

Quickscan Seismiciteit V.O.F. Geothermie De Lier.

RAPPORT

OPDRACHTGEVER:

V.O.F. Geothermie De Lier
p/a Zijtwende 28
2678 LJ De Lier

ADVIESBUREAU:

AAB Nederland
Horti Business Center
Jupiter 420
2675 LX HONSELERSDIJK
+31 (0) 174 637 637
info@aabnl.nl
www.aabnl.nl

BEHANDELD DOOR:

████████████████████
████████████████████@aabnl.nl

PLAATS EN DATUM:

Honselersdijk, 23 februari 2021

PROJECTCODE:

002506-210223-KR-Quickscan Seismiciteit - D1.docx

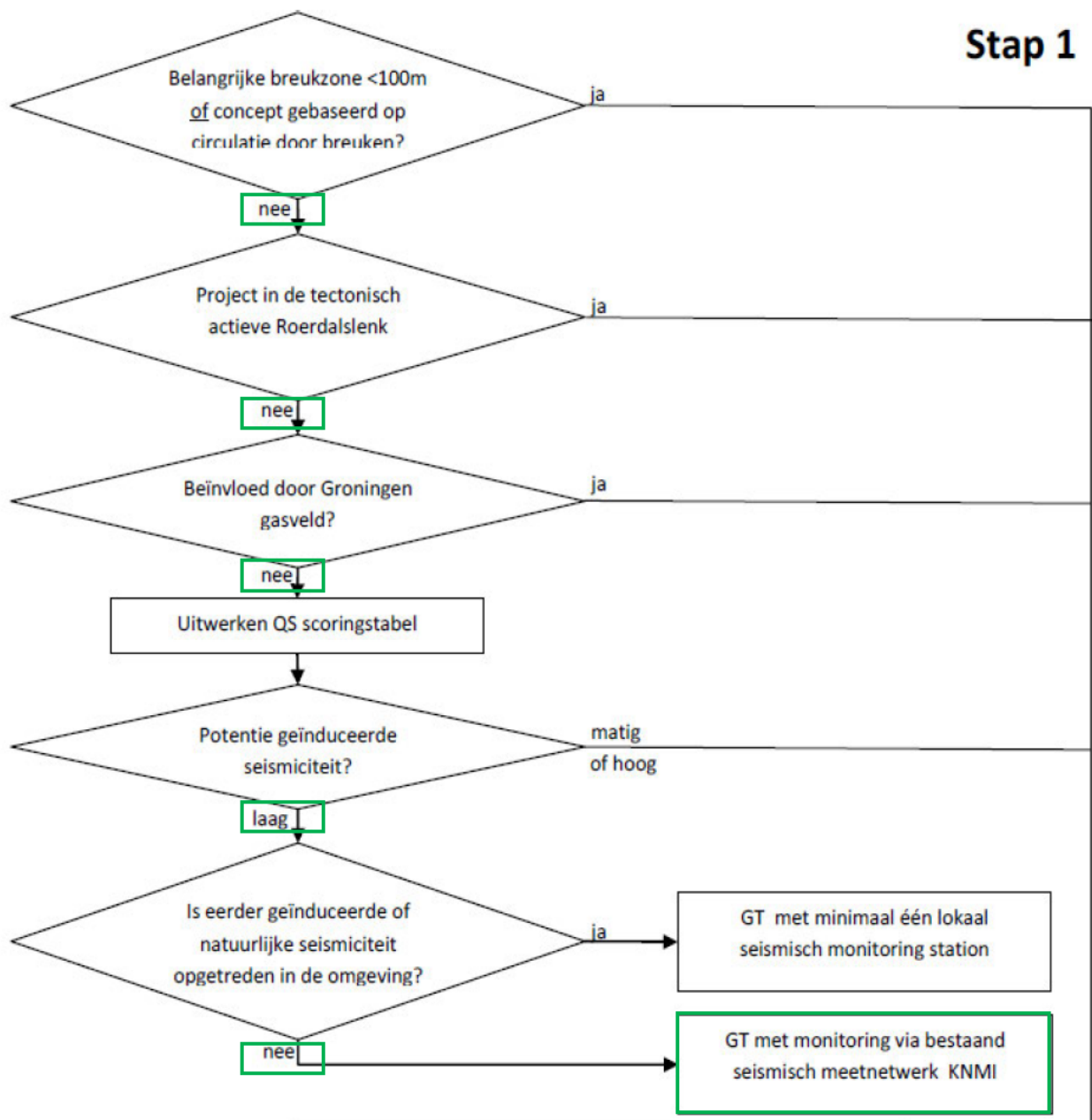
INHOUDSOPGAVE

1.	SAMENVATTING	1
2.	METHODE.....	3
3.	SCORINGSTABEL.....	5
3.1.	QUICK SCAN SCORES TOEWIJZEN	5

1. SAMENVATTING

In het rapport “Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1” is een QuickScan opgenomen om uiteindelijk tot een SRA score te komen en daarmee een inschatting te kunnen maken op het gebied van seismische risico’s (potentie).

In eerste instantie dienen de vragen van stap 1 te worden beantwoord. Deze stap in de onderstaande figuur weergegeven. Bij Geothermie De Lier resulteert dit in het uitwerken van de QS-scoring tabel. Dit resulteert in een lage potentie voor geïnduceerde seismiciteit. Het monitoren via het bestaande seismische meetnetwerk KNMI is hierdoor afdoende.



Figuur 1: Vragenlijst stap 1.

score	basement connected	inter-well pressure communication	re-injection pressure [MPa]	circulation rate [m³/h]	epicentral distance to natural earthquakes [km]	epicentral distance to induced seismicity [km]	distance to fault [km]	orientation of fault in current stress field	net injected volume [1000 m³]	Sum of column scores
10	yes	no	> 7	> 360	< 1	< 1	< 0.1	favorable	> 20	
7	possible	unlikely	4 - 7	180-360	1 - 5	1 - 5	0.1 - 0.5	shearing possible	5 - 20	
3	unlikely	likely	1 - 4	50-180	5 - 10	5 - 10	0.5 - 1.5	shearing unlikely	0.1 - 5	
0	no	yes	< 1	< 50	> 10	> 10	> 1.5	locked	< 0.1	
Column score	0	3	7	7	0	0	3	3	0	Σ 23
										Count of column scores

Figuur 2: QS scoringstabel.

Bij het volledig invullen van de bovenstaande figuur is de som van de kolomscores een getal tussen 0 en 90 en het aantal scores x 10 is 90. De "seismicity potential" in het geval van Geothermie De Lier is dit 0,26. Daarmee is de potentie op geïnduceerde seismiteit als laag bepaald. Een lage potentie betekent dat geïnduceerde seismiteit niet waarschijnlijk is.

De genormaliseerde score (S) is als volgt berekend:

Som van kolomscores gedeeld door aantal scores maal tien ($S = \frac{\Sigma(kolomscores)}{(aantal\ scores \times 10)}$).

2. METHODE

In het rapport “Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1” is een QuickScan opgenomen om uiteindelijk tot een SRA score te komen en daarmee een inschatting te kunnen maken op het gebied van seismische risico’s (potentie).

De QuickScan 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 100 m van een belangrijke breukzone ligt of gebruik maakt van circulatie door bestaande breuken. Ten tweede als het project gerealiseerd wordt in de tektonisch actieve Roerdaalslenk 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 QuickScan overgeslagen.

In de QuickScan wordt aan de hand van 9 parameters de potentie van geïnduceerde seismiciteit 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 seismiciteit leidt.
- 2) Afstand tot bestaande breuken: Geïnduceerde seismiciteit 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 gestrest) is gevoeliger voor stressveranderingen en zal daardoor eerder bezwijken en seismiciteit 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 QuickScan, 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.

3. SCORINGSTABEL

3.1. QUICK SCAN SCORES TOEWIJZEN

Als meerdere antwoorden gegeven kunnen worden voor een bepaalde parameter (combinatie), dan wordt de parameter met de hoogste score toegepast.

Richtlijnen voor het toekennen van scores zijn omschreven in hoofdstuk 5 van het rapport “Defining the Framework for Seismic Hazard Assessment in Geothermal Projects V0.1”.

3.1.1. Hydraulische verbinding met kristallijn basement (moedergesteente)

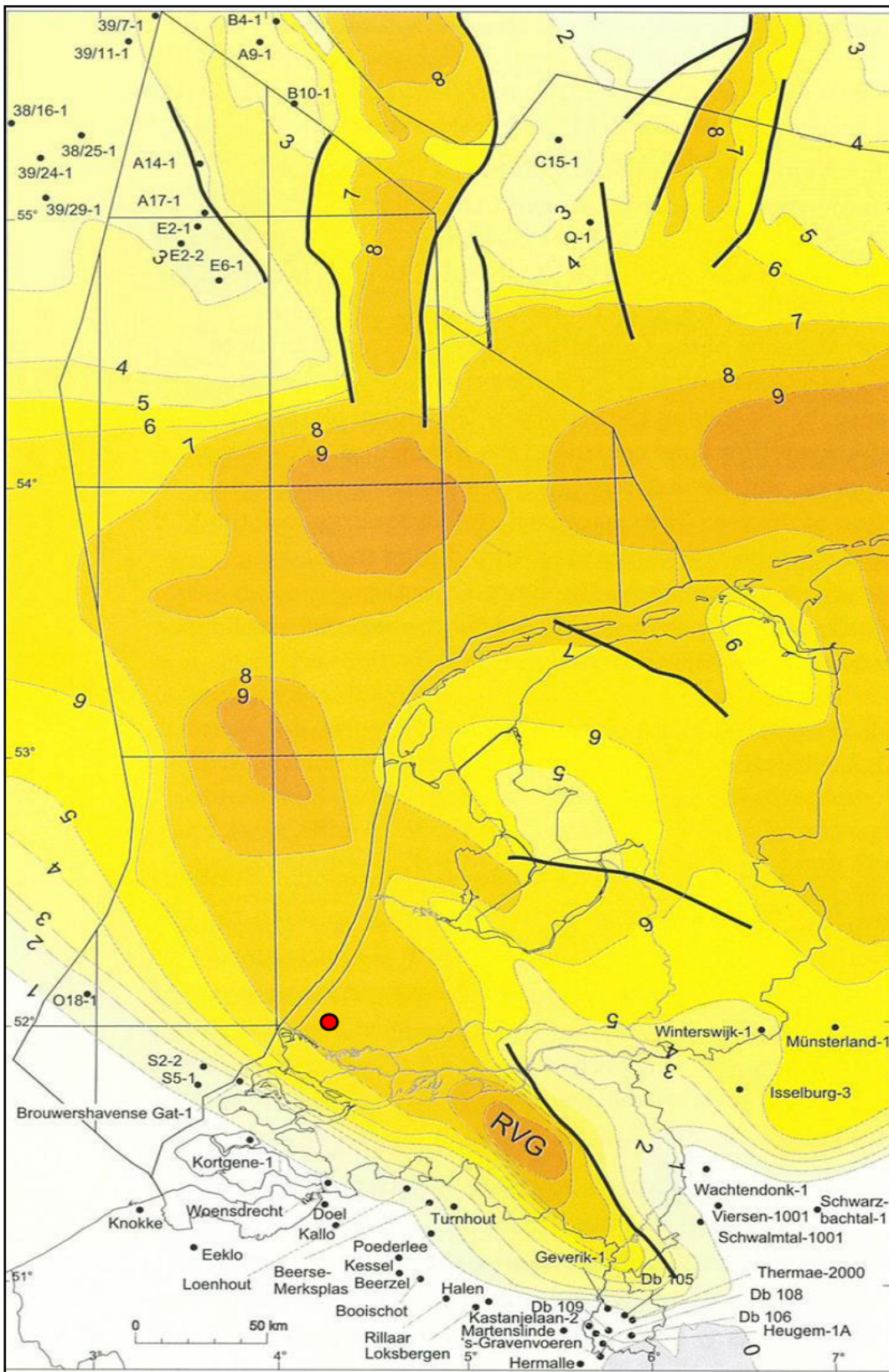
Zoals te zien is in Figuur 3, is de afstand tot het hydraulische basement ongeveer 7 km. Omdat deze afstand groter is dan 3 km, is een score van 0 bepaald, zie de onderstaande scoringstabel.

☐ Score = 10, als het geothermisch systeem de kristallijne basement als reservoir beoogt.

☐ Score = 7, Als het mogelijk is dat de verticale afstand tussen het geothermische reservoir en het kristallijne basement < 1,5 km is.

☐ Score = 3, als het mogelijk is dat de verticale afstand tussen de geothermisch reservoir en kristallijne basement < 3 km is.

☐ Score = 0, als de verticale afstand tussen het geothermisch reservoir en het kristallijne basement > 3,0 km is.



Figuur 3: Schematische dieptekaart in kilometers van de top van de pre-Silezische. Putten die de pre-Silezische zijn tegengekomen zijn aangegeven. Figuur uit Geluk et al. (2007).

3.1.2. Afstand tot natuurlijke Breuk

De afstand tot de natuurlijke breuk verwijst naar de minimale afstand van de (open hole sectie van de) injectie put naar een in kaart gebrachte breukspoor. De breuksporen zijn te halen uit seismische data interpretatie of uit regionale tektonische kaarten.

Er moet rekening gehouden worden met de dikte van de breuk als de afstanden worden geschat. Voor afstanden die een significante dikte laten zien (proces of breukzone), moeten afstandsinschattingen dienovereenkomstig verminderd worden.

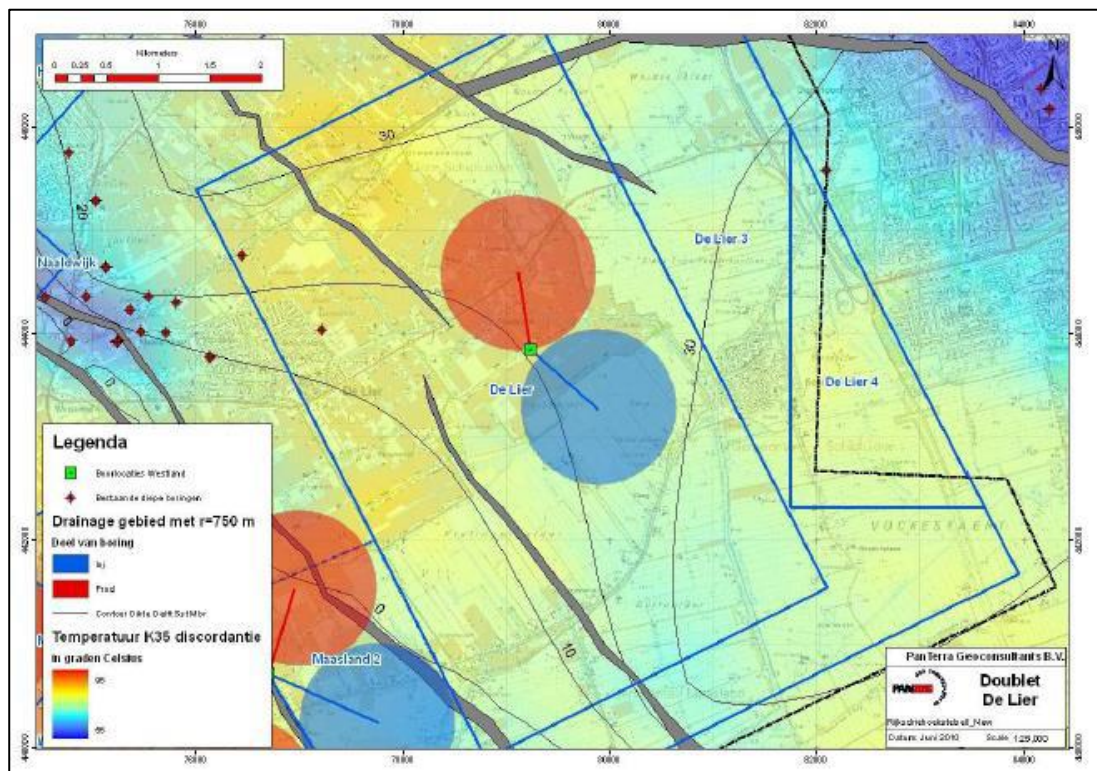
Zoals te zien is in Figuur 4 de afstand tot de breuken maximaal 600 m. De nauwkeurigheid van de data is geïnterpreteerd als redelijk. In het onderstaande scoringsschema is daarom een score van 3 bepaald.

☐ Score = 10, als de afstand tot de breuken < 0,1 km is of als seismische data slecht is (putten intersectie een significante breuk kan niet uitgesloten worden).

☐ Score = 7, als de afstand tot de breuken 0,1-0,5 km is of als de nauwkeurigheid van de geïnterpreteerde data gelimiteerd is (on detecteerbare significante breuken zouden mogelijk kunnen zijn).

☐ Score = 3, als de afstand tot de breuk 0,5-1,5 km is en als de nauwkeurigheid van de geïnterpreteerde seismische data redelijk is.

☐ Score = 0, als de afstand tot de breuk > 1,5 km is overeenkomstig met hoge kwaliteit 3D seismische data.



Figuur 4: Breuken in omgeving De Lier (afstand 900m op reservoir niveau).

3.1.3. Oriëntatie van de breuk in 'stress veld'

De oriëntatie van het 'stressveld' kan worden afgeleid van een 'break-out' analyse en/of de wereld 'stress map' (Heidbach et al., 2009). De oriëntatie van de breuken is gebaseerd op de seismische data interpretatie van regionale kaarten. De oriëntatie van het stressveld en de oriëntatie van de breuk is onderhevig aan onzekerheid. Hierdoor wordt een kwalitatieve scoringsschema opgesteld.

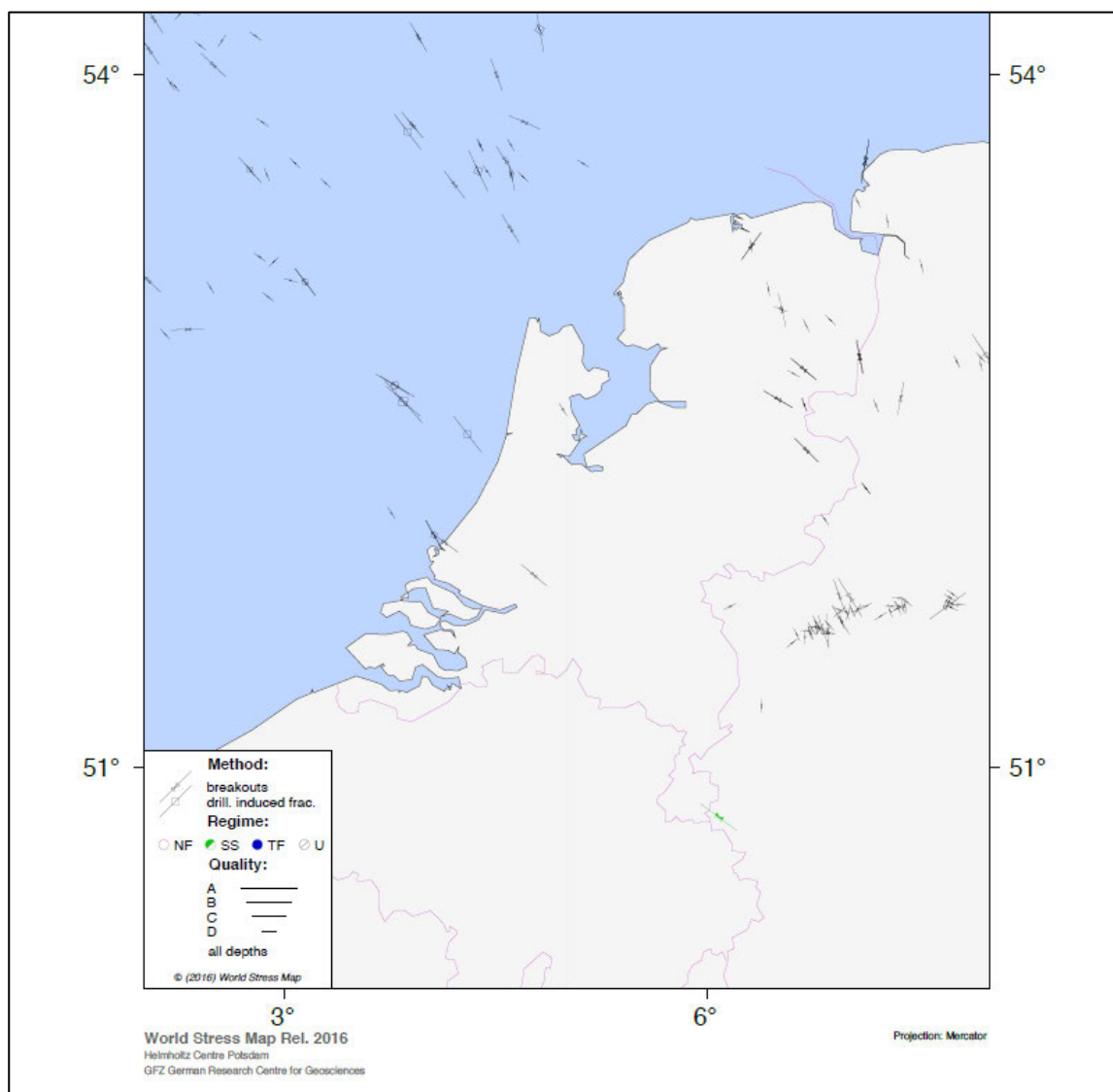
In Figuur 5 is de oriëntatie van het stressveld in Nederland weergegeven. Deze is regionaal NW-ZO georiënteerd. Aangezien de breuken in het concessiegebied ook NW-ZO georiënteerd zijn, is verschuiving op de breuk mogelijk en wordt een score van 7 bepaald in de onderstaande scoring.

☐ Score = 10, als de breuk gunstig georiënteerd is voor schuifspanning in het regionale stressveld.

☐ Score = 7, als verschuiving op de breuk mogelijk lijkt te zijn in het regionale 'stressveld'.

☐ Score = 3, als de verschuiving op de breukzone onwaarschijnlijk lijkt te zijn in het regionale 'stress' veld.

☐ Score = 0, als de breuk baan orthogonaal is op de grootste stress richting of het regionale stressveld.

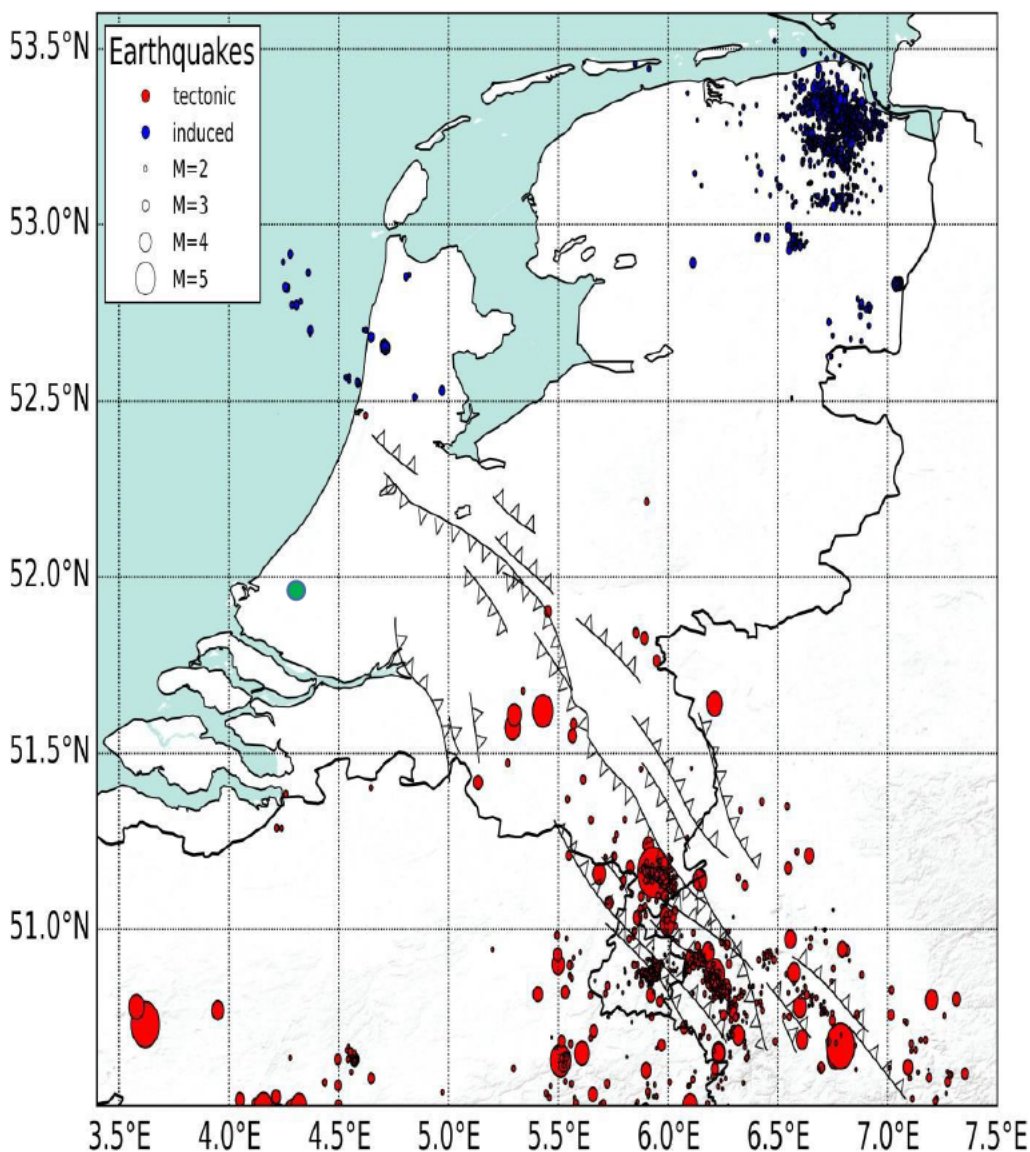


Figuur 5: Oriëntatie Stressveld in Nederland

3.1.4. Epi-centrische afstand tot Natuurlijke Aardbevingen

Om afstanden tot natuurlijke aardbevingen weer te geven is de meest recente aardbeving catalogus gepubliceerd door het KNMI gebruikt (www.knmi.nl). Het wordt erkend dat de hypocentrale diepte van de aardbevingen in de catalogus van het KNMI over het algemeen minder vastgesteld is dan de epi centrale coördinaten.

Hierdoor wordt de aardbeving diepte niet overwogen en wordt de scoringsschema gebaseerd op epi centrale afstand. De onzekerheid van de epi centrale coördinaten in het KNMI catalogus is afhankelijk van data kwaliteit en op de locatie, waar in Nederland de aardbeving voorgekomen is. Typische epi centrale locatie afstanden fouten zijn tussen de 1 km en 5 km. Deze onzekerheden worden meegenomen in de scoringstabel.



Figuur 6: Natuurlijke (rode) en geïnduceerde (blauwe) seismiciteit in Nederland (KNMI-catalogus vanaf maart-2016, <http://cdn.knmi.nl/knmi/map/page/seismologie>). De symboolgrootte wordt geschaald naar aardbevingsgrootte volgens de legenda. Storingstrajecten van het Roer Valley-spiersysteem zijn aangegeven (gegevensbron: Universiteit van Utrecht, 2016).

De epi centrale afstand wordt bepaald door de horizontale afstand tussen de injectieput (midden van de open hole sectie) en de gecatalogiseerde epicentrum van een aardbeving. Voor de QuickScan, is de epi centrale afstand tot de dichtstbijzijnde aardbeving in overweging genomen.

In Figuur 6 zijn de geïnduceerde en natuurlijke aardbevingen in Nederland weergegeven. De natuurlijke aardbevingen zijn in het rood aangegeven.

Zoals te zien is in Figuur 6, is de afstand van de bron tot een natuurlijke aardbeving groter dan 10 km. Daarom is in het onderstaande scoringsschema een score van 0 bepaald.

- ☐ Score = 10, als de epi centrale afstand tot natuurlijke aardbeving < 1 km is.
- ☐ Score = 7, als de epi centrale afstand tot natuurlijke breuken tussen de 1-5 km is.
- ☐ Score = 3, als de epi centrale afstand tot een natuurlijke breuk tussen de 5-10 km is.
- ☐ Score = 0, als de afstand tot het dichtstbijzijnde natuurlijke aardbeving >10 km is.

3.1.5. Epi centrische afstand tot geïnduceerde Aardbevingen

De grondslag om de afstanden tot geïnduceerde aardbevingen te bepalen, is de meest recente aardbeving catalogus gepubliceerd door het KNMI.

Het wordt erkend dat de hypocentrale diepte van de aardbevingen in de catalogus van het KNMI over het algemeen minder begrensd is dan de epi centrische coördinaten. Hierdoor wordt de aardbevingsdiepte niet overwogen en wordt het scoringsschema gebaseerd op epi centrale afstand. De onzekerheid van de epi centrale coördinaten in het KNMI catalogus is afhankelijk van data kwaliteit en op de locatie, waar in Nederland de aardbeving voorgekomen is. Typische epi centrale locatie afstanden fouten zijn tussen de 1 km en 5 km. Deze onzekerheden worden meegenomen in de scoringstabel.

De epi centrale afstand wordt bepaald door de horizontale afstand tussen de injectieput (midden van de open hole sectie) en de gecatalogiseerde epicentrum van de aardbeving. Voor de QuickScan, is de epi centrale afstand tot de dichtstbijzijnde geïnduceerde aardbeving in overweging genomen.

In Figuur 6 zijn de geïnduceerde aardbevingen in het geel aangegeven. Zoals te zien is in de figuur, is de afstand tot de geïnduceerde aardbeving groter dan 10 km. Daarom is in het onderstaande scoringsschema een score van 0 bepaald.

- ☐ Score = 10, als de epi centrale afstand tot een geïnduceerde aardbeving < 1 km is.
- ☐ Score = 7, als de epi centrale afstand tot een geïnduceerde aardbeving tussen de 1 km-5 km is.
- ☐ Score = 3, als de epi centrale afstand tussen een geïnduceerde aardbeving tussen de 5-10 km is.
- ☐ Score = 0, als de afstand tot de dichtstbijzijnde geïnduceerde aardbeving groter dan 10 km is.

3.1.6. Netto geïnjecteerd volume

De vloeistof injectie is van belang in verschillende fases van het ontwikkelen en het produceren van een geothermisch systeem.

- i. Mindere hoeveelheden vloeistoffen worden geïnjecteerd tijdens het reservoir testing in welk geval het netto geïnjecteerd volume gelijk is aan het geïnjecteerde volume.
- ii. Grotere hoeveelheden vloeistof worden geïnjecteerd voor het hydraulisch stimuleren van reservoirs, in dit geval is het netto geïnjecteerde volume gelijk aan het injectie volume.
- iii. Tijdens een massa-balans vloeistof circulatie (geproduceerd volume= her geïnjecteerd volume) is het netto geïnjecteerd volume 0.

De QuickScan scores verwijzen naar de operatie die het grootste vloeistof volume bewerkstelligd. Operaties kunnen last hebben van een langere periode van tijd die moeilijk om het tijdstip te bepalen wanneer een bepaalde operatie afgerond is en wanneer een vervolg operatie begint.

Als een richtlijn, kan een operatie als afgerond worden beschouwd als de vloeistof injectie lang genoeg onderbroken wordt voor het reservoir weer in terug te gaan naar een evenwichtsdruk.

Tijdens de welltesten is er netto meer geproduceerd. Omdat er geen netto injectievolume is, is er een score van 0 bepaald in het onderstaande schema.

☐ Score = 10, als het netto injectievolume $> 2.000 \text{ m}^3$ is.

☐ Score = 7, als het netto injectievolume tussen de $50.000\text{-}2.000 \text{ m}^3$ is.

☐ Score = 3, als het netto injectievolume tussen de $100\text{-}5.000 \text{ m}^3$.

☐ Score = 0, als het netto injectievolume $< 100 \text{ m}^3$ is.

3.1.7. Druk verbinding tussen putten

De druk verbinding tussen de putten kan worden geblokkeerd of gehinderd, als de injectie en productie putten worden gescheiden door een hydraulische barrière. Deze hydraulische barrière kan een laag zijn met een lage permeabiliteit in het reservoir zelf (als productie en injectie boven en onder die laag plaatsvindt), een ingesloten laag (als de laag met opzet in verschillende reservoirs wordt geplaatst) of een volle of gedeeltelijk scheidende top breuk (als de putten een ander reservoir blokken/compartimenten gebruiken).

De meeste geothermische systemen worden ontworpen voor een redelijk hydraulische connectie tussen de injectie en de productie putten. Deze kans dat een hydro-geologische barrières of een hydraulische frictie onopzettelijk de druk verminderen tussen de verbindingen samen met de tussen-put scheiding. Deze kans wordt in de scoring gereflecteerd.

De productie en injectielagen betreffen dezelfde geologische formatie. Hierdoor wordt een scoring van 3 in het onderstaande schema bepaald.

☑ Score = 10, als de injectie en de productie putten ontworpen zijn om geen druk communicatie (verbinding) te hebben.

☑ Score = 7, als de (open hole secties van de) injectie en productieputten

- Uit verschillende geologische formaties produceren/injecteren;
- Als horizontaal gescheiden zijn > 2.000 m;
- Als verticaal gescheiden zijn > 500 m.

☑ Score = 3, als de (open hole sectie van de) injectie en productieputten

- Uit dezelfde geologische formaties produceren/injecteren;
- Horizontaal gescheiden worden tussen de 1.000-2.000 m;
- Verticaal gescheiden worden 100 m-500 m.

☑ Score = 0, als de (open hole sectie van de) injectie en productieputten

- Uit dezelfde geologische formaties produceren/injecteren;
- Lateraal gescheiden zijn door < 1.000 m;
- Verticaal gescheiden worden door < 100 m.

3.1.8. Her-Injectie Druk

De her-injectiedruk verwijst naar de verwachte overdruk toegepast op reservoir niveau als het geothermisch systeem geopereerd wordt op zijn volle capaciteit benut wordt.

Normaal gesproken wordt de her-injectiedruk geschat als onderdeel van het business plan.

Het wordt aangenomen dat de her-injectiedruk altijd onder de breuk druk blijft door de vereisten van de superviserende autoriteiten.

De maximale gemeten injectiedruk voor Geothermie De Lier is rond de 10 bar. Hierdoor is voor Geothermie De Lier een score van 3 bepaald.

☑ Score = 10, als verwacht wordt dat de her-injectiedruk > 7 MPa.

☑ Score = 7, als verwacht wordt dat de her-injectiedruk de 4-7 MPa.

☑ Score = 3, als verwacht wordt dat de her-injectiedruk tussen de 1-4 MPa.

☑ Score = 0, als verwacht wordt dat de her-injectiedruk < 1 MPa.

3.1.9. Circulatiesnelheid

Deze parameter verwijst naar de circulatie snelheid waarmee het geothermisch systeem wordt geopereerd op zijn volle/maximale capaciteit. Normaal gesproken is de maximale circulatie snelheid een ontwerp parameter in het geothermisch systeem.

De verwachting is dat als GDL niet boven de 325 m³/h zal produceren. Voor Geothermie De Lier is hiermee een score van 7 bepaald.

☑ Score = 10, als de circulatie snelheid > 360 m³/h is.

☑ Score = 7, als de circulatiesnelheid tussen de 180-360 m³/h is.

☑ Score = 3, als de circulatiesnelheid tussen de 50-180 m³/h is.

☑ Score = 0, als de circulatiesnelheid < 50 m³/h is.