

KEM-06 Risicobeoordeling voor UDG en EGS, een inventarisatie van preventieve en mitigerende maatregelen

MANAGEMENT SAMENVATTING

In dit onderzoeksrapport worden de resultaten van het onderzoeksproject 'Risicobeoordeling voor UDG en EGS, en een inventarisatie van preventieve en mitigerende maatregelen' (KEM-06) gepresenteerd. Het onderzoek maakt deel uit van het Kennisprogramma Effecten Mijnbouw en is geschreven in opdracht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). Het onderzoeksrapport is gezamenlijk opgesteld door Witteveen + Bos, VITO, TU Delft, Q-Con en Newell.

Achtergrond

Ultradiepe geothermie (UDG) en enhanced geothermal systems (EGS)

In Nederland worden geothermie systemen op een diepte groter dan 4 km als ultradiepe beschouwd. Temperaturen op deze dieptes kunnen variëren van 120 tot 250 °C. Op deze dieptes kan het nodig zijn om EGS, gestimuleerde geothermie systemen, toe te passen. Dit zijn stimulatiemethoden om de permeabiliteit van het reservoir te verbeteren. Dit kan nodig zijn omdat de permeabiliteit de neiging heeft af te nemen met toenemende diepte (door toenemend gewicht en bijbehorende druk van het bovenliggende gesteentepakket). Temperaturen dieper dan 4 km zijn hoog genoeg om elektriciteit op te wekken. Echter, het doel van de meeste UDG-initiatieven in Nederland is het produceren van warmte voor industriële processen.

Ultradiepe geothermie in Nederland

De Nederlandse samenleving staat voor een grote uitdaging bij de verduurzaming van de energievoorziening. Ultradiepe geothermie met de inzet van enhanced geothermal systems wordt gestimuleerd als een van de bronnen van duurzame warmte door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en Energie Beheer Nederland (EBN). In juni 2017 is de 'Green Deal' getekend tussen EZK, zeven consortia, EBN en de Nederlandse Geologische Dienst (TNO) teneinde meer kennis over UDG te verkrijgen en pilotprojecten te realiseren. Deze proefprojecten bevinden zich veelal nog in een haalbaarheidsfase.

In Nederland is er geen ervaring met UDG en EGS. Voor UDG en EGS is momenteel geen risico-inventarisatie beschikbaar, de Mijnbouwwet is nog niet toegerust voor deze projecten en er is in het algemeen beperkte kennis van de diepere ondergrond. Er is wel internationale ervaring met UDG en EGS of HPHT-boringen in de olie- en gasindustrie. De ervaring uit België en Duitsland waar hetzelfde geothermische reservoir (het Dinantien) wordt beoogd als in Nederland, is relevant voor Nederland.

Scope van het onderzoek

Het onderzoek 'Risk assessment for UDG and EGS, and an inventory of preventive and mitigating measures (KEM-06)' geeft een overzicht van gezondheids-, veiligheids- en milieurisico's van UDG en EGS in Nederland. Zowel bovengrondse als ondergrondse risico's zijn behandeld, met een focus op ondergrondse risico's in de Nederlandse geologische, technologische en seismo-tektonische context. Bovengrondse risico's zijn verbonden aan de bovengrondse installaties van de aardwarmteproductie (puthoofd, ontgasser, filters, warmtewisselaars, pompen). Alle geïdentificeerde risico's zijn met behulp van een 'bow-tie'-analyse vertaald in een classificatieschema dat een projectspecifieke 'quick scan'-risicobeoordeling mogelijk maakt die helpt bij het identificeren van mitigerende maatregelen.

De evaluatie van economische risico's, reputatieschade of risico's van acceptatie door het publiek zijn niet meegenomen, evenals risico's die verbonden zijn aan warmtedistributienetten of geothermische energie centrales. De risico's van UDG en EGS zijn geïnventariseerd voor alle fasen in een geothermie project, behalve voor de laatste fase: verlaten en opruimen. De studie gaat in op de additionele of verhoogde risico's in vergelijking met de reeds bekende risico's van conventionele geothermieprojecten (ondieper dan 4 km en zonder EGS), die al in Nederland worden uitgevoerd. Het risico-overzicht kan worden gebruikt om strategieën te ontwikkelen voor risicobeheer en risicobeperking. Het rapport is bedoeld om Staatstoezicht op de Mijnen te ondersteunen in hun adviserende rol aan het ministerie van Economische Zaken en Klimaat over aspecten van veiligheid, gezondheid en milieueffecten bij aardwarmteontwikkelingen.

Aanpak van het onderzoek

Omdat er in Nederland geen praktijkervaring is met UDG en EGS op basis waarvan risico's kunnen worden geïdentificeerd of bekend zijn, heeft een internationaal team van experts op het gebied van boren, stimuleren, testen, opereren en geïnduceerde seismiciteit kennis uit de literatuur uit binnen- en buitenland gecombineerd met hun eigen ervaring en vertaald naar de situatie in Nederland. Op basis van literatuur en gevaren identificatie (HAZID) sessies identificeerden experts van binnen en buiten het projectteam de belangrijkste risico's. Deze geïdentificeerde zogenaamde topgebeurtenissen zijn gerangschikt en de gebeurtenissen met de grootste impact op gezondheid, veiligheid en milieu zijn uitgewerkt als bow-tie diagrammen.

Resultaten van het onderzoek

Risico-inventarisatie

In de tabel staan de belangrijkste risico's voor UDG en EGS in Nederland. Deze zijn beschreven als bedreigingen, gevolgen en mitigerende maatregelen volgens de bow-tie methodiek. De lijst met risicoreducerende maatregelen is niet volledig. Maatregelen kunnen variëren in effectiviteit en kosten en kunnen wijzigen door groeiende kennis en innovaties. In deze studie komt de effectiviteit van mitigerende en preventieve maatregelen aan de orde, evenals resterende risico's. Of een maatregel kosteneffectief is, moet voor elk project afzonderlijk worden beoordeeld aan de hand van het As-low-as-reasonably-practicable (ALARP) principe; daarbij rekening houdend met de aanvaardbaarheid van de resterende risico's.

De top 11 risico's bevatten 3 risico's die verband houden met geïnduceerde seismiciteit. De 8 andere hebben betrekking op boren, testen, stimuleren en produceren. In Nederland ligt het potentiële risico van seismiciteit gevoelig, maar het is van cruciaal belang voor uitvoerders om een 'social licence-to-operate' te verkrijgen. Of en in welke mate het potentiële risico van schade aanvaardbaar is, is aan de toezichthouder en de samenleving om te beslissen en moet zorgvuldig worden geëvalueerd.

Overzicht risico's (topgebeurtenissen) voor UDG en EGS in Nederland. De rangschikking, gebaseerd op mate van impact en waarschijnlijkheid, is generiek, dus niet projectspecifiek.

Rang	Top gebeurtenis	Uitleg van het risico
1	Verlies van putcontrole resulterend in blow-out (intern of extern)	Verlies van putcontrole tijdens het boren als gevolg van plotselinge drukverhoging met daarbij ongecontroleerd vrijkomen van vloeistoffen en/of stoom uit een put.
2	Integriteitsverlies van put- en oppervlaktesfaciliteiten die impact hebben op mens en milieu	Processen zoals corrosie kunnen integriteitsverlies veroorzaken. Gevaarlijke vloeistof onder druk (oververhit water) dat snel in stoom uitzet, kan naar de ondergrond lekken of naar de oppervlakte migreren en ontsnappen. Dit kan leiden tot grondwaterverontreiniging en verwondingen.

3	Personeel blootgesteld aan gevaarlijke situatie (impact interne faciliteit)	UDG-booroperaties brengen een hoger risico op verwondingen, bedwelming of blootstelling aan straling voor het personeel met zich mee.
4	Lekkage of morsen, wat de bovengrondse en ondergrondse omgeving aantast	Boorvloeistoffen zoals opgeslagen additieven, afvalvloeistoffen en boorspoeling kunnen naar de ondergrond lekken. Dit kan leiden tot verontreiniging van grond- of oppervlaktewater.
5, 7, 9	Aardbeving (matige, kleine of gevoelde aardbeving)	Het voorkomen van aardbevingen als gevolg van injectie van koude vloeistoffen of toename van stress, vooral nabij breuken, verlies van sterkte van breuk/zwakke zones.
6	Ongecontroleerde uitstroom van gevaarlijke geproduceerde vloeistof/stoom	De putproef zal waarschijnlijk grote hoeveelheden oververhit water produceren die snel uitzetten in stoom, wat het risico op verwondingen met zich meebrengt. Tijdens het afvoeren van testvloeistof kunnen vloeistoffen lekken. Dit kan leiden tot verontreiniging van grond- of oppervlaktewater.
8	Radioactiviteit in systeem	Natuurlijk voorkomend radioactief materiaal (NORM) in formatievloeistoffen of boorgruis, vorming van minerale neerslag (scale).
10	Lekkage/morsen heeft gevolgen voor het milieu en het personeel ter plaatse	Stimulatievloeistoffen (EGS) die remmers of biociden bevatten, kunnen lekken. Dit kan leiden tot verontreiniging van grond- of oppervlaktewater. Tijdelijk leidingwerk en de toegepaste hoge drukken vergroten het risico op verwondingen als gevolg van een hogedruk incident.
11	Uitstroom van giftig, brandbaar, corrosief of radioactief gas buiten het systeem	Giftige gassen of grote hoeveelheden gassen kunnen onverwachts vrijkomen tijdens het testen (aardgas, H ₂ S, CO ₂).
12	Overlast	Geluids- en lichtvervuiling door boorpraktijken en verkeer.
13	Ongewenste verdeling van hete stoom mogelijk gecombineerd met vorming van mist / ijsvorming tijdens het testen	Het vrijkomen van stoom kan omgevingsoverlast veroorzaken in de vorm van mistvorming of ijsvorming op nabij gelegen wegen.
14	Ontgassen	Opgelost gas in formatiewater komt vrij als de druk afneemt.
15	Warmtestraling uit put	De temperatuur rond de put kan oplopen, waardoor het grondwater wordt opgewarmd.
16	Hete oppervlakken in oppervlaktefaciliteiten	Personeel kan brandwonden of verwondingen oplopen.

Risicoclassificatie

De rangschikking van gebeurtenissen is gebaseerd op de generieke impact op gezondheid, veiligheid en milieu. Project specifieke kenmerken, zoals vloeistofchemie, druk en temperatuur, kunnen leiden tot een andere rangorde per project. Ook de ervaring van de uitvoerder, de voorbereidingstijd van het project en de beschikbaarheid van ondergrondse informatie zijn projectspecifiek en beïnvloeden de waarschijnlijkheid en impact van de gebeurtenissen.

In dit project is een classificatieschema ontwikkeld om projectontwikkelaars en SodM in staat te stellen de projectspecifieke risico's en mogelijke risicobeperkende maatregelen te identificeren en te bepalen voor welke risico's verdere gedetailleerde risicobeoordelingen nodig zijn. Dit classificatieschema maakt gebruik van een databasestructuur, die project- en locatiespecifieke parameters met elkaar kan combineren om de waarschijnlijkheid van bedreigingen te bepalen en impact en effectiviteit toekent aan gevolgen en beperkende maatregelen. Voor risico's met betrekking tot boren, testen, stimulatie en productie zijn de belangrijkste parameters druk, temperatuur, vloeistofchemie, natuurlijk voorkomend radioactief materiaal (NORM) in het formatiewater, minerale neerslag (scale) of deeltjes, en ervaring van het personeel.

De seismische risicoanalyse en rangschikking gebeurt met een quickscan op basis van andere locatiespecifieke parameters, zoals afstand tot breuken, volume geïnjecteerde vloeistoffen en aanwezigheid van bestaande seismiciteit. De database is gevuld met parameters en factoren op basis van expertbeoordelingen; het classificatiesysteem werd getest op één analoge UDG-site in België (Balmatt). Waar nodig en passend kunnen aanvullingen of wijzigingen in het classificatieschema worden aangebracht.

Aanbevelingen

Het geïdentificeerde risico en het classificatieschema zouden door zowel de UDG/EGS-toezichthouder als de uitvoerders gebruikt moeten worden als een checklist en methodologie voor de risicobeheerstrategie van het project. De UDG/EGS-uitvoerder blijft echter verantwoordelijk om zijn eigen beoordeling uit te voeren en de voorgestelde maatregelen en bedreigingen kritisch te evalueren.

Om de gepresenteerde methodologie te verbeteren, wordt het volgende aanbevolen:

- De geïdentificeerde risico's, inclusief gedefinieerde bedreigingen, gevolgen en mitigerende maatregelen, moeten met zorg worden beheerd en opnieuw worden geëvalueerd en bijgewerkt met de ervaring van feitelijke UDG/EGS-projecten. Het wordt aanbevolen om een database te ontwikkelen waarin statistieken kunnen worden verzameld om het gepresenteerde classificatieschema bij te werken en te verbeteren.
- In deze studie zijn 16 risico's geïdentificeerd waarvan de belangrijkste 11 topgebeurtenissen in detail zijn geanalyseerd met behulp van de bow-tie analyse en verwerkt in het classificatieschema en de database. De 5 overige risico's zijn niet uitgewerkt in bow-tie diagrammen vanwege de beperkingen van de projectomvang. Het verdient aanbeveling om ook de overige risico's met de bow-tie methode uit te werken en het resultaat te implementeren in het classificatieschema/database.
- Bepaal in hoeverre potentieel risico op schade acceptabel is of niet en neem dit op in het raamwerk om zo meer duidelijkheid te geven aan ontwikkelaars en de samenleving.

Door de onzekerheden in kennis van de diepere ondergrond en het gebrek aan ervaring met UDG/EGS kunnen de daadwerkelijke risico's afwijken. Met name de volgende onderwerpen vereisen nader onderzoek:

- Data-acquisitie over ondergrondse karakteristieken van initiële spanningstoestand, doorlaatbaarheid van beoogde geologische formaties of structuren, (over) druk, temperatuur, formatie water/gas chemie, historische/achtergrond seismiciteit.
- Aanvullend onderzoek naar effecten van:
 - Druk, temperatuur en chemische veranderingen op de stresscondities van breuken.
 - De impact van druk, temperatuur en chemische veranderingen op de integriteit van de putten en oppervlakteproductiefaciliteiten.
 - Lekkage van de geothermische bron naar de omgeving (locatie specifieke, lokale omstandigheden).
 - Thermische straling (locatie specifieke, lokale omstandigheden).
 - NORM op radioactiviteitsniveaus van minerale neerslag (scale), filters en slib.
- Ontwikkeling van maatregelen en protocollen voor:
 - Behandeling van NORM-bevattend formatiewater en gassen.
 - Haalbaarheid van herinjectie van niet-condenseerbaar gas; verbeterd protocol om bubbelpunt te definiëren.

Voor conventionele geothermieprojecten is er geen classificatieschema beschikbaar. Om een consistent advies te geven aan zowel conventionele geothermie- als UDG/EGS-projecten, wordt aanbevolen om de risicobeoordeling en het afgeleide classificatieschema uit te breiden naar conventionele geothermische projecten, met behulp van een vergelijkbare benadering als in deze studie.