

# Bodemmonitoring met glasvezeltechniek

Bodemenergiesystemen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan een duurzame energievoorziening en het behalen van de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen. Helaas blijkt dat niet alle bodemenergiesystemen optimaal functioneren. Dit kan leiden tot onnodig lage energetische en financiële rendementen, overmatige grond-waterclaims, ondoelmatig grondwatergebruik en daarmee suboptimale benutting van het energiepotentieel in de bodem. Meer inzicht in hoe de energiebalans in de bodem zich bij wko-systemen door de seizoenen heen ontwikkelt, maakt het mogelijk het rendement te vergroten en het bodemenergiepotentieel beter te benutten.

Tekst: Jorik van de Waerdt, BAM Energy Systems, Martine van der Woude, Utrecht Sustainability Institute (usi).

Fotografie: Industrie

De knelpunten bij wko's zijn bekend: vooraf is niet bekend hoeveel warmte en koude beschikbaar is in de ondergrond en als de wko's in bedrijf zijn ontbreekt zicht op hoe de koude- en warmtebellen zich in de loop der tijd ontwikkelen. Ondergrondse bodemmonitoring met glasvezel breekt deze 'black box' open en biedt dit inzicht wel: bovengronds ontstaat letterlijk een 3D-beeld van hoe de energiebalans zich



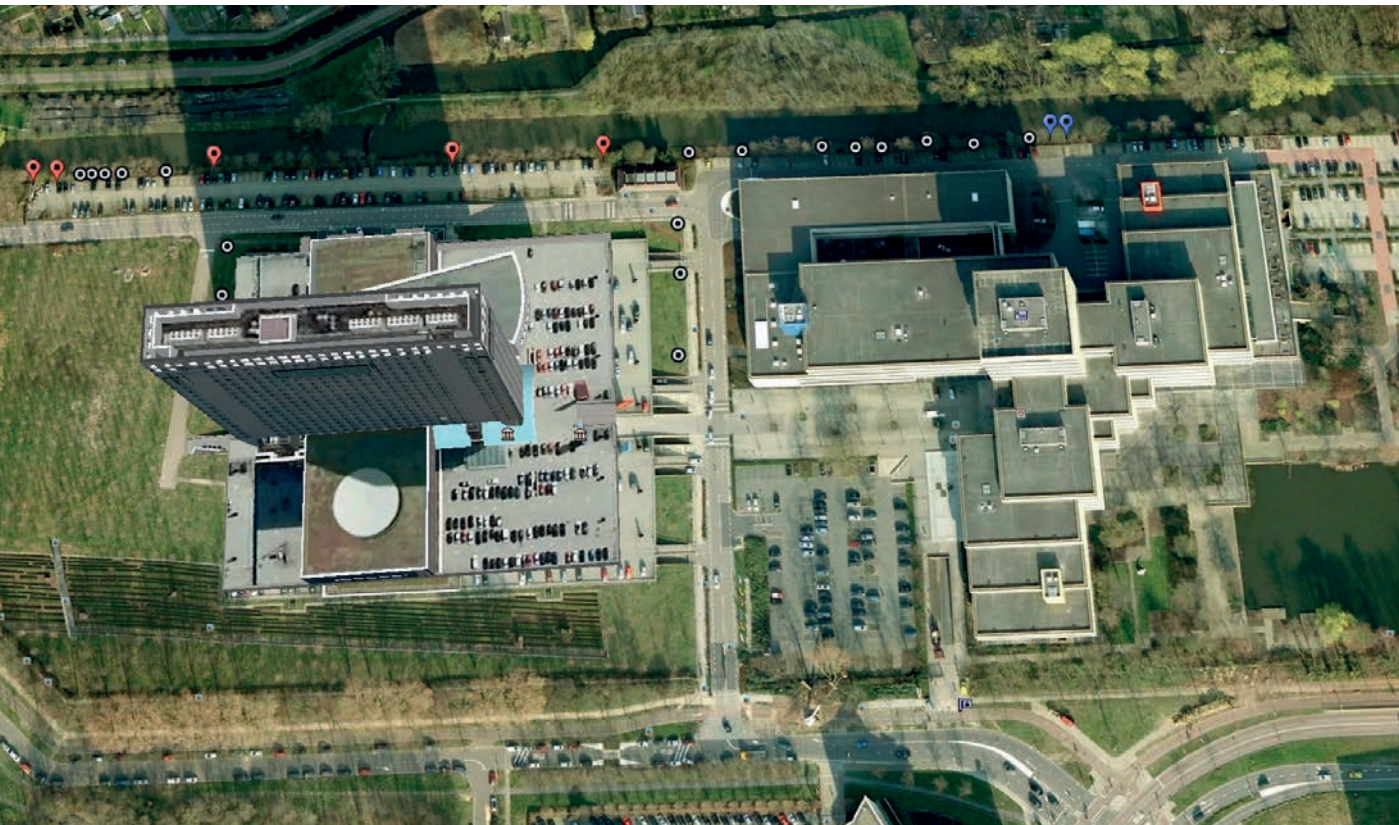
Meetopstelling USP-glasvezelkabel in en aan de buitenzijde van de bronfilter.

ondergronds ontwikkelt. Om ondergrondse bodemmonitoring mogelijk te maken heeft het Utrecht Sustainability Institute het onderzoeksproject FOME-BES opgezet (fibre optic monitoring van de ondergrondse energiebalans van bodemenergiesystemen). Kennisinstellingen, bedrijven, de gemeente en de provincie Utrecht hebben de handen ineen geslagen om op een wereldwijd unieke manier de prestaties van warmte- en koudeopslagsystemen te verbeteren. Het project wordt ondersteund door een subsidie van het Topconsortium Kennis en Innovatie 'Energiebesparing in de Gebouwde Omgeving' [1]. Het FOME-BES-project is in 2014 van start gegaan op vijf onderzoeklocaties in Nederland.

Nederland kent een groot verschil in grondsoorten en daarom wordt binnen FOME-BES de situatie bij wko-systemen in Utrecht, Delft en Eindhoven vergeleken. Op dit moment zijn alle locaties in gebruik en worden vier seizoenen lang op de locaties metingen uitgevoerd bij bestaande en nieuwe wko-systemen.

De verscheidenheid in locaties is groot; elke locatie heeft specifieke kenmerken en configuraties:

1. Kantorenpark Rijnsweerd in Utrecht (op gebiedsniveau).
2. Stationsgebied Utrecht CS (op gebiedsniveau, 'biowasmachine', drukbezette ondergrond).
3. Utrecht Science Park (bestaand en nieuw wko-systeem).



Meetopstelling Rijnsweert (Utrecht), met meetlussen bij de gebouwen van de Provincie Utrecht en ASR.

4. Kennisinstituut Deltares vestiging in Delft (op gebouwniveau).
5. Park Strijp-S in Eindhoven (andere grondsamenstelling dan Utrecht en Delft).

De meetresultaten geven inzicht in ondergrondse ontwikkeling van warmte- en koudebellen. Verplaatsen de bellen zich? Beïnvloeden ze elkaar? Wat is de invloed van grondwaterstroming? Wordt de bel optimaal benut? Dit inzicht in de energieprestaties van wko-systemen maakt optimalisatie van bodemenergiesystemen mogelijk.

#### **Techniek**

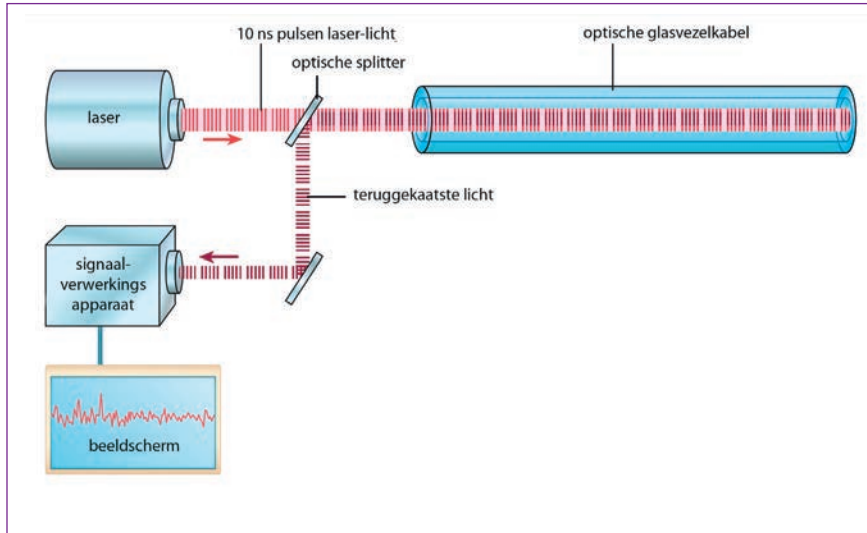
Het onderzoek maakt gebruik van monitoring door DTS-glasvezeltechniek ('spatially distributed temperature sensing')

die voor het eerst is getest in een verkennend onderzoek op Utrecht Science Park door Deltares in 2012. Een lus optische glasvezelkabel wordt op verschillende locaties over de gehele diepte van het bodemenergiesysteem in de grond gebracht. De glasvezelkabel is slechts 100  $\mu\text{m}$  dik en bestaat uit een kern van silicaglas (5 – 50  $\mu\text{m}$ ) met daaromheen een silicaomhulsel met elementen die de reactie van het materiaal op licht beïnvloeden.

Zodra de lichtpulsen door de kern worden gestuurd, zullen stralen zich richting de rand van de kern begeven. Door verschil in brekingsindex tussen de kern en het omhulsel zal er breking van licht optreden, waarmee ook verstrooiing van licht plaatsvindt. Een deel van de verstrooiing wordt richting de laserbron weerkaatst, dan gescheiden van de invallende laserstraal en vervolgens gefilterd op de juiste golflengtes. De golflengtes van de zogeheten Raman-verstrooiing geven een indicatie van de temperatuur.

De data zijn digitaal, kunnen op afstand worden verwerkt tot sturingsinformatie en kunnen op elk gewenst moment worden afgelezen (figuur 1). Op deze manier kan het temperatuurverloop in de ondergrond door een of meer wko-systemen jarenlang door de seizoenen heen worden gevolgd. Door de glasvezel in de grond te plaatsen rond of in de bronboring van het wko-systeem kan de temperatuur over de gehele diepte worden gemeten. Er kan inzicht worden gegeven in de temperatuur in zowel de ruimte als de

→ MET DE IN DE BODEM  
AANGEBRACHTE GLASVEZEL  
KAN DE TEMPERATUUR  
OVER DE GEHELE DIEPTE  
WORDEN GEMETEN



1. Principe dts-proces: temperatuurmeting met glasvezeltechniek. De dts-laser schiet lichtpulsjes in de optische vezel. Een deel van het licht wordt door verstrooiing teruggekaatst. Dit teruggekaatste licht wordt gescheiden van de oorspronkelijke laserbron en gefilterd naar aparte golflengtes. Omdat de lichtsnelheid constant is, kan op deze manier voor elke meter glasvezel het teruggekaatste licht worden geanalyseerd [2].

tijd:  $T(x,t)$ . Theoretisch kan de temperatuur worden gerelateerd aan de stroming in de bron. De grootste nauwkeurigheid is  $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$  bij lage meetfrequenties. Daarbij geldt: hoe hoger de meetfrequentie, hoe groter de meetfout. Een hoge meetfrequentie van  $1\text{ Hz}$  gaat gepaard met een meetfout van maximaal  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Doelstelling**

Het project richt zich op verschillende doelstellingen die met glasvezeltechniek kunnen worden onderzocht. De verschillende partners, zoals RoyalHaskoningDHV, Deltares, Priva, CMS, Universiteit Utrecht en BAM, werken aan het behalen van de doelstellingen die zijn verwerkt in vier afzonderlijke werkpakketten:

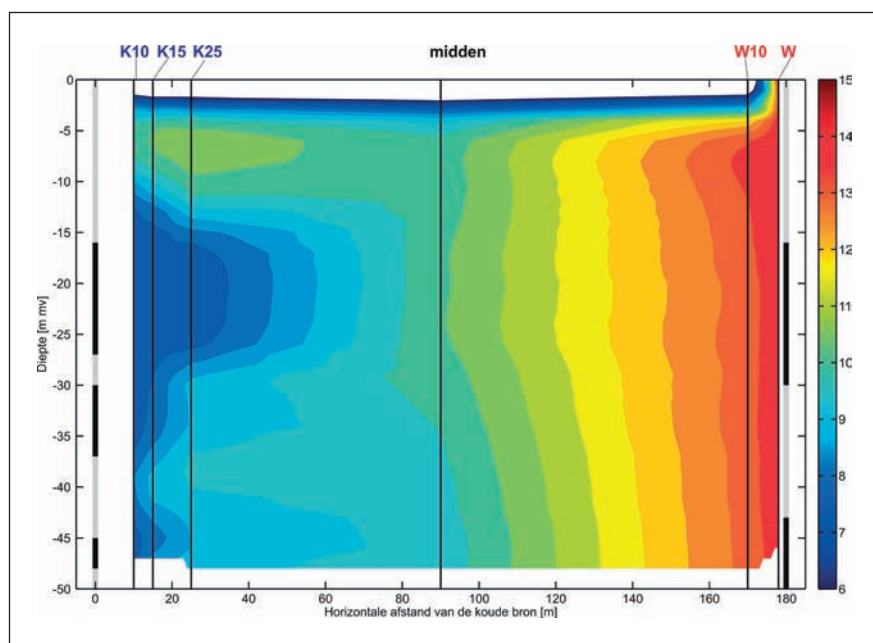
1. Het valideren en verbeteren van theoretische simulatiemodellen van de energiebalans van bodemenergiesystemen aan de hand van empirisch verkregen meetreeksen. Op maximaal vijf onderzoekslocaties

in Utrecht, Delft en Eindhoven worden gedurende vier seizoenen glasvezel-DTS-metingen uitgevoerd bij bestaande (collectieve) wko-systemen. Vergelijking van gemeten en vooraf berekende temperatuurprofielen en energieprestaties levert inzicht in hoe de bestaande theoretische rekenmodellen kunnen worden geoptimaliseerd.

2. Een integraal monitoringssysteem voor bewaking en verbetering van de energieprestaties van het integrale wko-systeem dat kan worden ingezet in de beheerfase van (collectieve) wko-systemen. Dit systeem moet een kostenefficiënte oplossing zijn die ook in bestaande situaties kan worden toegepast.

Onderzoek naar de toepasbaarheid van glasvezel-DTS in retrofitsituaties, ofwel in hoeverre kunnen bestaande peilbuizen en observatiefilters worden gebruikt om glasvezel-DTS aan te leggen. Onderzoek

2. Temperatuurbeeld glasvezeltechniek wko. Tussen twee bronnen (warmte rechts en koude links) is een aantal glasvezels geplaatst. De temperaturen zijn met kleuren aangegeven over de diepte in de grond. De zwarte lijnen aan de zijkant zijn de filterstellingen. In deze situatie wordt in de koude bron geïnjecteerd en aan de warme bron onttrokken. In de figuur is te zien dat in de grootste filterstelling meer wordt geïnjecteerd.

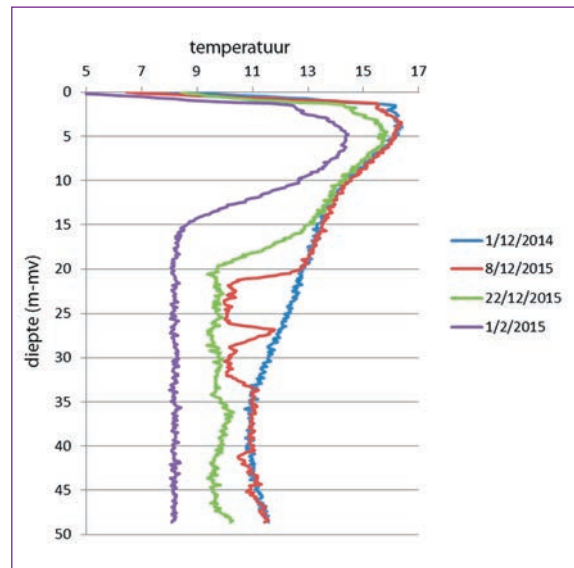


naar de gewenste sturingsinformatie, noodzakelijke meet- en regeltechniek, hard- en software om de energiebalans en -prestaties van bodemenergiesystemen integraal (boven- en ondergronds) in bestaande situaties en op gebiedsniveau te optimaliseren.

3. Een algoritme dat in combinatie met glasvezel-DTS-monitoring de onderhoudsbehoefte van bron-systemen voorspelt, vroegtijdig ingrijpen mogelijk maakt, het energetisch rendement van het bron-systeem verhoogt en de onderhoudskosten verlaagt. Onderzoek naar het verband tussen glasvezel-DTS temperatuurprofielen, grondwaterstromingssnelheden en de onderhoudsbehoefte van de bron-systemen ter beantwoording van de vraag of de gemeten temperaturen een indicatie vormen voor de onderhoudsbehoefte van de bronfilters op specifieke locaties. Vertaling van deze kennis naar een methode om de onderhoudsbehoefte van bodemenergiesystemen te voorspellen.
4. Een juridisch geborgd beheerprotocol met afspraken over energieprestaties, doelmatige grondwaterbenutting en verdeling van risico's en (regeneratie)-kosten, dankzij het inzicht in hoe de energiebalans zich door de jaren heen ontwikkelt. Onderzoek naar de haalbaarheid van een juridisch geborgd beheerprotocol met daarin de afspraken die initiatiefnemer, exploitant, gebruiker en het bevoegd gezag minimaal moeten maken om een goede inregeling, beheersituatie en risicoverdeling bij bodemenergiesystemen zeker te stellen. Daarbij onderzoek naar de vraag of een dergelijk beheerprotocol de basis kan vormen voor een nieuw verdienmodel voor (collectieve) exploitatie van bodemenergiesystemen: kan glasvezel-DTS helpen de energiebalans, energieprestaties en regeneratiemaatregelen uit te drukken in investerings- en exploitatiekosten en -risico's? Het beoogde effect zijn doelmatige en efficiënte bodemenergiesystemen die alle spelers in de keten – van initiatiefnemer tot eindgebruiker – een optimaal rendement bieden en voldoen aan de eisen van het bevoegd gezag. Doelmatig in de zin dat er doelmatig, correct gebruik wordt gemaakt van het bodemenergiepotentieel en grondwater; efficiënt in de zin dat de energetische rendementen van bodemenergiesystemen toenemen terwijl de onderhoudskosten afnemen.

### Eerste meetresultaten

Op het kantorenpark Rijnsweerd in Utrecht wordt al enige tijd gemeten. Op dit moment komen de eerste meetresultaten binnen (figuur 3). De metingen zijn gestart in september 2014. De wko was toen voor het derde jaar in bedrijf. Begin december (blauw curve



3. Eerste meetresultaten FOME-BES kantorenpark Rijnsweerd, Utrecht. De curven geven de temperatuur weer op vier tijdstippen gedurende het winterseizoen in een diepteprofiel op enkele meters afstand van een koude bron.

1-12-2014) begon de warmtelevering. Dit betekent dat warmte uit de warme bron werd gepompt en koud water in de koude bron. De voorste uitlopers van het koudefront passeren de glasvezelkabel ter hoogte van de filters (rode curve 8-12-2014). Twee weken later is het koudefront veel breder geworden. De koude-injectie blijft dus niet beperkt tot de filterniveau's (groene curve 22-12-2014). Aan het eind van de winter heeft het temperatuurprofiel zich gestabiliseerd op de injectietemperatuur, circa 8 °C (paarse curve 1-2-2015). Opvallend is dat de invloed van de koude tot vrij ver boven de injectiefilters reikt (15 m diepte).

### Informatie

Meer informatie over dit project is te vinden op [www.fomebes.nl](http://www.fomebes.nl). Wie op de hoogte wil blijven van actuele ontwikkelingen en projectresultaten kan zich op de website aanmelden voor de nieuwsbrief. Over ongeveer een half jaar zal een volgend artikel met meer projectresultaten van FOME-BES verschijnen in VV+. <<

### Bronnen en verwijzingen

1. tki EnerGO (onderdeel Topsector Energie) heeft als doel: innovatie versnellen voor de ontwikkeling en toepassing van energiebesparing en duurzame energie opwekking in de gebouwde omgeving in Nederland en de toegevoegde waarde voor de Nederlandse economie zo groot mogelijk maken. Zie ook: [www.tki-energo.nl/](http://www.tki-energo.nl/).
2. Brown G., 'Downhole temperatures from optical fiber', Oilfield Review winter 2008/2009, no 4, Schlumberger, 2009.