.’

KENNISONTWIKKELING EN ONDERZOEK

‘Wij blijven voortdurend bezig om onze kennis over geothermie en de mogelijkheden van hogetemperatuuropslag uit te breiden. Zo is Brabant Water bijvoorbeeld betrokken bij een uitgebreid onderzoek naar geothermie in Noord-Brabant. Daarbij is “learning by

practice” een uitstekende manier om nieuwe inzichten te verkrijgen. Onze betrokkenheid bij bijvoorbeeld Geomec 4P in Brielle levert waardevolle informatie op over de wijze van monitoring. Onze inzet is om het product hogetemperatuuropslag continu te blijven verbeteren. Van de juridische randvoorwaarden tot en met de technische ontwerpogaves.’

...afweging tussen
milieuvoordelen
en milieunadelen...

Binnen MMB is onderzoek gedaan naar HTO (zie rapport 6). Uit het onderzoek dat binnen MMB is uitgevoerd volgt dat de invloed van bodemenergiesystemen op de grondwaterkwaliteit bij lage temperatuur wordt gedomineerd door mengeffekten en dat temperatueffekten een ondergeschikte rol spelen. Bij hogere temperaturen wordt de temperatuurinvloed belangrijker.

De belangrijkste potentiële effecten zijn de mobilisatie van organische stof en verschuiving in populatie van micro organismen in het grondwater. En effecten als gevolg van noodzakelijke waterbehandeling om kalkneerslag te voorkomen (bij temperaturen boven de 40°C kan dat nodig zijn). Daarnaast zijn bij parallel uitgevoerd laboratoriumonderzoek aanwijzingen gevonden voor effecten op een aantal sporenelementen.

Bij een buiten gebruik gesteld HTO systeem blijkt dat de microbiologie zich na het terugzakken van de temperatuur herstelt. Hoewel de samenstelling van de microbiologische populatie niet exact gelijk is aan de oorspronkelijke, zijn de gemeten microbiologische functies niet gewijzigd.

WATERBEHANDELING

De do's en don'ts van waterbehandeling zijn binnen MMB onderzocht. Bij hoge temperaturen neemt de oplosbaarheid van kalk af en slaat kalk neer als geen maatregelen worden genomen. Om verstopping van

de bronnen te voorkomen is daarom waterbehandeling nodig. Hieronder is een viertal waterbehandelingstechnieken beschreven.

ZOUTZUURDOSERING

Toevoeging van zuur aan water verlaagt de pH en zorgt voor een hogere oplosbaarheid van carbonaten. Hierdoor wordt kalkneerslag voorkomen. De techniek is in Nederland in de praktijk toegepast. De dosering is goed te regelen waardoor het een goede methode gebleken is om kalkneerslag te voorkomen. Door toevoeging van zoutzuur zal het chloridegehalte in het grondwater toenemen, maar in de praktijk is gebleken dat het effect in zout grondwater relatief klein is.

CO₂-DOSERING

Het toevoegen van CO₂ verlaagt, net als zoutzuur, de pH van het grondwater. Ook CO₂-dosering is goed regelbaar. De techniek is in experimenten toegepast in Duitsland en Zwitserland, maar voor zover bekend nog niet op projectschaal toegepast.

IONENWISSELING

Bij deze techniek wordt grondwater door een vat geleid dat is gevuld met negatief geladen harskorrels. Door de harskorrels in evenwicht te brengen met een NaCl-oplossing wordt Na⁺ aan de korrels gebonden. Als vervolgens grondwater door de wisselaar wordt geleid, dan wordt door kationuitwisseling Na⁺ toegevoegd aan het water en andere kationen, zoals Ca²⁺, onttrokken aan het water. De techniek is in de praktijk toegepast in Ne-

derland. Belangrijke nadelen van deze techniek zijn hoog zoutverbruik, arbeidsintensief en verstoppingrisico's bij te veel en te weinig behandeling.

INHIBITORS

Inhibitors zijn stoffen die een remmende werking hebben op chemische processen. Bekende inhibitors om carbonaatneerslag te voorkomen zijn fosfaten, acrylaten en natuurlijke inhibitors. Recentelijk zijn inhibitors ontwikkeld die bestaan uit polymeren. Het gebruik van inhibitors zou interessant kunnen zijn, maar is nog niet onderzocht.

Hogetemperatuuropslag past perfect binnen ons concept

'De bouw is zoveel mogelijk volgens de circulaire duurzaamheidsfilosofie uitgevoerd. Onze energieadviseurs hebben zich daarbij op de inzet van zonne-energie gericht. De consequentie van die keuze is dat we de "overtollige" warmte uit de zomerperiode proberen op te slaan voor perioden met een warmtekort. In de praktijk betekent dit de combinatie van warmte-koude opslag met hogetemperatuuropslag. Dat past perfect binnen ons concept.'

*Prof. dr. Louise Vet
Directeur Nederlands Instituut voor Ecologie
(NIOO-KNAW) Bijzonder hoogleraar Evolutionaire
Ecologie Wageningen Universiteit*

ONTWERPNORM

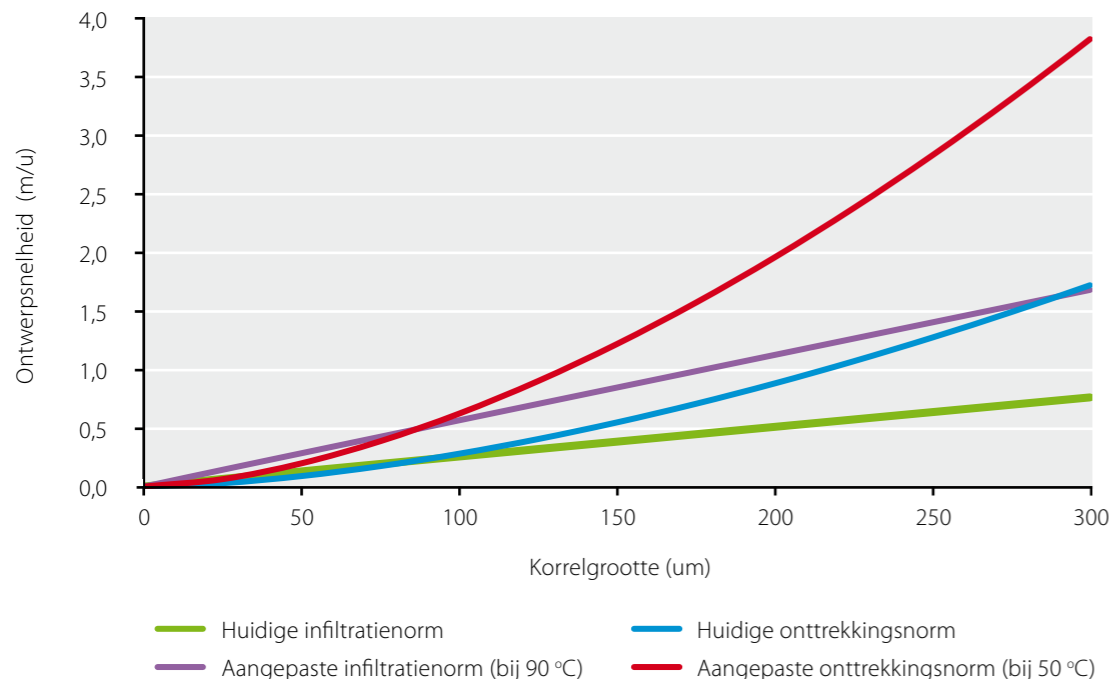
Een open bodemenergiesysteem bestaat uit één of meerdere onttrekkingsbronnen en infiltratiebronnen. Voor het juiste dimensioneren zijn ontwerpbronnen opgesteld. Binnen het HTO onderzoek is gekeken welke ontwerpnormen van toepassing zijn op HTO.

In de ontwerpnorm zijn richtlijnen opgenomen voor de

maximale snelheid op de boorgatwand. Bij hogetemperatuuropslag is de ontwerpsnelheid tot ruim twee keer hoger dan bij reguliere open bodemenergiesystemen.

Bij hoge temperaturen veranderen de eigenschappen van water. Hierdoor kan bij HTO een hogere snelheid worden toegepast zonder dat de bronnen verstoppelen of zand leveren.

HUIDIGE ONTWERPNORM EN AANGEPASTE ONTWERPNORM



JURIDISCHE KWESTIES

Met behulp van het HTO onderzoek is duidelijkheid verkregen over het wettelijk kader van de techniek. Afhankelijk van de diepte van het systeem geldt de Waterwet of de Mijnbouwwet. De juridische toets in het kader van dit onderzoek levert de volgende feitelijke kennis op:

Tot en met 500 meter minus maaiveld is de Waterwet van toepassing, de provincie is hiervoor het bevoegd gezag. Met het van kracht worden van de AMvB Bodemenergie (per 1 juli 2013) wordt het Waterbesluit gewijzigd. Het Waterbesluit schrijft een maximum infiltratietemperatuur van 25°C voor. Maar het Waterbesluit biedt ook voldoende haakjes* om HTO systemen met een infiltratietemperatuur hoger dan 25°C onder voorwaarden toe te staan.

Dieper dan 500 meter onder het maaiveld is de Mijnbouwwet van toepassing. Uit een interview met voormalig ministerie EL&I (nu ministerie van Economische Zaken (EZ)) blijkt dat het ministerie er de voorkeur aan geeft dat voor een nieuw HTO project alleen een opslagvergunning aangevraagd moet worden. Bij deze aanvraag voor de HTO zal wel extra aandacht moeten worden besteed aan de realisatie van een systeem (hoe, welke materialen etc). En daarnaast moet ook beschreven worden wat de mogelijke effecten van de eerste onttrekking zijn. Dit zijn zaken die normaalgesproken niet aan de orde komen in een opslagvergunning.

* lees: uitzonderingen

Geen vergunning

'Aanvankelijk kregen we geen vergunning van de provincie Gelderland. Met ons idee over de toepassing van hogetemperatuuropslag vielen we buiten de reguliere regelgeving. De provincie was ook bang voor de menging van zoet en zout water. Nader onderzoek heeft geleerd dat dat niet het geval was. Na het nodige overleg over en weer raakte de provincie overtuigd van de kansen en mogelijkheden en was bereid mee te werken aan onze pilot en de monitoring mee te financieren.'

Prof. dr. Louise Vet
Directeur Nederlands Instituut voor Ecologie
(NIOO-KNAW) Bijzonder hoogleraar Evolutionaire
Ecologie Wageningen Universiteit

VEILIGSTELLEN DRINKWATERVOORZIENING ÉN VERDUURZAMING ENERGIEVOORZIENING

RENÉ VAN ELSWIJK, SENIOR BELEIDSMEDEWERKER,
AFDELING FYSIEKE LEEFOMGEVING, PROVINCIE UTRECHT

'Ik hou me bezig met de coördinatie van het grondwaterbeleid. Bodemenergie valt daar onder omdat grondwaterbeleid gaat over het verdelen van het schaarse grondwater over verschillende gebruikers zoals drinkwater en bodemenergie. In de provincie Utrecht is hogetemperatuuropslag niet opgenomen in het beleid. Een van onze randvoorwaarden is dat de maximale infiltratietemperatuur van het grondwater niet hoger mag zijn dan 25°C. Dat betekent dat hogetemperatuuropslag niet mogelijk is. Het enige dat je dan nog kunt doen om te anticiperen op mogelijke nieuwe beleidsontwikkelingen is het formuleren van een pilotproject. Op basis daarvan zou je de effecten van hogetemperatuuropslag in kaart kunnen brengen en het verloop zorgvuldig monitoren. Met de dan opgedane expertise en ervaring kun je dan overwegen om hogetemperatuuropslag in het beleid te verankeren.'

ONDERDEEL VAN DUURZAME ENERGIEVOORZIENING

'De reden om mee te werken aan eventuele pilots is dat hogetemperatuuropslag uitstekend past in de transitie naar een duurzame energievoorziening. Het voordeel bestaat uit een efficiënter warmtegebruik: je kunt een hoger energetisch rendement behalen

door de beschikbare warmte beter te benutten. Dit past binnen het streven van de overheid om een bijdrage te leveren aan een verduurzaming van de energievoorziening. Punt is wel dat we daarbij altijd een afweging moeten maken met andere belangen. Het belang van een voldoende en veilige drinkwatervoorziening een belangrijk. Hogetemperatuuropslag mag de drinkwatervoorziening nooit in gevaar brengen.'

RISICO'S EN KANSEN

'Hogetemperatuuropslag brengt risico's met zich mee. Het water dat je in de bodem infiltreert heeft een hoge temperatuur en kan daardoor de samenstelling en kwaliteit van het grondwater veranderen. Omdat het grondwater de belangrijkste bron voor ons drinkwater is, willen we hier zorgvuldig mee omgaan. Drinkwaterwinning vindt bij ons voornamelijk plaats tot een diepte van 150 meter, omdat daar grovere zandpakketten met zoetwater bevinden. Voor hogetemperatuuropslag heb je juist fijnzandige aardlagen nodig, deze liggen vaak dieper. Zolang er voldoende afstand en beschermende kleilagen zijn tussen de opslag en de drinkwaterwinning, bestaat er geen risico voor de drinkwatervoorziening.'

UTRECHTS BELEIDSKADER VOOR DE ONDERGROND

'Momenteel zijn we bezig met een nieuw beleidskader voor de ondergrond. Daarin bekijken we kritisch hoe we de ondergrond inrichten voor de verschillende functies. Bodemenergie en hogetemperatuuropslag gaan we hierin meenemen. Daarbij gaan we als het ware driedimensionaal de bodem in. Niet alleen horizontaal vindt een afbakening van gebieden plaats, maar ook verticaal. Dat leidt tot een zonerings waarin we aangeven welke gebieden en pakketten geschikt zijn voor drinkwater en welke pakketten voor hogetemperatuuropslag/Bodemenergie. Daarna kan middels pilotprojecten praktijkervaring opgedaan worden met hogetemperatuuropslag.'

...kansen door
grondwatergebruik
te differentiëren
met de diepte...

“De gemeente Gorinchem heeft een pilotstudie uitgevoerd voor de toepassing van HTO op een nieuw bedrijventerrein ‘de Grootte Haar’. Men is voornemens dit terrein duurzaam te ontwikkelen. De Grootte Haar heeft een oppervlakte van circa 40 hectare. Om invulling te geven aan de duurzame ambitie is overwogen om in samenwerking met het energie- en afvalnutsbedrijf HVC een centrale warmtevoorziening te realiseren voor het verwarmen van de gebouwen. Een HTO systeem is nodig om het aanbod van warmte uit de centrale optimaal af te kunnen stemmen met de warmtevraag van het bedrijventerrein. Hoeveel besparing levert dit op en is het een haalbare optie voor onze gemeente? Deze vraag hebben wij ingebracht in het HTO onderzoek” aldus Dick Rumpff.

Uit de studie blijkt dat de toepassing van HTO resulteert in een aanzienlijke besparing. Het totale aardgasverbruik wordt gereduceerd met circa 275.000 m³ per jaar, een besparing van 53%. De jaarlijkse besparing op de uitstoot van CO₂ is 500 ton (54%).

Hoewel HTO vanuit economisch oogpunt - in deze case - nog net iets duurder is dan de ketel, zijn de vooruitzichten goed. In lijn met de planning van de Grootte Haar kan dit betekenen dat HTO op het beslismoment economisch interessant is door de ontwikkelingen van de energietarieven en de waarde van CO₂-emissies.

Alles bij elkaar lijkt het dus een haalbare case. Er zijn wel twee organisatorische aandachtspunten:

- De uitgifte van de kavels voor de Grootte Haar start waarschijnlijk op zijn vroegst in 2015. De centrale energievoorziening moet nog worden gerealiseerd en draait pas op volledige capaciteit wanneer de gehele Grootte Haar is vol gebouwd. Het is vanuit financieel oogpunt niet aan te raden om bij aanvang van de realisatie van de centrale warmtevoorziening ook te starten met de realisatie van de hogetemperatuuropslag. In de laatste fase van de volloop is er voldoende zicht op warmtevraag, -overschot en -afname. Dit is ook het moment wanneer hogetemperatuuropslag moet worden overwogen.
- Het belangrijkste knelpunt voor de toepassing van hogetemperatuuropslag vormt de vergunningverlening. Overleg met de provincie is noodzakelijk om af te stemmen of hogetemperatuuropslag vergunbaar is en onder welke voorwaarden. Voor dit overleg moeten de hydrologische en thermische effecten van de beoogde hogetemperatuuropslag in de bodem inzichtelijk worden gemaakt.

Hoe wil de gemeente Gorinchem verder met de resultaten van het HTO onderzoek? “De gemeente gelooft nog steeds in de toepassing van HTO. Helaas is op dit moment (voorjaar 2013) het startpunt van de ontwikkeling

van ‘de Grootte Haar’ onzeker. We willen graag iets met warmtenetten gaan doen in de toekomst. De toepassing van HTO vormt hierbij een belangrijk onderdeel”.

Ecologie hand in hand met economie

‘De ecologie als wetenschap kan een waardevolle bijdrage leveren aan de oplossing van de maatschappelijke opgaven waar we momenteel voor staan. Ecologie wordt heel vaak geassocieerd met geitenwollen sokken. Niets is minder waar. We hebben het juist een beetje gehad met de economen die ons toch niet de goede weg hebben gewezen. Ecologie en economie moeten hand in hand gaan en samen opvaren. Onze nieuwbouw mét hogetemperatuuropslag laat zien dat dat goed kan.’

*Prof. dr. Louise Vet
Directeur Nederlands Instituut voor Ecologie
(NIOO-KNAW) Bijzonder hoogleraar Evolutionaire
Ecologie Wageningen Universiteit*

In het kader van het HTO project is een studie uitgevoerd naar de inzet van HTO in de glastuinbouw. Hiervoor is een pilot project in de regio Noord-Brabant gebruikt. Het betrof aubergine kwekerij van ca. 8 ha. Het doel van de pilot was om de financiële haalbaarheid van verschillende HTO-concepten voor dit project te bepalen.

FINANCIËLE HAALBAARHEID CONCEPTEN

In de studie zijn acht HTO varianten vergeleken ten opzichte van het traditionele verwarmings- en koelingsmodel van de kas. Uit de studie is gebleken dat de inzet van een MTO systeem - waarbij een temperatuur van 35 °C geleverd wordt door de bron aan de WP - in combinatie met een WKK de kortste terugverdientijd heeft (4,4 jaar). Het verhogen van de maximum infiltratietemperatuur in de bodem (35°C i.p.v. 25°C) heeft ook een positief effect op de terugverdientijd van de verschillende scenario's. Dit heeft te maken van de verbetering van de COP¹ van de warmtepomp en het hogere opslag vermogen. Temperaturen boven de 70°C leveren echter weer minder rendement op vanwege grote(re) warmteverliezen in de bodem.

Voor het pilot project heeft deze kennis in ieder geval er toe geleid dat het ontwerp van een MTO systeem (35°C) vormgegeven gaat worden in 2013. Het gaat hierbij om een bestaand aquifer doublet waarvoor bij de provincie Noord Brabant toestemming wordt gevraagd om gedurende de pilot te mogen infiltreren met water van 35°C.

POTENTIEEL IN NEDERLAND

Op basis van de studie is ingeschat dat in Nederland circa 5.000 hectare aan glastuinbouw geschikt is voor het toepassen van HTO (en MTO). Hiermee kan op jaarbasis jaarlijks € 19.500.000,- bespaard worden. De CO₂-emissiereductie bedraagt circa 325.000 ton per jaar ten opzichte van het huidige telen. Dit komt overeen met een besparing van circa 7%.

Seizoensopslag van warmte is een belangrijk onderwerp voor de glastuinbouw om haar ambities t.a.v. energiebesparing en verduurzaming te bereiken. Iedereen snapt dat er warmte overschot is in de zomer en tekort in de winter. Naast de technische vraagstukken is de economie van seizoensopslag belangrijk. Immers, de investering in de seizoensopslag van warmte kun je in theorie maar één keer per jaar gebruiken. Hoeveel mag een seizoensopslag kosten als je de warmte van 1 aardgas equivalent in de zomer opslaat om vervolgens in de winter te

benutten? De waarde van 1 aardgas equivalent is niet zo hoog. Je kunt bijvoorbeeld kiezen voor een combinatie van gebruiksmogelijkheden: koelen en verwarmen via dezelfde opslag, de traditionele WKO. Maar als je geen koude vraag hebt (zoals de meeste tuinbouw bedrijven) moet je op zoek naar een zo laag mogelijke investering per vermogenseenheid voor een zo groot mogelijke opslag van warmte. De bodem is onbegrensd en als je het water mag opslaan bij 35°C i.p.v. 25°C (MTO) kun je heel veel meer warmte op slaan in hetzelfde doublet. Daarom is de tuinbouwsector enthousiast over de voorgenomen MTO pilot in Noord Brabant. De warmte wordt in de zomer gewonnen uit de condensatie van rookgassen van Warmte Kracht motoren voor Elektriciteitsopwekking en wordt opgeslagen in de bodem. Die warmte zou anders verloren gaan in de rookpluim.

Met HTO temperaturen boven van 60 - 90 °C kun je nog meer opslaan. Maar de effecten op de omgeving kunnen groter worden en je zult altijd een significante hoeveelheid warmte moeten achterlaten in de bodem en dat is verlies. Bij toepassing op grote schaal kan het interessant zijn, we zullen echter nog meer moeten leren over HTO. Het uitvoeren van een pilot is daarom gewenst. HTO kan interessant zijn bij toepassing van geothermie.

Grandioze potentie

'Hogetemperatuuropslag heeft een grandioze potentie om te voorzien in je energiebehoefte. Op het terrein van kennis en kosteneffectiviteit zullen zeker nog de nodige slagen gemaakt moeten worden. Daarvoor heb je pilots nodig waardoor je de techniek steeds beter onder de knie krijgt. En als je dan vervolgens verder kunt opschalen, wordt het pas echt interessant. Zeker als de energieprijzen verder omhoog gaan.'

*Prof. dr. Louise Vet
Directeur Nederlands Instituut voor Ecologie
(NIOO-KNAW) Bijzonder hoogleraar Evolutionaire
Ecologie Wageningen Universiteit*

¹ COP - Coefficient Of Performance

COLOFON

AUTEURS

Sanne de Boer - IF Technology
Rob Kleinlugtenbelt - IF Technology
Walenberg & Van Os Communicatie

UITVOEREND CONSORTIUM ONDERZOEK 'HOGETEMPERATUUROPSLAG IN DE BODEM' (2011)

DLV Glas & Energie - Ronald Jan Post
IF Technology - Ronald Wennekes
Innoforte - Han Verheul
Universiteit van Utrecht - Ruud Schotting

ONTWERP

Van Lint in vorm, Zierikzee

DRUK

Grafia, pijnacker

Mei 2013