

**Voorstel voor een seismische gevaren- en risicoanalyse
voor geothermische projecten in Nederland**

Uitgebreide Nederlandse Samenvatting

Raport titel: Voorstel voor een seismische gevaren- en risicoanalyse voor geothermische projecten in Nederland - Uitgebreide Nederlandse Samenvatting

Door: Stefan Baisch¹, Christopher Koch¹, Henrik Stang¹, Bas Pittens², Benno Drijver², Nick Buik²



Datum: 06.10.2016

Project: KennisAgenda - Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal projects

In opdracht van: KennisAgenda Aardwarmte is gesubsidieerd door het Ministerie van Economische Zaken, LTO Glaskracht Nederland en het programma "Kas als Energiebron".



Versie:

161006

¹Q-con GmbH, Marktstrasse 39, 76887 Bad Bergzabern, Duitsland

²IF Technology B.V., Velperweg 37, 6824 BE Arnhem, Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
1.1 Aanleiding van het onderzoek.....	4
1.2 Onderzoek in het kader van de Kennisagenda Aardwarmte	4
1.3 Opbouw van deze rapportage	4
1.4 Ondersteund door KennisAgenda Aardwarmte	5
2 Geïnduceerde seismiciteit in Nederland	6
3 Methodiek voor seismische risicoanalyse	7
3.1 Stappenmethode	7
3.2 Stap 1 – Quick Scan	9
3.3 Stap 2 – Kwalitatieve risicoanalyse en beheersmaatregelen	12
3.4 Stap 3 – Kwantitatieve risico analyse.....	13
4 Monitoring	15
5 Algemene beschouwing	16

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding van het onderzoek

Het toepassen van geothermie is, zowel nationaal als internationaal, één van de mogelijkheden om (een deel van) de doelstellingen op het gebied van duurzame energie te realiseren. Bij geothermie (ook wel aardwarmte genoemd) wordt warm water opgepompt van minimaal 500 meter diepte en gebruikt voor verwarming van bijvoorbeeld glastuinbouwbedrijven of woningen. In Nederland maakt men sinds 2008 gebruik van geothermie. Sindsdien is het aantal geothermiesystemen geleidelijk toegenomen (13 projecten in 2016).

Sommige geothermische systemen kunnen evenwel seismiciteit veroorzaken (aardbevingen en/of trillingen). Dit wordt ook wel geïnduceerde seismiciteit genoemd, in tegenstelling tot natuurlijke seismiciteit. Veel geothermische installaties over de wereld produceren al sinds tientallen jaren zonder voelbare seismiciteit. In een aantal gevallen echter zijn, door geothermie ontstane, voelbare aardbevingen ontstaan. Het meest bekende voorbeeld is de de seismiciteit die is ontstaan onder de stad Basel in Zwitserland. Hierbij is aan gebouwen geringe maar tamelijk breed verspreide schade ontstaan. Hoewel de geologie in Nederland essentieel anders is dan in Zwitserland is het ook in de Nederlandse situatie van belang de kans op seismiciteit en de (mogelijke) effecten te minimaliseren. Dit onderzoek gaat hierop in.

1.2 Onderzoek in het kader van de Kennisagenda Aardwarmte

Voor de geothermiesector is het van belang om geïnduceerde seismiciteit op eenduidige wijze te benaderen en analyseren. Een goed gedefinieerde methode is vereist om de kansen op geïnduceerde seismiciteit te analyseren vóór en gedurende de ontwikkeling van een geothermisch project. Deze methode dient aan te sluiten bij de wetgeving, ondersteund te worden door de geothermische sector en geaccepteerd door het publiek. In het kader van de “Kennisagenda Aardwarmte” hebben Q-con en IF Technology een voorstel gemaakt van protocol voor het analyseren van en omgaan met mogelijk geïnduceerde seismiciteit bij geothermieprojecten in Nederland.

1.3 Opbouw van deze rapportage

In deze rapportage zijn aanbevelingen opgenomen voor richtlijnen ten aanzien van een gevaren- en risicoanalyse op geïnduceerde seismiciteit bij dergelijke activiteiten. De richtlijnen bevatten drie stappen, die in deze rapportage zijn toegelicht. De achtergronden, nadere technische uitwerkingen en referenties die ten grondslag liggen aan deze aanbevelingen zijn opgenomen in het uitgebreide technische rapport: “Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1 - Technical Report” (Engelstalig).

1.4 Ondersteund door KennisAgenda Aardwarmte

Dit onderzoek is gesubsidieerd door KennisAgenda Aardwarmte, een Nederlandse onderzoeksagenda voor geothermische projecten. De KennisAgenda-financiers zijn het Ministerie van Economische Zaken, LTO Glaskracht en het programma “Kas als Energiebron”.

2 GEÏNDUCEERDE SEISMICITEIT IN NEDERLAND

In Nederland is geïnduceerde seismiciteit vooral bekend vanwege de aardbevingen die gerelateerd zijn aan het Groningen gasveld. Door het winnen van grote hoeveelheden aardgas treden in het reservoir sterke drukdalingen op, die leiden tot samendrukking van het reservoirgesteente en bodemdaling aan de oppervlakte. Lokale verschillen in de mate van samendrukking van het gesteente leiden tot spanningen, die kunnen leiden tot geïnduceerde seismiciteit en voelbare bevingen aan het oppervlakte. Geïnduceerde seismiciteit van betekenis wordt toegeschreven aan het reactiveren van bestaande breuken.

In tegenstelling tot gaswinning verwijdert een geothermieproject netto geen stoffen uit de ondergrond. Er is tijdens de reguliere bedrijfsvoering sprake van een massabalans: het onttrokken water gaat weer volledig terug in de ondergrond (in dezelfde laag als waaruit het is onttrokken). De drukdalingen bij geothermie zijn daardoor veel kleiner dan de drukdalingen die optreden bij gaswinning en ze treden over het algemeen op in een kleiner gebied. De drukdalingen die optreden bij geothermie zijn daardoor onvoldoende om geïnduceerde seismiciteit van betekenis te kunnen veroorzaken. De geïnduceerde seismiciteit bij geothermieprojecten wordt niet toegeschreven aan drukdalingen maar juist aan drukverhogingen. Hierbij zorgt een toename van de vloeistofdruk in een eventueel bestaande breuk voor een zekere spanning op de breuk. De verschuiving langs het breukvlak die daarvan het gevolg kan zijn, zou seismiciteit kunnen veroorzaken. In sommige gevallen is deze voelbaar aan de oppervlakte.

Drukverhogingen als gevolg van het injecteren van vloeistoffen (of gassen) in de ondergrond treden ook bij andere toepassingen zoals afvalwaterinjectie, CO₂-opslag, reservoirstimulatie en injectie gerelateerd aan olie- en gaswinning. Er is dan ook veel literatuur beschikbaar over geïnduceerde seismiciteit als gevolg van injectie. Op basis van de literatuur en ervaringen uit de praktijk, zijn de belangrijkste parameters/indicatoren afgeleid die maatgevend zijn voor de kans op geïnduceerde seismiciteit bij geothermie. Daarnaast zijn beheersmaatregelen en de effectiviteit daarvan beschreven.

3 METHODIEK VOOR SEISMISCHE RISICOANALYSE

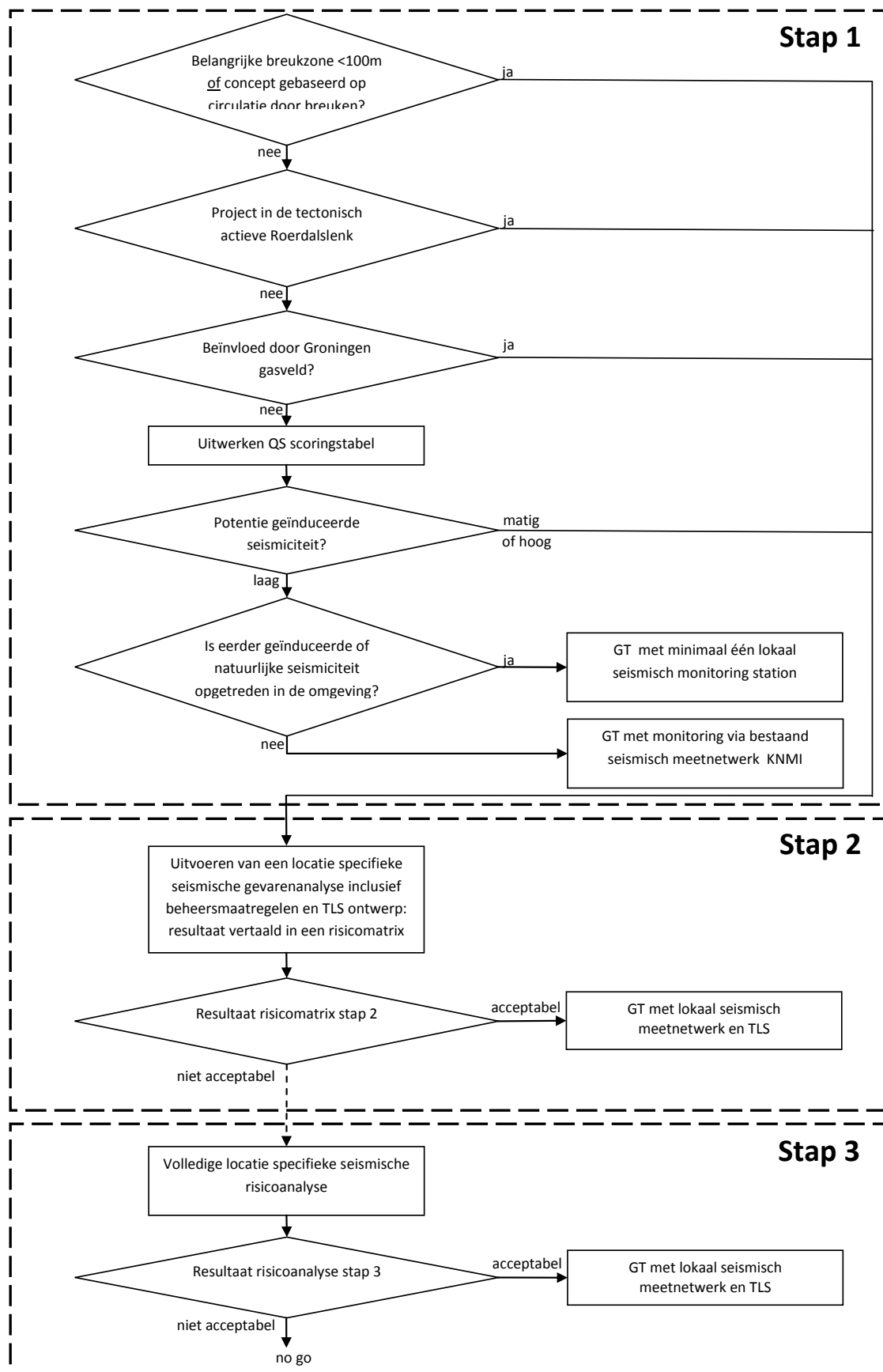
3.1 Stappenmethode

Op basis van de resultaten van het onderzoek wordt aanbevolen om te kiezen voor een methodiek bestaande uit drie stappen. In stap 1 wordt op basis van een aantal indicatoren een Quick Scan uitgevoerd, die inzicht geeft in de potentie voor het optreden van geïnduceerde seismiciteit. Als hieruit volgt dat de potentie laag is, dan zijn geen verdere stappen nodig en is (in de meeste gevallen) te volstaan met monitoring op seismiciteit via het bestaande nationale netwerk van het KNMI. Bij een matige of hoge potentie wordt in stap 2 de gevarenanalyse uitgebreid en worden ook de mogelijke gevolgen - en daarmee het mogelijke risico - inzichtelijk. Een belangrijk onderdeel van stap 2 is tevens het bepalen van de beheersmaatregelen om het risico te beperken. Als de risico's acceptabel worden geacht, dan kan worden overgegaan tot realisatie van het systeem (met de bijbehorende beheersmaatregelen).

Als uit stap 2 blijkt dat het risico niet acceptabel is (ondanks de beheersmaatregelen) wordt overgegaan tot stap 3. Stap 3 betreft een kwantitatieve risico analyse: het kwantificeren van het veiligheidsrisico en het risico op economische schade met de bijbehorende onzekerheid. Projecten waarvoor stap 3 nodig is, zullen meestal geen vervolg krijgen. Redenen hiervoor zijn dat 1) het niet altijd mogelijk is om de risico's in de vereiste mate te kwantificeren vanwege onzekerheden in parameters, 2) het maken van dergelijke kwantitatieve risico analyses kostbaar zijn, 3) het vereiste risicomanagement systeem en de beheersmaatregelen tijdens exploitatie uitgebreid zijn en hoge kosten met zich meebrengen, 4) een operator (of zijn verzekeraar) voldoende kapitaalkrachtig moet zijn om eventuele schades te kunnen dragen en 5) de kans bestaat dat het systeem buiten gebruik gesteld moet worden (of in capaciteit beperkt moet worden).

In de volgende figuur is een schema weergegeven van de stappen 1, 2 en 3. De stappen zijn verder uitgelegd in de onderstaande paragrafen. Voor nadere onderbouwing van deze methodiek is een uitgebreid Engelstalig rapport beschikbaar.

De in dit rapport voorgestelde stappen-methodiek voor de gevaren- en risicoanalyse bij geothermie projecten is vergelijkbaar met de methodiek die recent door het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) is uitgebracht voor gaswinning (Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen voor gaswinning - Tijdelijke leidraad voor adressering MBB. 224.1.P, versie 1.2, februari 2016). In deze leidraad zijn 3 vergelijkbare stappen gedefinieerd: Screening Potentieel, Risico Matrix, Kwantitatieve Risico Analyse. Inhoudelijk zien de stappen er voor geothermie echter anders uit dan voor gaswinning, omdat de mechanismen die de geïnduceerde bevingen veroorzaken sterk van elkaar verschillen (zie hoofdstuk 2).



Figuur 1: Stappenschema seismische gevaren- en risicoanalyse geothermische projecten (TLS= traffic light system, een risicobeheerssysteem)

3.2 Stap 1 – Quick Scan

De Quick Scan is bedoeld om na te gaan of er aanleiding is om een uitgebreidere gevaren- en risicoanalyse uit te voeren volgens stap 2 of 3. Er zijn drie situaties die op voorhand bepalen dat stap 2 noodzakelijk is. Ten eerste als het geothermiesysteem op minder dan 100m van een belangrijke breukzone ligt of gebruik maakt van circulatie door bestaande breuken. Ten tweede als het project gerealiseerd wordt in de tektonisch actieve Roerdalslenk in het zuidoosten van Nederland. En ten derde als het systeem binnen de invloedssfeer van het Groningen Gasveld ligt. In deze drie situaties is altijd stap 2 nodig en wordt de Quick Scan overgeslagen.

In de Quick Scan wordt aan de hand van 9 parameters de potentie van geïnduceerde seismiteit afgeleid. Drie van deze parameters volgen uit de geologische omstandigheden:

- 1) Verbinding met de kristallijne basis (dit is zeer hard gesteente en ligt in Nederland op dieptes lager dan de reguliere geothermie projecten): uit de praktijk is bekend dat waterinjectie in kristallijn gesteente meestal tot geïnduceerde seismiteit leidt.
- 2) Afstand tot bestaande breuken: geïnduceerde seismiteit van betekenis wordt toegeschreven aan het reactiveren van bestaande breuken. Hoe korter de afstand tot een bestaande breuk, hoe groter de te verwachten invloed op de stabiliteit van de breuk.
- 3) Oriëntatie van de breuk in het heersende stressveld: de oriëntatie van de breuk in het stressveld geeft een eerste indicatie van mogelijke instabiliteit van de breuk. Een instabiele breuk (kritisch gestresst) is gevoeliger voor stressveranderingen en zal daardoor eerder bezwijken en seismiteit veroorzaken.

Vier parameters volgen uit het ontwerp en/of de eigenschappen van het geothermie systeem:

- 4) Netto geïnjecteerd volume: Als een geothermiesysteem (in een bepaalde periode) meer water injecteert dan onttrekt (bijvoorbeeld bij reservoir- stimulatie), dan is de toename van de drukken in de omgeving van het geothermie systeem veel groter dan bij een injectie die in balans is met de onttrekking. Uit de praktijk is bekend dat zowel het aantal als de sterkte van de geïnduceerde bevingen toeneemt bij een toename van het netto geïnjecteerde volume.
- 5) Drukcommunicatie tussen de putten: De drukveranderingen in de omgeving van het geothermie systeem zijn een optelsom van de drukverhogingen als gevolg van de injectie en de drukverlagingen als gevolg van de onttrekking. Als er geen drukcommunicatie is (bijvoorbeeld als de onttrekking en injectie in verschillende reservoirs plaatsvindt of als tussen de bronnen afdichtende breuken aanwezig zijn), dan treedt deze uitdempende werking niet op en is de invloed op de drukken veel groter dan wanneer wel sprake is van drukcommunicatie. De invloed van de injectieput is in dat geval vergelijkbaar met een continue reservoirstimulatie. Het streven bij ontwerp en uitvoering is om voor goede drukcommunicatie te zorgen.
- 6) Injectiedruk: Bij een toename van de injectiedruk, treden grotere drukveranderingen op en groeit ook het gebied waarbinnen bepaalde drukveranderingen (zoals de drukverandering die nodig is voor breuk reactivering) optreden.

- 7) **Systeemdebiet:** het systeemdebiet bepaalt de hoeveelheid water die in een bepaalde tijdsperiode wordt onttrokken en geïnfiltreerd. Het systeemdebiet is direct van invloed op de drukveranderingen en heeft daarom op het eerste gezicht weinig meerwaarde ten opzichte van de injectiedruk. Als er echter (onbedoeld) geen drukcommunicatie tussen de putten is, dan is het systeemdebiet een maat voor de groei van het netto geïnjecteerd volume in het reservoirblok van de injectieput. Door het systeemdebiet op te nemen in de Quick Scan, wordt dus geanticipeerd op de mogelijkheid van onverwacht slechte drukcommunicatie tussen injectieput en productieput.

En twee parameters worden bepaald door de nabijheid van eerder waargenomen seismiciteit:

- 8) **Afstand tot natuurlijke aardbevingen:** het voorkomen van natuurlijke aardbevingen geeft aan dat sprake is van seismisch actieve breuken. Als dicht bij het geothermiesysteem natuurlijke aardbevingen zijn opgetreden, dan kan een relatief kleine beïnvloeding al seismische activiteit veroorzaken en is dus sprake van een verhoogde potentie.
- 9) **Afstand tot geïnduceerde seismiciteit:** net als bij natuurlijke aardbevingen, blijkt uit het vóórkomen van geïnduceerde seismiciteit dat sprake is van actieve (gereactiveerde) breuken. Als op korte afstand geïnduceerde seismiciteit is opgetreden is daarom sprake van een verhoogde potentie.

In de volgende tabel is de voorgestelde Quick Scan weergegeven. Per parameter wordt een score toegekend, die moet worden onderbouwd (zie ook bijlage A van het uitgebreide technische rapport). Als meerdere antwoorden mogelijk zijn voor een bepaalde (combinatie van) parameters, dan dient de parameter (-combinatie) met de hoogste score te worden gebruikt. Zo kan een dichtbijgelegen breuk een lagere totale score opleveren, dan een wat verder weg gelegen breuk die (vanwege de oriëntatie in het heersende stressveld) makkelijker te reactiveren is.

score	verbinding met kristallijnen basis	afstand [km] tot bestaande breuken	oriëntatie van de breuk in heersende stressveld	netto geïnjecteerd volume [x1.000 m ³]	drukcommunicatie tussen de putten	injectiedruk [bar]	stroomdebiet [m ³ /uur]	afstand [km] tot natuurlijke aardbevingen	afstand [km] tot geïnduceerde seismiciteit
10	ja	< 0,1	gunstig (voor bezwijken)	> 20	nee	> 70	>360	< 1	< 1
7	mogelijk	0,1-0,5	bezwijken mogelijk	5-20	niet waarschijnlijk	40-70	180-360	1-5	1-5
3	niet waarschijnlijk	0,5-1,5	bezwijken niet waarschijnlijk	0,1-5	waarschijnlijk	10-40	50-180	5-10	5-10
0	nee	> 1,5	bezwijken vrijwel onmogelijk	< 0,1	Ja	< 10	<50	> 10	> 10

Tabel 1: Voorgestelde scoringsschema voor de Quick Scan (voor meer detail informatie, zie uitgebreide technische rapport)

De totale score die volgt uit de Quick Scan wordt vervolgens gedeeld door de score die maximaal mogelijk is (totaal is 90 punten). Deze genormaliseerde score is een maat voor de potentie van geïnduceerde seismiciteit:

Score $< \frac{1}{3}$ Potentie is laag

Score $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ Potentie is matig

Score $> \frac{2}{3}$ Potentie is hoog

Een lage potentie betekent dat geïnduceerde seismiciteit niet waarschijnlijk is. Een uitgebreidere evaluatie is dan niet nodig. Bij een matige of hoge potentie is wel een uitgebreidere evaluatie nodig middels stap 2.

De Quick Scan is getoetst door deze toe te passen op een selectie van bestaande geothermieprojecten en het resultaat te vergelijken met de ervaringen met geïnduceerde seismiciteit bij die projecten. Uit deze toets (zie uitgebreide technische rapport) blijkt dat de Quick Scan een goede indicatie geeft van de kans (is er geïnduceerde seismiciteit waargenomen?) en de sterkte (welke magnitudes zijn opgetreden?).

De Quick Scan is voor verschillende projectfasen te gebruiken, denk aan haalbaarheidsfase, ontwerpfasen, realisatiefase en exploratiefase. In de loop van een project zal er steeds meer en/of beter uitgewerkte informatie beschikbaar zijn. Zo zal bijvoorbeeld in een haalbaarheidsfase het geologisch onderzoek minder diepgaand zijn uitgevoerd. Hierdoor is minder goed te beoordelen in hoeverre bepaalde scores van toepassing zijn en is er een grotere onzekerheid over de potentie van geïnduceerde seismiciteit. In een dergelijke fase is daarom rekening te houden met deze relatief grote onzekerheid. In de fase waarin de

SDE/RNES of de winningsvergunning is aangevraagd, is vaak wel uitgebreid geologisch onderzoek uitgevoerd en is een betere onderbouwing van de Quick Scan parameters mogelijk.

Voor de winningsvergunning is een evaluatie van het risico op geïnduceerde seismiciteit verplicht. Uiteindelijk zal EZ/SodM deze evaluatie beoordelen. De uitkomst van die beoordeling zal afhangen van de conclusie van die evaluatie en de onderbouwing daarvan.

3.3 Stap 2 – Seismische gevarenanalyse en beheersmaatregelen

In stap 2 wordt op basis van een risico matrix benadering het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Hiervoor is eerst een locatiespecifieke seismische gevarenanalyse (Seismic Hazard Analyse ofwel SHA) nodig. Een dergelijke analyse is op verschillende wijzen uitvoerbaar. In uitgebreide technische rapport is beschreven welk basis elementen een dergelijke analyse minimaal moet bevatten.

De uitkomst van de SHA is de waarschijnlijkheid dat geïnduceerde seismiciteit van een bepaalde magnitude gaat optreden. De verwachte seismiciteit wordt omgezet in een vibratie niveau aan maaiveld (Peak Ground Velocity, PGV) met een zogenaamde Ground Motion Prediction Equation (GMPE). Met de volgende tabel is dan met een semikwantitatieve methode de bovengrondse impact te bepalen.

Bovengrondse Impact	Aantal gebouwen blootgesteld aan een PGV lager dan			
	3 mm/s	5 mm/s	20 mm/s	80 mm/s
Verwaarloosbaar	0	0	0	0
Minimaal	≤2000	0	0	0
Matig		≤2000	0	0
Significant			≤500	0
Ernstig				1

Tabel 2: Voorgestelde classificatie schema voor de bovengrondse impact (voor meer detail informatie, zie uitgebreide technische rapport)

Met bovenstaande tabel is de bovengrondse impact op normale gebouwen te bepalen. Eerst vindt toetsing plaats of is voldaan aan alle condities uit de bovenste regel. Als dat het geval is, dan is de bovengrondse impact op normale gebouwen verwaarloosbaar. Als dat niet het geval is, dan is na te gaan of er is voldaan aan alle condities uit de regel daaronder, etc.

Speciale gebouwen of constructies (cultureel erfgoed, industrie of dijken) vragen een individuele beoordeling, als de PGV ter plaatse hoger is dan 3 mm/s.

Een belangrijk aspect bij stap 2 is het ontwerp van een lokaal seismisch meetnetwerk gecombineerd met mitigatie volgens de zogenaamde “verkeerslichtmethode” (Traffic Light System, TLS). Hierin zijn mitigerende (risicoverlagende) maatregelen vastgelegd, die nodig

zijn als een bepaald niveau van seismiciteit optreedt (bijvoorbeeld buiten bedrijf stellen van het systeem of verminderen van het debiet, etc.). Daarnaast is vastgesteld welke communicatie vereist is (SodM, operator, etc.). Een belangrijk onderdeel van het TLS zijn de responstijden die horen bij het meetsysteem, het effectueren van de maatregelen en de bijbehorende communicatie.

Een TLS met bijbehorende mitigerende maatregelen kan (bij voldoende korte responstijd) voorkomen dat bepaalde niveaus (magnitudes) van geïnduceerde seismiciteit worden overschreden. Dit minimaliseert de impact, en beperkt (dus) het risico. De invloed van de mitigerende maatregelen op het risico is weergegeven in de risico matrix.

		Impact				
		Verwaarloosbaar	Minimaal	Matig	Significant	Ernstig
Kans op geïnduceerde seismiciteit	Zeer waarschijnlijk					
	Waarschijnlijk					
	Mogelijk					
	Onwaarschijnlijk					
	Zeer onwaarschijnlijk		● ←			● →

Figuur 2: Voorgestelde risico matrix (groen is acceptabel, geel is acceptabel onder bepaalde condities, rood is onacceptabel).

In de groene zone acht men het risico acceptabel. In de gele zone is het risico alleen acceptabel onder bepaalde voorwaarden. In de rode zone is sprake van een onacceptabel risico.

In de voorgestelde risicomatrix figuur 1 is aangegeven dat het project in eerste instantie in de rode zone is geprojecteerd (onacceptabel risico). Het toepassen van een TLS beperkt de maximale impact echter sterk. Daardoor is het risico acceptabel als men het geothermiesysteem combineert met een TLS.

Uiteindelijk zal SodM de risicomatrix met de onderbouwing (SHA), inclusief de uitwerking van het TLS en de bijbehorende mitigerende maatregelen, vóór uitvoering van het project controleren.

3.4 Stap 3 – Kwantitatieve risico analyse

Als het risico na stap 2 niet acceptabel blijkt te zijn, dan is stap 3 nodig. Stap 3 betreft een locatiespecifieke Seismische Risico Analyse (SRA), waarin kwantificering van de veiligheidsrisico's en economische risico's nodig is. Stap 3 is een veel grotere inspanning dan stap 2. Vanwege onzekerheden zal het wellicht niet altijd mogelijk zijn om de risico's met voldoende betrouwbaarheid vast te stellen. Wereldwijd zijn er tot op heden nauwelijks

voorbeelden van geothermieprojecten waarvoor een SRA is uitgevoerd. Het ligt niet in de verwachting dat geothermie projecten in Nederland binnen deze categorie gaan vallen. Mocht dit wel zo zijn, dan is dit risicoteknisch en kostentechnisch vaak niet haalbaar. Deze stap 3 analyse is op hoofdlijnen uitgewerkt. De werkelijke uitwerking hiervan zal zeer project- en locatiespecifiek zijn.

4 MONITORING

In het uitgebreide technische rapport zijn aanbevelingen gedaan voor de benodigdheden en technische voorschriften voor de seismische monitoring. Over het algemeen geldt voor de verschillende stappen:

Stap 1

Een lage potentie voor geïnduceerde seismiciteit betekent dat het ontstaan van geïnduceerde seismiciteit met impact niet waarschijnlijk is. In dit geval is normaalgesproken geen monitoring op locatie noodzakelijk en kan worden volstaan met het seismisch monitoringsnetwerk van de KNMI. Als natuurlijke of (door derden) geïnduceerde seismiciteit nabij het project zou kunnen plaatsvinden, dan wordt aanbevolen minimaal één extra lokaal seismisch monitoringsstation ter plaatse te hebben om beter te kunnen beoordelen of eventuele seismiciteit door derden of door het eigen systeem wordt veroorzaakt.

Stap 2

Voor stap twee is ontwerp van een lokaal seismisch meetnetwerk met TLS voorgesteld met bijbehorende responstijden en mitigerende maatregelen. De intensiteit en de duur van de monitoring zijn afhankelijk van de projectfase, de resultaten van de SHA en de meetresultaten.

Stap 3

Voor stap drie zal gedurende de hele levenscyclus van het project real-time monitoring met een TLS en een uitgebreid risico management systeem nodig zijn.

In het technisch rapport zijn voor de stappen 1 t/m 3 aanbevelingen gedaan voor de communicatielijnen tussen de operator, experts, KNMI en SodM en hun mogelijke inzet en bevoegdheden.

5 ALGEMENE BESCHOUWING

De methodiek is bruikbaar als algemene richtlijn voor geothermieprojecten in Nederland. Het ligt in de verwachting dat de Quick Scan voor de meeste projecten een lage potentie zal aangeven. Projecten die kritischer zijn (bijvoorbeeld projecten dicht bij Groningen of in - dan wel zeer nabij - breuksystemen) zullen stap 2 moeten doorlopen. De risico's voor deze projecten kunnen met een risicomanagement systeem volgens het traffic-light-system (TLS) beheerst worden. Onze verwachting is dat stap 3 voor de huidige geothermische projectontwikkelingen in Nederland niet nodig zal zijn, maar bovenal voor de meeste projecten niet haalbaar zal zijn (te hoge technische, financiële en maatschappelijke risico's, en geen toestemming van SodM).

De stappen methodiek sluit goed aan bij de door SodM methodiek voor de gaswinning.

De voorgestelde methodiek is gebaseerd op de huidige kennis over geïnduceerde seismiciteit en ervaring met geothermieprojecten binnen en buiten Nederland. Uiteraard kunnen nieuwe inzichten ontstaan en zullen meer ervaringen worden opgedaan als gevolg van de groei van het aantal geothermieprojecten in Nederland en daarbuiten. Het is daarom van belang om de methodiek periodiek te evalueren en aan te passen of te herzien als daar aanleiding voor is.