

## **Geothermie en stimuleren**

### **Waarom gebruiken we geothermie?**

In onze ondergrond neemt de temperatuur per kilometer diepte toe met ruim 30°C. Zo is het op één kilometer diepte ongeveer 40°C en op twee kilometer diepte ongeveer 70°C. Deze (duurzame) warmte wordt in Nederland meer en meer gebruikt voor de verwarming van kassen, gebouwen en huizen. Geothermie (of 'aardwarmte') is hiermee net als bijvoorbeeld biomassa, opslag van warmte en zonneboilers één van de manieren om de warmtevoorziening in Nederland duurzamer te maken.

Geothermie maakt gebruik van het in de diepe ondergrond aanwezige warme water. Het warme water komt met hulp van pompen via een *productieput* naar boven en gaat door een warmtewisselaar, die het koude water uit de bovengrondse verwarmingsbuizen op temperatuur brengt. Het afgekoelde grondwater gaat via een *injectieput* weer terug in de aardlaag (reservoir) waar het vandaan kwam. Beide putten samen heten een *doublet*.

### **Wat is stimuleren?**

*Hydraulisch stimuleren* (hydraulisch fracken) maakt haarscheurtjes in het gesteente van de aardlaag waar de warmte zit. Dit verbetert de doorlatendheid en maakt zo het gesteente beter geschikt om het warme water door te laten. Naast hydraulisch stimuleren bestaan *thermisch stimuleren* (ook door injectie van kouder water ontstaan scheurtjes die de doorlatendheid verbeteren) en *chemisch stimuleren* (een deel van het gesteente onderin de put poreuzer maken door bijvoorbeeld kalksteen op te lossen).

### **Waarom kan stimuleren nodig zijn?**

De reservoirkwaliteit van de huidige doubletten in Nederland is goed genoeg om voldoende water te kunnen produceren en injecteren. Deze zijn dan ook niet gestimuleerd. De reservoirkwaliteit (met name de doorlatendheid) neemt echter in de regel af met de diepte. Wanneer in de toekomst mogelijk warmere en dus diepere reservoirs aangeboord worden is het misschien noodzakelijk de reservoirkwaliteit te verbeteren door stimulatie.

### **Hoe gaat het stimuleren in zijn werk?**

Bij het stimuleren perst een gespecialiseerd bedrijf onder druk vloeistof via de put in het gesteente, zodat er haarscheuren (fracks) ontstaan of al aanwezige (natuurlijke) haarscheuren open gaan. Water kan dan makkelijker naar de productieput stromen, of vanuit de injectieput het reservoir in.

De behandeling is afhankelijk van de ondergrond, maar bestaat altijd uit de volgende stappen:

1. Men maakt onderin de put gaten in de filterbuis (die al wel kleine openingen bevat) en in het omringende gesteente.
2. Vloeistof (water en toevoegingen, zie verderop voor de samenstelling) wordt onder druk in het gesteente geperst om nieuwe haarscheuren te vormen, of bestaande scheuren te openen. Er kan ook zuur aan het water worden toegevoegd om een deel van het gesteente op te lossen.
3. Eventueel wordt tot 10% zand of keramische korrels ('proppant') bij de vloeistof gemengd.
4. De vloeistof wordt voor zover mogelijk uit de put teruggepompt. De vloeistof gaat naar een verwerkingsbedrijf. Het zand of de keramische korrels blijven achter om de scheuren open te houden.

De eigenschappen van het gesteente (diepte/druk, fysische en chemische eigenschappen) bepalen de precieze behandeling en samenstelling van de vloeistof.

De ondergrond staat onder spanning van boven- en omliggende gesteenten, en soms door natuurlijke ('tektonische') bewegingen. Door de spanningsverdeling (horizontaal en verticaal) te bestuderen en de behandeling hierop aan te passen zijn het ontstaan, de groei en de richting van de fracks te bepalen. De kennis van de spanningstoestand in de

ondergrond en van veranderingen daarin door de werkzaamheden bepalen zo de beste werkwijze.

### ***Waaruit bestaat de gebruikte vloeistof?***

In de meeste gevallen worden voor het boren en fracken voor schaliegaswinning dezelfde vloeistoffen gebruikt als voor het boren naar conventioneel gas (zie bijvoorbeeld Witteveen+Bos 2013), hoewel de optimale samenstelling van de chemicaliën in een frackvloeistof kan verschillen afhankelijk van de lokale geologie en eigenschappen van het reservoirgesteente. Zo zullen sommige haarscheuren uit zichzelf open blijven. Andere hebben proppants nodig om na de behandeling open te blijven en het water te blijven doorlaten.

De hoofdbestanddelen zijn water (>90%), zand of keramische korrels (0-10%) en chemicaliën (1-2%). De chemicaliën zijn nodig om wrijving te verminderen en om bacteriegroei en aantasting van de putbuizen tegen te gaan. In de bijlage is een overzicht opgenomen van de eigenschappen en functies van de mogelijk gebruikte chemicaliën.

### ***Wat zijn de (mogelijke) schadelijke effecten van de vloeistof in de bodem?***

Een klein deel van de vloeistof blijft achter in de bodem. De behandeling is zo ontworpen dat de haarscheuren binnen de desbetreffende aardlaag blijven. In de praktijk kan het gebeuren dat ook in de bovenliggende aardlaag enige haarscheuren komen. De hoogte daarvan zal beperkt zijn tot maximaal enkele meters. De effecten zijn dus altijd tot die dieptes beperkt.

### ***Ervaring met stimuleren***

Sinds 1970 is in Nederland en internationaal veel ervaring opgedaan met het stimuleren voor olie- en gaswinning in verschillende soorten gesteente. In Nederland zijn tot dusverre meer dan 250 putten gestimuleerd, met in totaal 338 fracks. De toezichthouder (het Staatstoezicht op de Mijnen SodM) heeft in een onderzoek in 2016 aangegeven dat er hierbij voor zover hen bekend geen nadelige effecten voor mens en milieu zijn opgetreden.

### ***Stimulatie bij (schalie)gaswinning in vergelijking met geothermie***

Het doel van stimulatie is in beide gevallen het vergemakkelijken van de stroming van een vloeistof (olie, gas of water) door het reservoir naar de productieput. In het geval van geothermie betreft dit ook de stroming vanuit de injectieput het reservoir in. Verdere verschillen zijn:

- Bij geothermie bevindt het water zich in gesteente dat enigszins poreus en doorlatend is. Schaliegas zit (per definitie) in kleisteen, een type gesteente dat veel slechter doorlatend (impermeabel) is. Voor de laatste zijn dus altijd meer en grotere fracks vereist.
- De frack-lengte bij geothermie is 10 – 300 meter (bijvoorbeeld 180 m in Groß Schönebeck – zie Urpi et al. 2011), bij schaliegas typisch 500 meter of meer.
- De hoeveelheid frackvloeistof per frack is bij geothermie 500 m<sup>3</sup> of minder (zie ook het voorbeeld uit Duitsland verderop in deze notitie). Bij schaliegas is dit 2.500 m<sup>3</sup> of meer.
- De hoeveelheid fracks per geothermieput is typisch 1 of 2 (als er al gefrackt wordt). Bij schaliegas is dit gemiddeld tien tot twintig (maximaal 59 in het Bakken reservoirgesteente in Amerika). In de laatste tien jaar is er trend van een toenemend aantal fracks per put (EPA 2016).
- Bij gaswinning wordt gas uit het gesteente gehaald waardoor de druk in het reservoir daalt. Bij geothermie wordt het water na afkoeling weer terug in het gesteente gepompt, waardoor de druk op peil blijft en het gesteente zich niet makkelijk weer 'sluit'. Fracken is daardoor voor geothermie effectiever dan voor andere toepassingen.

## ***Wat zijn de risico's?***

Het Staatstoezicht op de Mijnen heeft in een onderzoek in 2016 de volgende risico's genoemd:

<p>1. <i>Breuken in de buizen van de put (zodat lekkage op kan treden naar voor drinkwater geschikte lagen)</i></p>	<p>Boringen in/ rond drinkwaterwinningsgebieden vinden sowieso niet plaats. Dit lekrisico wordt verder verminderd door de put te scheiden van de gesteentelagen waar deze doorheen gaat met een stalen verbuizing en een cementlaag. In het ondiepere deel zijn dit zelfs meerdere lagen staal en cement. De toestand van de buizen wordt gemonitord. Met de drinkwatersector is overleg gaande over de wijze en frequentie van deze monitoring.</p>
<p>2. <i>Lekkage van frackvloeistof via de buitenkant van de buizen naar boven toe (zodat eveneens lekkage op kan treden naar voor drinkwater geschikte lagen)</i></p>	<p>een frack groeit in de richting van de geringste tegendruk, en dat is op de diepte van de geothermie-reservoirs altijd verticaal. De afstand tussen de geothermie-reservoirs en de ondiepe aquifers is groot (meer dan een kilometer). Bij het ontwerp houdt men rekening met de sterkte van de bovenliggende lagen, om breuken te genereren die tot het reservoir beperkt blijven (m.a.w. ze stoppen bij de afsluitende laag).</p>
<p>3. <i>Optreden van al dan niet aan de oppervlakte voelbare aardbevingen (geïnduceerde seismiciteit)</i></p>	<p>Geïnduceerde seismiciteit bij hydraulische stimulatie en aardbevingen bij gaswinning zijn verschillend. Het gewonnen water wordt na afkoeling immers weer geïnjecteerd. Hierdoor blijft de druk in het reservoir op peil. Kleine trillingen treden bij geothermie wél op. Deze trillingen zijn met gespecialiseerde apparatuur wel meetbaar, maar voor mensen niet voelbaar aan het aardoppervlak. Wanneer de put zich bevindt in de buurt van grotere natuurlijke breuksystemen kunnen vóelbare aardbevingen plaatsvinden. Hoewel in Nederland de kans op bevingen klein is, stelt de toezichthouder eisen aan de minimale afstand tot breuken, waardoor risico's (en effecten) verder verminderen. De effecten aan het aardoppervlak hangen vooral af van de diepte van de beving en de eigenschappen van de (ondiepe) bodem.</p>
<p>4. <i>Ongewenste geochemische interactie met het reservoirgesteente</i></p>	<p>Bij hydraulisch stimuleren kán de gebruikte vloeistof onbedoeld chemisch reageren met het gesteente. Dit vermindert de effectiviteit van de frack en leidt tot achterblijven van (hoofdzakelijk) zouten in het gesteente. Milieueffecten zijn er niet. De teruggepompte vloeistof, met het grootste deel van de eventuele reactieproducten, gaat naar een verwerker. Bovendien wordt de frackvloeistof zó samengesteld dat de kans dat dergelijke reacties optreden klein is. Bij chemisch stimuleren is geochemische interactie het dóel.</p>
<p>5. <i>Blootstelling aan chemicaliën door bedienend personeel of anderen.</i></p>	<p>De ARBO-wetgeving stelt eisen aan het omgaan met chemicaliën. Goede bedienings- en verbeterprocedures zijn onderdeel van verantwoorde werkwijzen en helpen ongelukken te voorkómen.</p>

## **Maatwerk en voorbereiding**

Om verantwoord te werken is maatwerk nodig en een goed projectplan. Conform de mijnbouwwet dient elke vergunninghouder te berekenen en aan de toezichthouder SodM aan te geven hoe men de risico's beheersbaar houdt. Eventueel door het nemen van maatregelen vooraf of tijdens projectrealisatie.

Voorbeelden:

- het plannen van boringen en fracken op veilige afstand van grote natuurlijke breuken;
- het modelleren van de verwachte veranderingen in de ondergrond;
- het monitoren van trillingen en andere relevante parameters;
- het monitoren van de (watersamenstelling en drukken et cetera) in de boorput.

## **Referenties**

Bachman C.E., Wiemer S, Woessnet J & Hainzl S. (2011). Statistical analysis of the induced Basel 2006 earthquake sequence: introducing a probability-based monitoring approach for Enhanced Geothermal Systems. *Geophys J Int* (2011) 186 (2): 793-807.

EGEC: Fact sheet on enhanced geothermal systems: why it is different to shale gas

EPA (2016) Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States. Report No. EPA/600/R-16/236Fa, U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency), Office of Research and Development, Washington, DC, 666 p.

NOGEPa (2013). Fact sheet: fracking nader toegelicht.

Witteveen+Bos (2013): Aanvullend onderzoek naar de mogelijke risico's en gevolgen van de opsporing en winning van schalie- en steenkoolgas in Nederland.

SODM (2016): Resultaten inventarisatie fracking. De toepassing van fracking, de mogelijke consequenties en de beoordeling daarvan.

TNO (2015): Inventarisatie van technologieën en ontwikkelingen voor het verminderen van (rest)risico's bij schaliegaswinning

TNO (2015): Hydraulisch fracken bij ultradiepe geothermie

TNO (2016): Thermal fracturing due to low injection temperatures in geothermal doublets  
Urpi L., Zimmermann G., Blöcher G., Kwiatak G. (2011). Microseismicity at Groß Schönebeck - a case review. *PROCEEDINGS, Thirty-Sixth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 31 - February 2, 2011 SGP-TR-191*

Van Wees et al. (2014). Geomechanics response and induced seismicity during gas field depletion in the Netherlands.

**Stichting Platform Geothermie – september 2019**

## ***Bijlage 1: Overzicht chemicaliën***

Karakterisering	Voorbeelden van toegepaste chemische stoffen	Functie
opvulmiddel	zand (proppant)	Voorkomt het sluiten van de gemaakte openingen en houdt zo de verbeterde waterstroom in stand
gel-polymeren	natuurlijke organische macromoleculen (Guar-gum)	Voor een goed transport van het zand het gesteente in; Ook gebruikt als verdikkingsmiddel en stabilisator in de voedingsmiddelenindustrie
gel stabilisatoren	natriumchloride (keukenzout)	Houdt de gel in stand
biociden	glutaaraldehyde	Voorkomt groei van bacteriën. Ook gebruikt als looimiddel.
gel brekers	zuren en/of oxidatiemiddelen	Verlaagt de viscositeit van de vloeistoffen zodat deze, na afzetting van het opvulmiddel zand, weer omhoog te pompen zijn
viscosifiers	boraatzouten	Houdt de viscositeit bij veranderende temperaturen in stand
zuren (ijzeroxide controllers)	citroenzuur of mierenzuur	Voorkomt neerslagen (metaaloxiden) en het oplossen van mineralen, Ook gebruikt als zuurteregelaar of conserveermiddel in de voedingsmiddelenindustrie.
fluid-loss-additieven	zand/leem	Voorkomt eventuele verliezen naar het gesteente
smeermiddelen	polymeren, polyacrylamiden	Verlaagt de wrijving tijdens het pompen van de vloeistoffen. Ook gebruikt voor fabricage van contactlenzen, verdikkingsmiddel en als opvulmiddel voor plastische chirurgie.
surfactant / oppervlakte-spanningsverlagere	isopropanol (secondaire alcohol)	Zorgt voor een zo laag mogelijke oppervlaktetension tussen het gesteente en de vloeistof, zorgt ervoor dat de weerstand voor het inpompen en weer uitstromen zo gunstig mogelijk is. Ook gebruikt als ontsmettingsmiddel in de gezondheidszorg en als oplosmiddel voor het schoonmaken van brillenglazen
zuurgraad (pH) stabilisatoren	natriumcarbonaat (soda) / kaliumcarbonaat	Houdt een juiste zuurgraad in stand (buffering). Ook gebruikt in bakpoeder (E500, E501)

Tabel 1 Overzicht van voor stimulatie gebruikte chemicaliën (bron: NOGEPa 2013, SodM 2016, TNO 2015)

## ***Bijlage 2: Stimulatie in Duitsland en Zwitserland***

Nederland heeft momenteel geen geothermische systemen die hydraulisch gestimuleerd zijn. Twee gevallen van buitenlandse systemen waarbij dit wel is gebeurd zijn Groß Schönebeck in Duitsland en Basel in Zwitserland.

### ***Groß Schönebeck, Duitsland***

Het doublet bij Groß Schönebeck, op een diepte van vier kilometer, is in 2007 gestimuleerd. De temperatuur van het gesteente is circa 150°C. Het reservoir is ongeveer 80 meter dik en bestaat uit zandsteen. Hetzelfde soort zandsteen is aanwezig in Nederlandse ondergrond. Dit project is geologisch goed vergelijkbaar met de Nederlandse situatie. 280 kubieke meter frackvloeistof en ongeveer 95 ton keramische korrels (proppant) zijn geïnjecteerd. De gemaakte fracks zijn volgens de berekeningen circa 100 meter hoog en 100 meter lang, met een opening van 5 tot 10 mm. De energieopbrengst was na de behandeling ongeveer vijfmaal zo hoog als daarvoor. Er hebben zich geen door mensen voelbare aardbevingen voorgedaan.

### ***Basel, Zwitserland***

Het doublet bij Basel, op een diepte van ongeveer 4700 meter, is in 2006 gestimuleerd. Het gesteente op deze diepte is graniet of vergelijkbaar gesteente. De temperatuur is circa 190°C. In totaal is hier 11.570 kubieke meter rivierwater uit de Rijn, zonder zand of keramische korrels geïnjecteerd, met een snelheid tot boven 50 liter/seconde (Bachmann et al 2011)<sup>1</sup>. Voor het stimuleren van het soort gesteente dat daar aanwezig is, is het openen van bestaande breuken belangrijker dan het maken van nieuwe fracks. Hierbij zijn aardbevingen (met een maximum van 3,4 op de Richter-schaal) opgetreden die schade aan gebouwen hebben toegebracht. Deze zijn onder andere veroorzaakt door de lokale natuurlijke spanningstoestand (nabij de Alpen), de grote hoeveelheid water die op één plek in de put onder hoge druk geïnjecteerd is en het type gesteente. Aangezien deze lokale geologische omstandigheden sterk verschillen met de Nederlandse ondergrond is dit project niet vergelijkbaar met de Nederlandse situatie. De meeste breuken in Nederland staan niet of onder veel minder spanning, in tegenstelling tot die in Zwitserland. Dit is een seismisch zeer actief gebied waar jaarlijks vele (kleinere) bevingen optreden.

Vooraf dankzij dit project is belangrijke ervaring opgedaan over de noodzakelijke maatregelen om seismische risico's te beperken. Zo is de seismiciteit te monitoren met een stoplicht-systeem. Dit houdt in dat men stopt met de werkzaamheden wanneer het aantal of de intensiteit van de trillingen te zeer toenemen. In Basel schoot dit systeem nog duidelijk tekort. Na het Basel-incident wordt de seismiciteit in Nederland standaard gemonitord. Ook wordt een aangepast stoplichtsysteem gebruikt.

---

<sup>1</sup> Een debiet van 50 liter/seconde (180 m<sup>3</sup>/uur) is niet uitzonderlijk veel voor een conventioneel doublet. Bij deze snelheid wordt in 64 uur 11.570 m<sup>3</sup> geïnjecteerd.