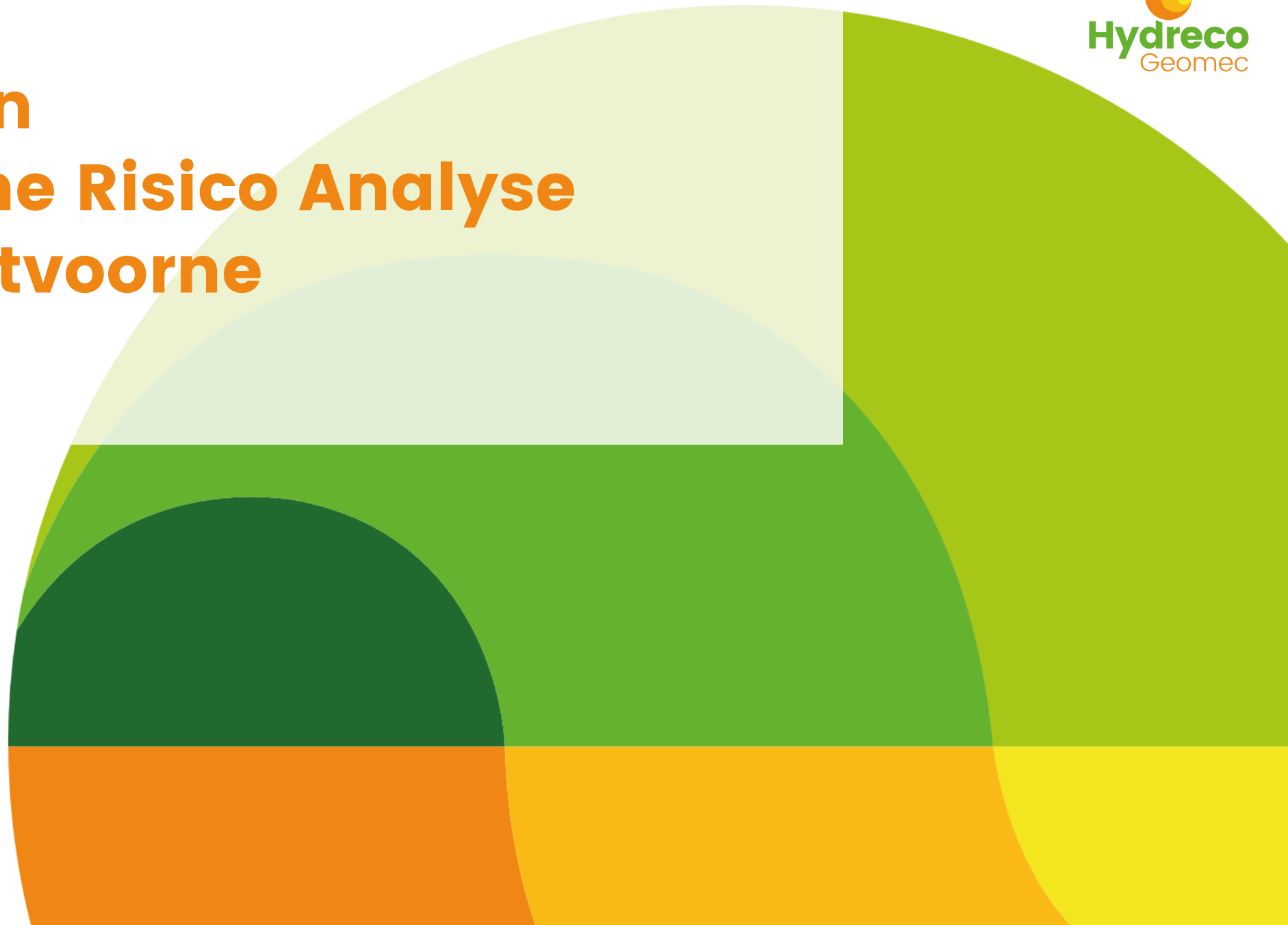


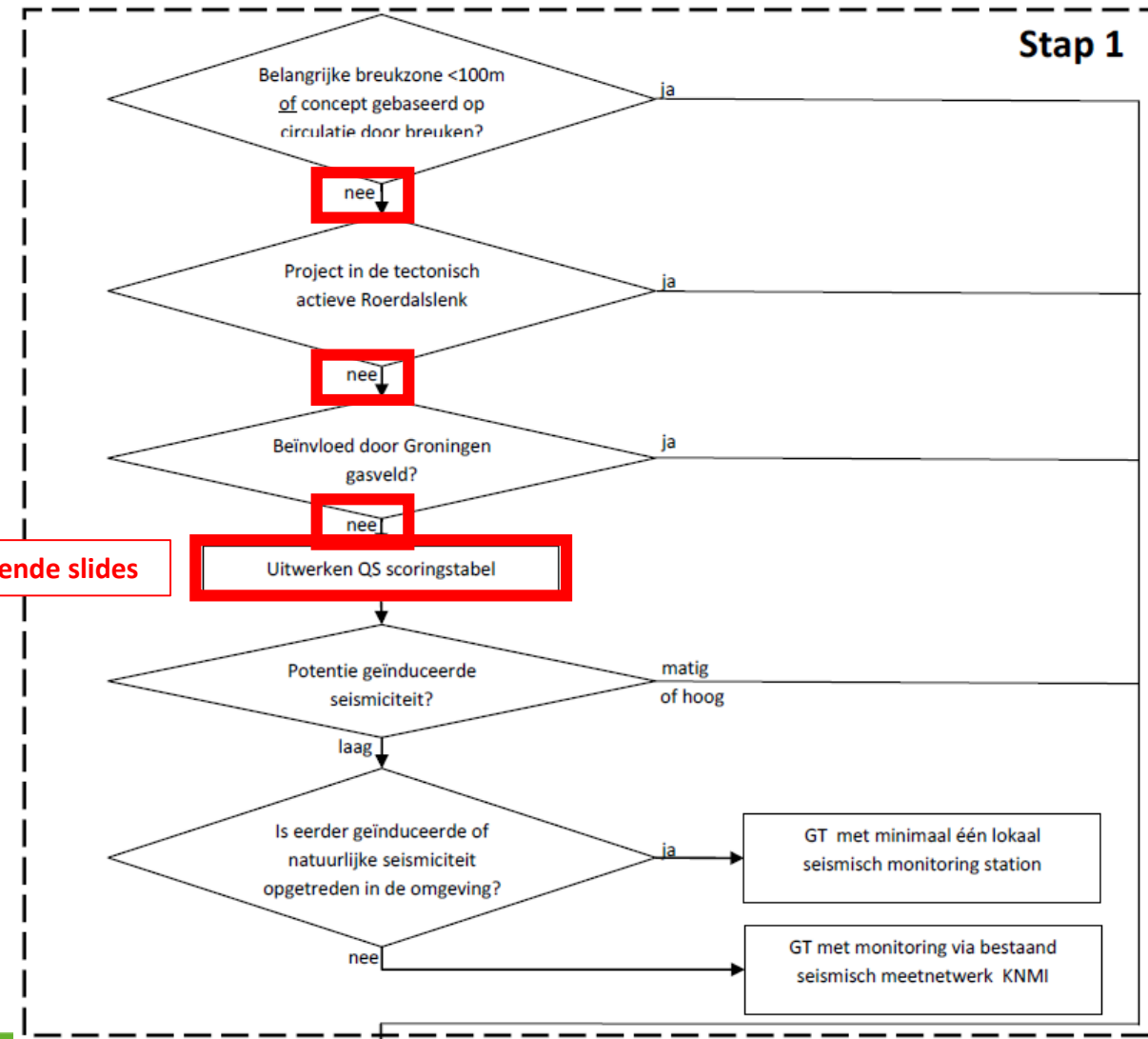
QuickScan Seismische Risico Analyse Tinte/Oostvoorne

14-07-2020



SRA Geothermie – Stap 1 – Quickscan

Uitgewerkt in de volgende slides



QuickScan Scoringsschema

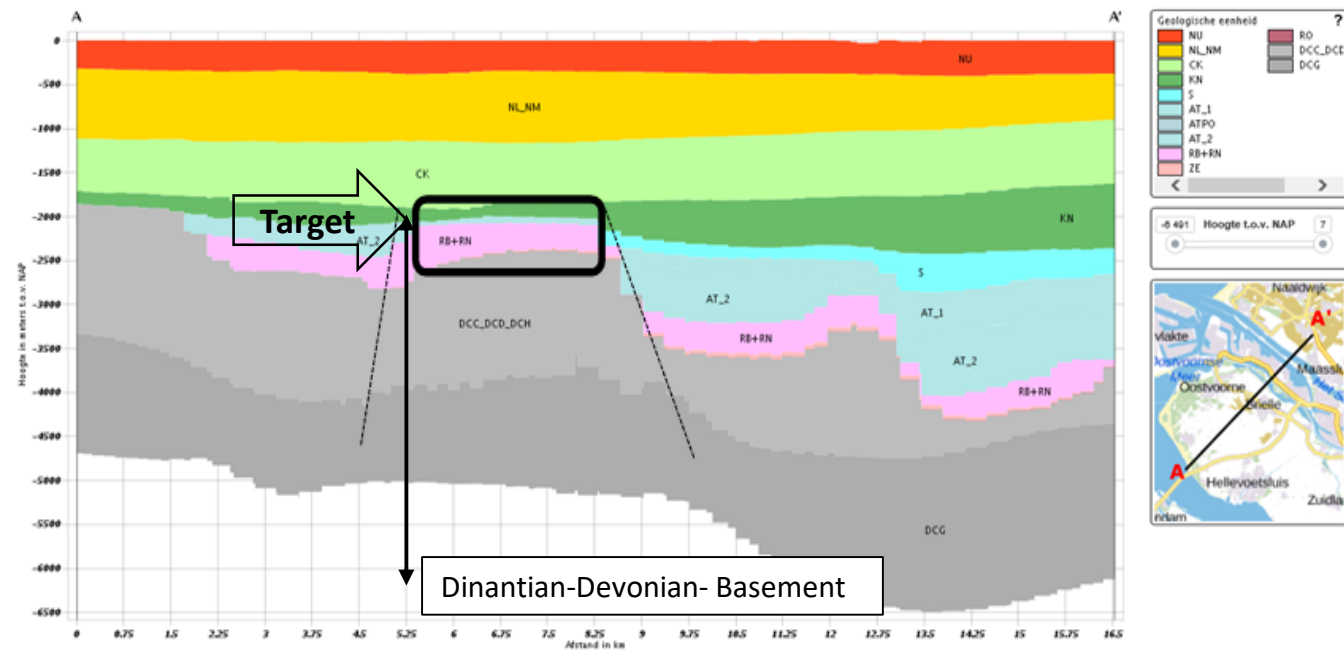
- In de Quickscan wordt aan de hand van 9 parameters (zie tabel) de potentie van geïnduceerde seismiciteit afgeleid
- Deze 9 parameters worden in de volgende slides één voor één behandeld

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]	systeemdebiet [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

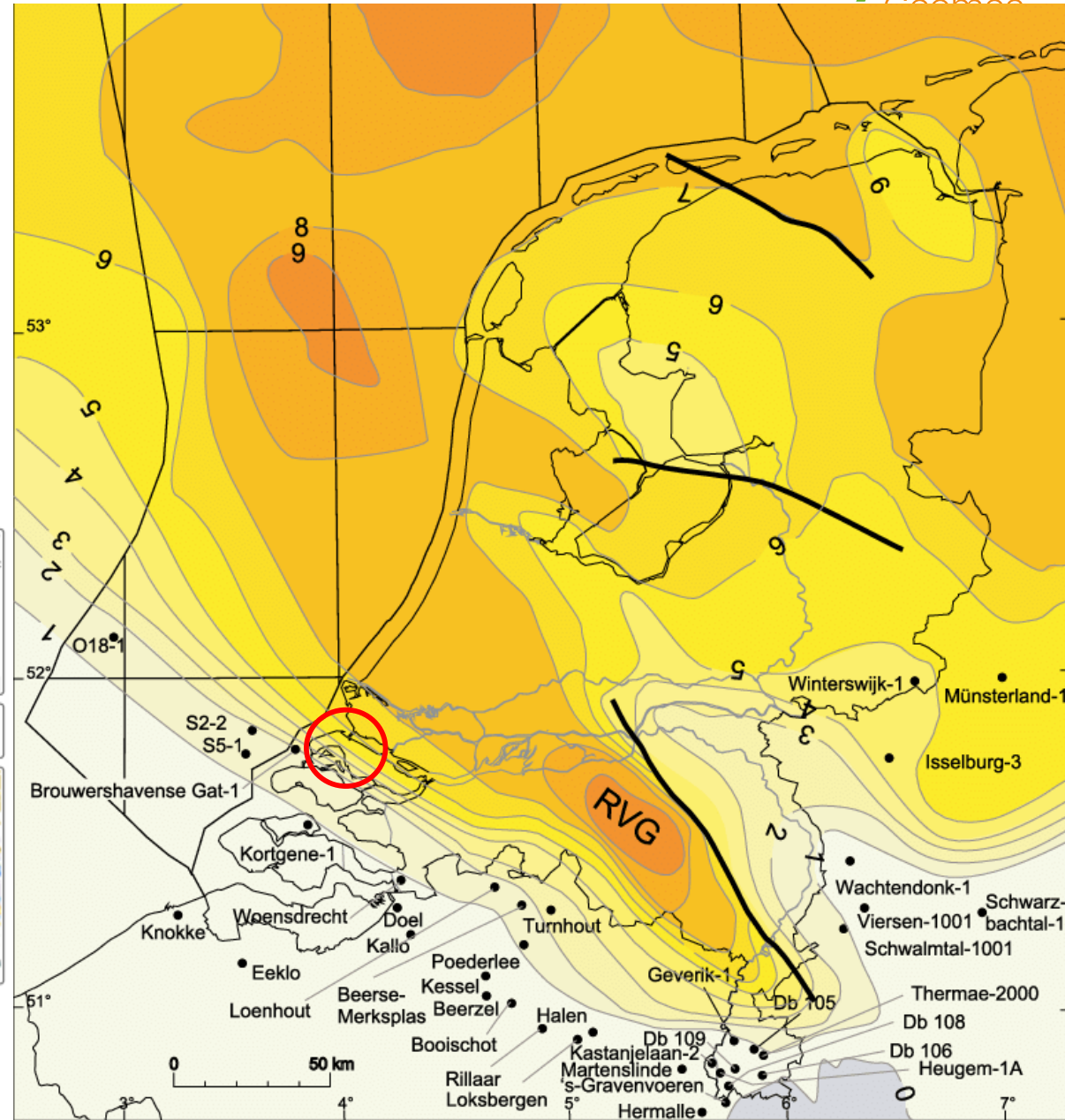
[1] Verbinding met kristallijnen basement

- Er is geen verbinding mogelijk tussen het geothermische systeem en het kristallijnen basement
- Het kristallijnen basement wordt >5km diep verwacht; i.e. >3 km dieper dan target

SCORE: 0



Schematic depth map in kilometres of the top of the pre-Silesian (Geluk et al, 2007)



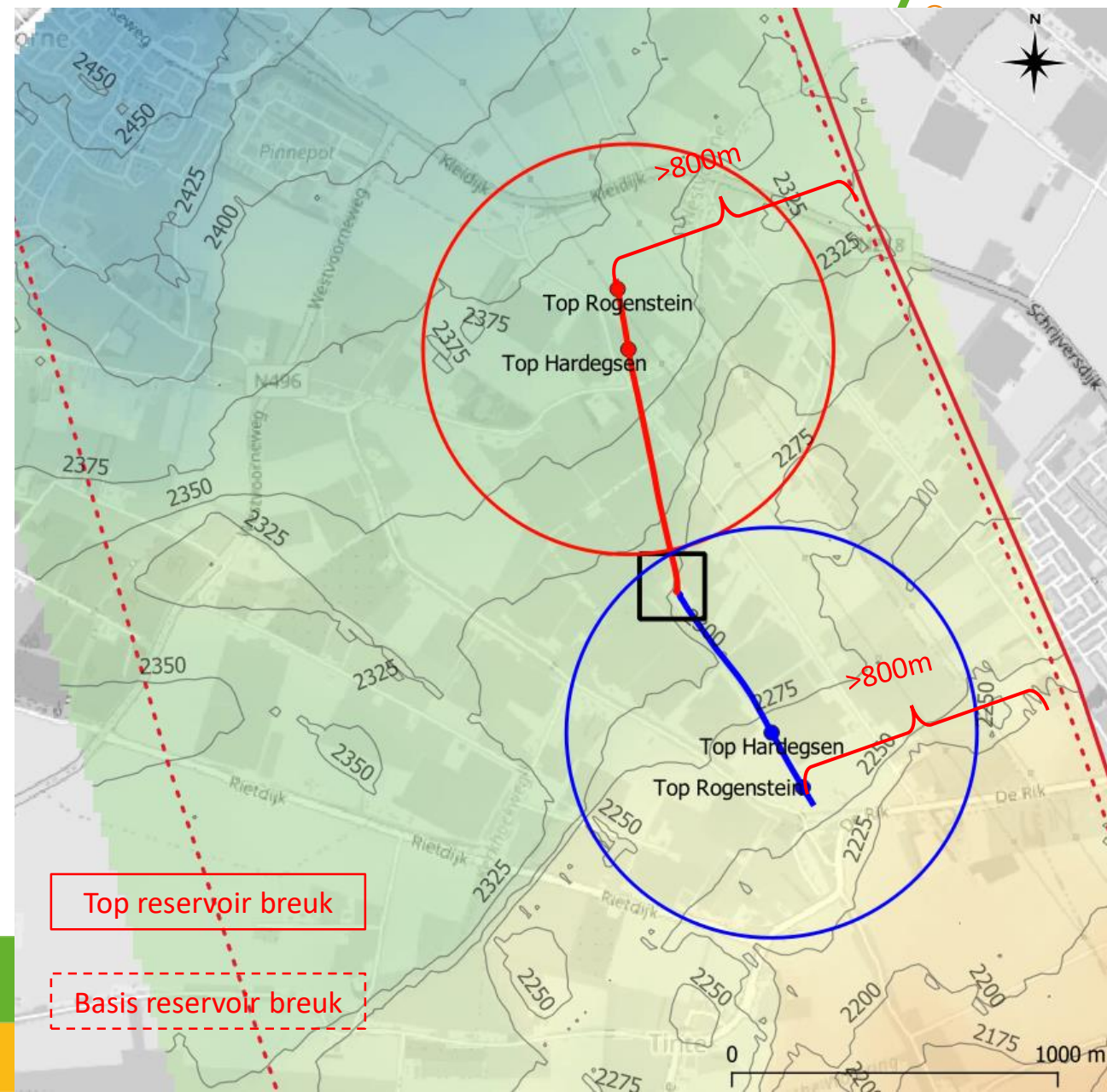
[2] Afstand tot bestaande breuken

● Breuken zijn weergegeven op de Top en basis

Hoofd Bontzandsteen:

- Afstand producer tot breuk >800m
- Afstand injector tot breuk >800m

● **SCORE: 3**



[3] Oriëntatie breuken in stressveld

- Op de World Stress Map wordt de richting van maximale horizontale stress weergegeven (S_{Hmax})
- Vier datapunten in de regio
- Alle metingen duiden op een NW-ZO georiënteerde S_{Hmax}
- Consistent met de kennis van het regionale stress regime in het West Nederland Bekken, welke het gevolg is van Alpiene compressie



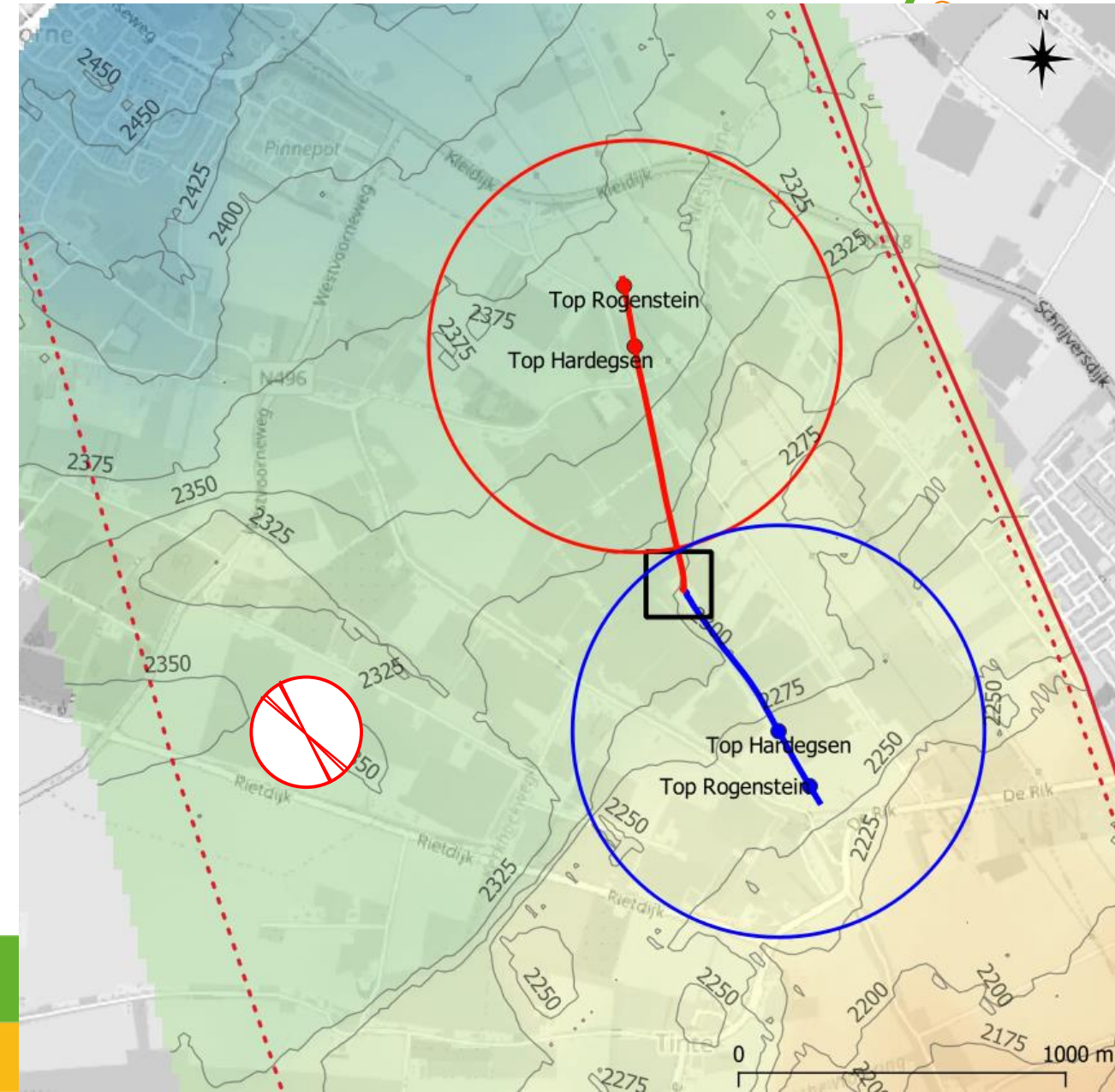
World Stress Map

Heidbach, Oliver; Rajabi, Mojtaba; Reiter, Karsten; Ziegler, Moritz; WSM Team (2016): World Stress Map Database Release 2016. GFZ Data Services.

[doi:10.5880/WSM.2016.001](https://doi.org/10.5880/WSM.2016.001).

[3] Oriëntatie breuken in stressveld

- Rode lijnen in witte cirkel geven vier regionaal gemeten oriëntaties van S_{Hmax} weer
- In een strike-slip stress regime geldt:
 - Breuken $// S_{Hmax}$ meest waarschijnlijk gereactiveerd
 - Breuken $\perp S_{Hmax}$ minst waarschijnlijk gereactiveerd



[3] Oriëntatie breuken in stressveld

- Kaart toont actieve breuken in het quartair (doorgetrokken zwarte lijnen; zie legenda inzet)
- Geen actieve breuken in de buurt van de projectlocatie (>25 km)

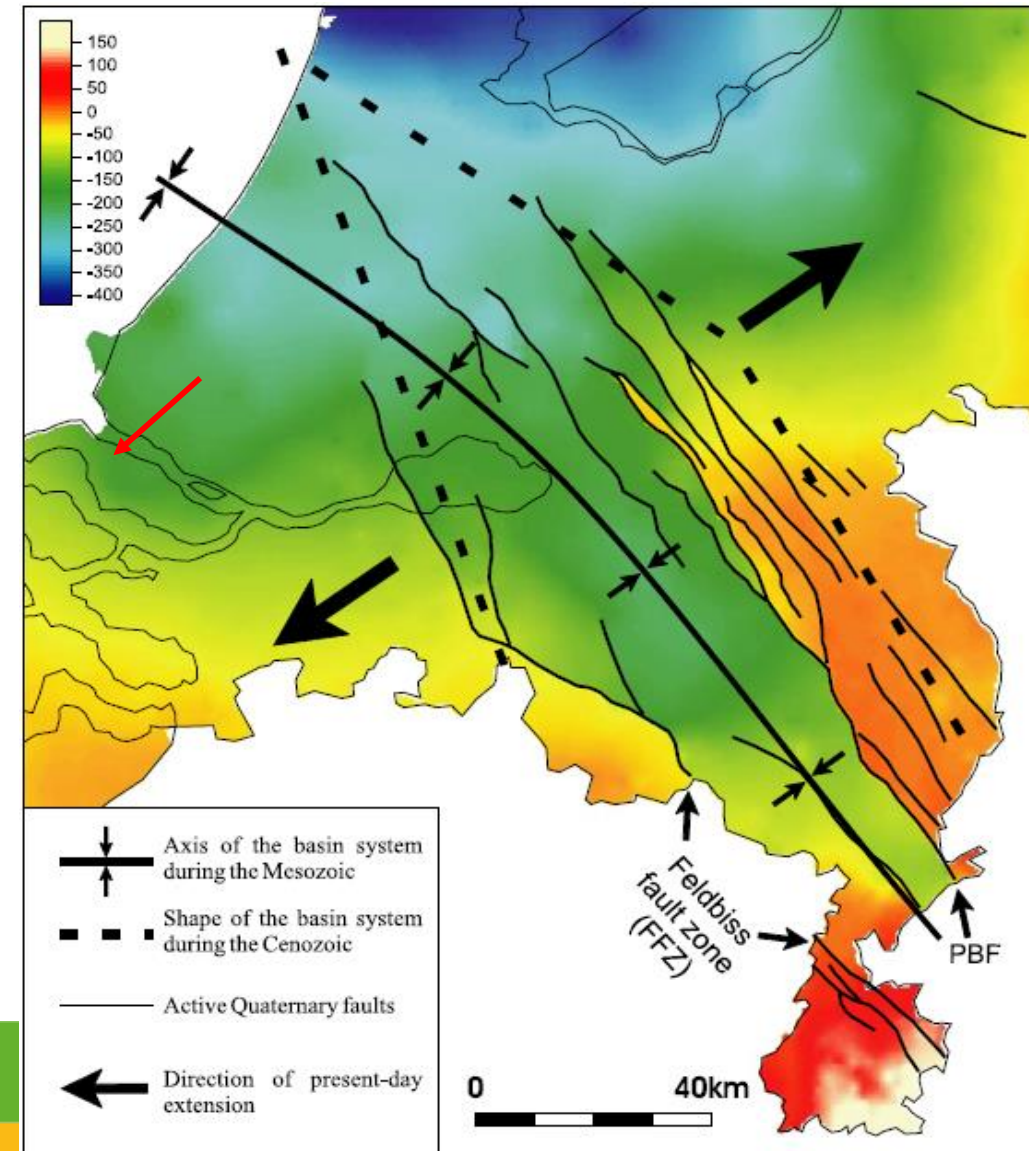


Fig. 5. Depth map of the base Quaternary horizon. Active Quaternary faults are indicated (PBF).

[3] Oriëntatie breuken in stressveld

● Breukactiviteit in het West Nederland Bekken: Worum et al 2005

- WNB seismisch inactief
- Geen geomorfe indicaties voor breuk activiteit
- Uniforme Neogene-Quartaire bodemdaling, niet gepaard met breukvorming

● Ondanks een decennialange geschiedenis van olie- en gaswinning geen geïnduceerde seismiciteit gemeten in Zuid Holland

● Conclusie: Bezwijken niet waarschijnlijk,

● Echter..... letterlijk genomen is de oriëntatie van de breuken wel gunstig voor bezwijken....daarom:

● **SCORE: 7**

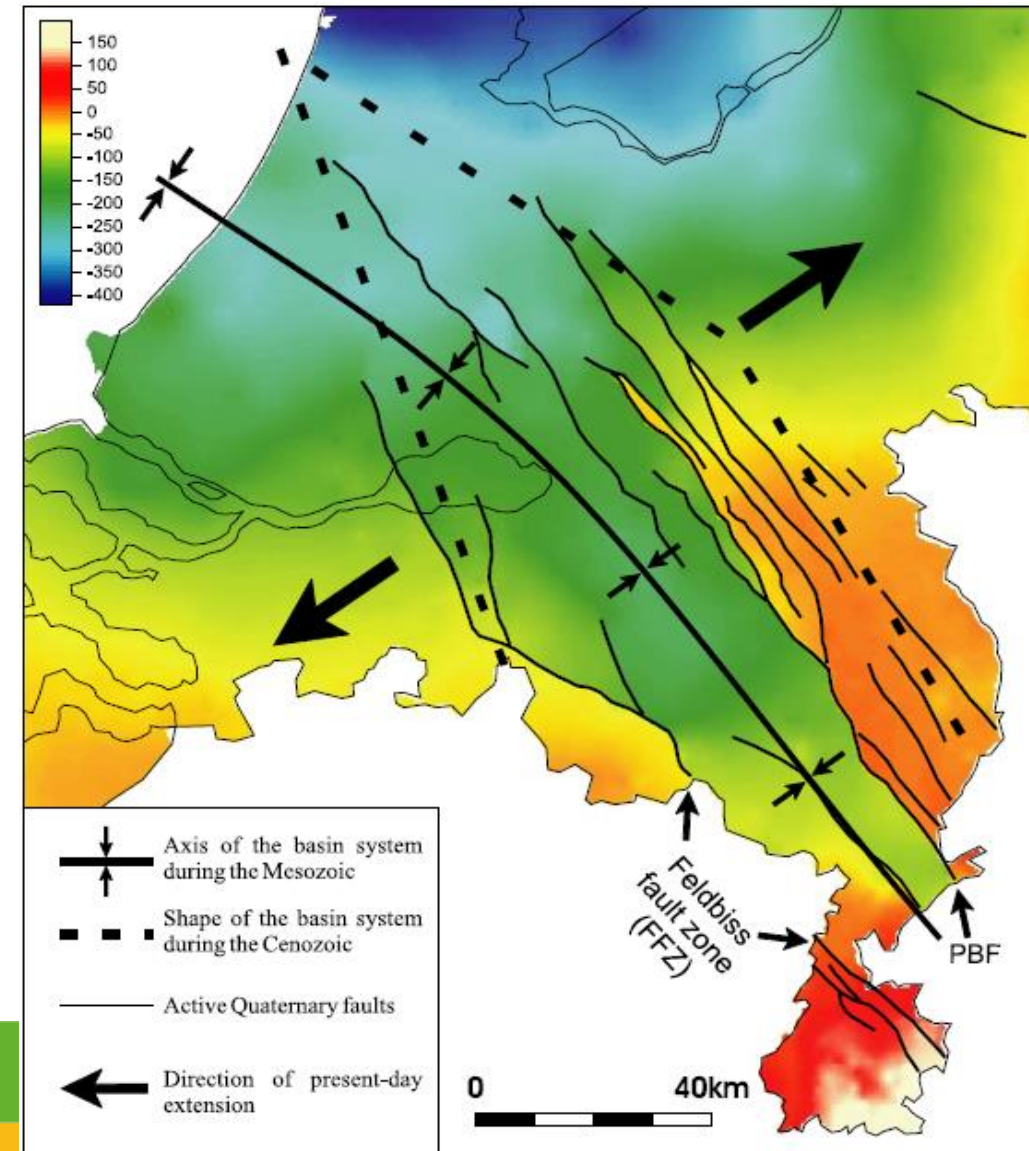


Fig. 5. Depth map of the base Quaternary horizon. Active Quaternary faults are indicated (PBF).

[4] Netto geïnjecteerd volume

• Het geproduceerde volume zal weer in hetzelfde reservoir
geïnjecteerd worden

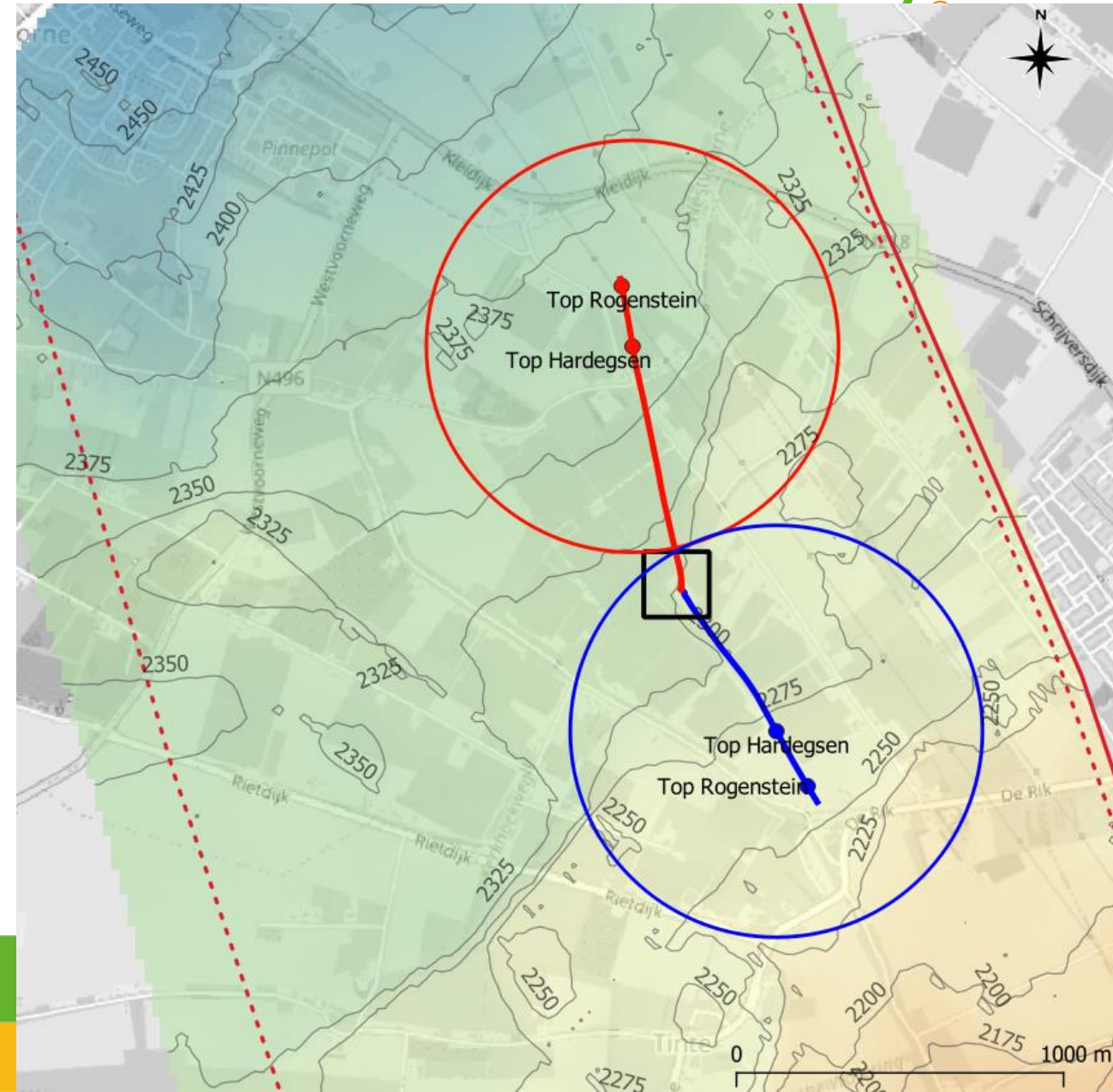
• Netto geïnjecteerd volume: 0 m³

• **SCORE: 0**

[5] Drukcommunicatie tussen de putten

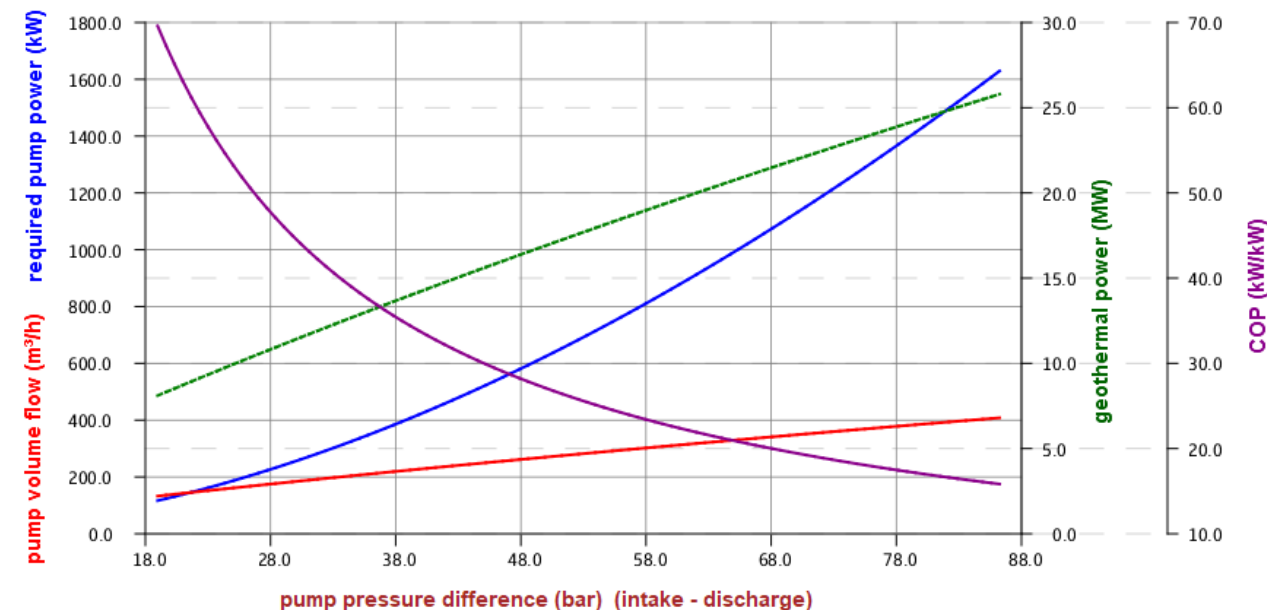
- Onttrekking en injectie beiden uit en in Hoofd Bontzandsteen
- Op basis van 3D seismiek worden er geen breuken verwacht tussen de producer en de injector
- Drukcommunicatie aangetoond tussen de injector en de producer tijdens circulatietest

SCORE: 0



[6] Injectiedruk

- Maximum debiet: 300m³/h
- Pressure difference @ injector 34bar
- SCORE: 7**



file: ... \4. subsurface studies\02.voorne\10.vermogens berekening\200518_voorne_winningsplan_fp.xml

Geotechnics (Input)

Property	min	median	max
aquifer permeability (mD)	211.0	274.0	345.0
aquifer net to gross (-)	0.81	0.82	0.83
aquifer gross thickness (m)	201.0	202.0	203.0
aquifer top at producer (m TVD)	2089.0	2322.0	2554.0
aquifer top at injector (m TVD)	2021.0	2245.0	2470.0
aquifer water salinity (ppm)	120000.0	130000.0	140000.0

Property	value
number of simulation runs (-)	1000.0
aquifer kh/kv ratio (-)	5.0
surface temperature (°C)	10.0
geothermal gradient (°C/m)	0.033
[mid aquifer temperature producer (°C)]	0.0
[initial aquifer pressure at producer (bar)]	0.0
[initial aquifer pressure at injector (bar)]	0.0
exit temperature heat exchanger (°C)	30.0
distance wells at aquifer level (m)	1285.0
pump system efficiency (-)	0.6
production pump depth (m)	847.0
pump pressure difference (bar)	57.5
outer diameter producer (inch)	9.63
skin producer (-)	2.0
skin due to penetration angle p (-)	-0.33
pipe segment sections p (m AH)	847.0,1218.0,2526.0
pipe segment depth p (m TVD)	847.0,1207.0,2323.0
pipe inner diameter p (inch)	6.28,9.35,8.25
pipe roughness p (milli-inch)	0.2,1.5,1.5
outer diameter injector (inch)	9.63
skin injector (-)	2.4
skin due to penetration angle i (-)	-0.46
pipe segment sections i (m AH)	1072.0,2350.0
pipe segment depth i (m TVD)	1071.0,2248.0
pipe inner diameter i (inch)	9.35,8.25
pipe roughness i (milli-inch)	1.5,1.5

Geotechnics (Output)

Monte Carlo cases (stochastic inputs)	P90	P50	P10
aquifer kH net (Dm)	39.71	45.37	51.95
mass flow (kg/s)	80.73	88.89	96.51
pump volume flow (m ³ /h)	273.1	300.9	326.7
required pump power (kW)	726.9	801.0	869.7
geothermal power (MW)	16.59	18.87	21.16
COP (kW/kW)	22.0	23.6	25.2

aquifer pressure at producer (bar)	223.5	237.4	251.9
aquifer pressure at injector (bar)	216.47	229.59	242.61
pressure difference at producer (bar)	15.76	16.54	17.34
pressure difference at injector (bar)	32.54	34.17	35.89
aquifer temperature at producer * (°C)	85.73	89.95	94.19
temperature at heat exchanger (°C)	84.53	88.62	92.75

base case (median value inputs)	value
aquifer kH net (Dm)	45.39
mass flow (kg/s)	88.7
pump volume flow (m ³ /h)	300.0
required pump power (kW)	798.7
geothermal power (MW)	18.86
COP (kW/kW)	23.6

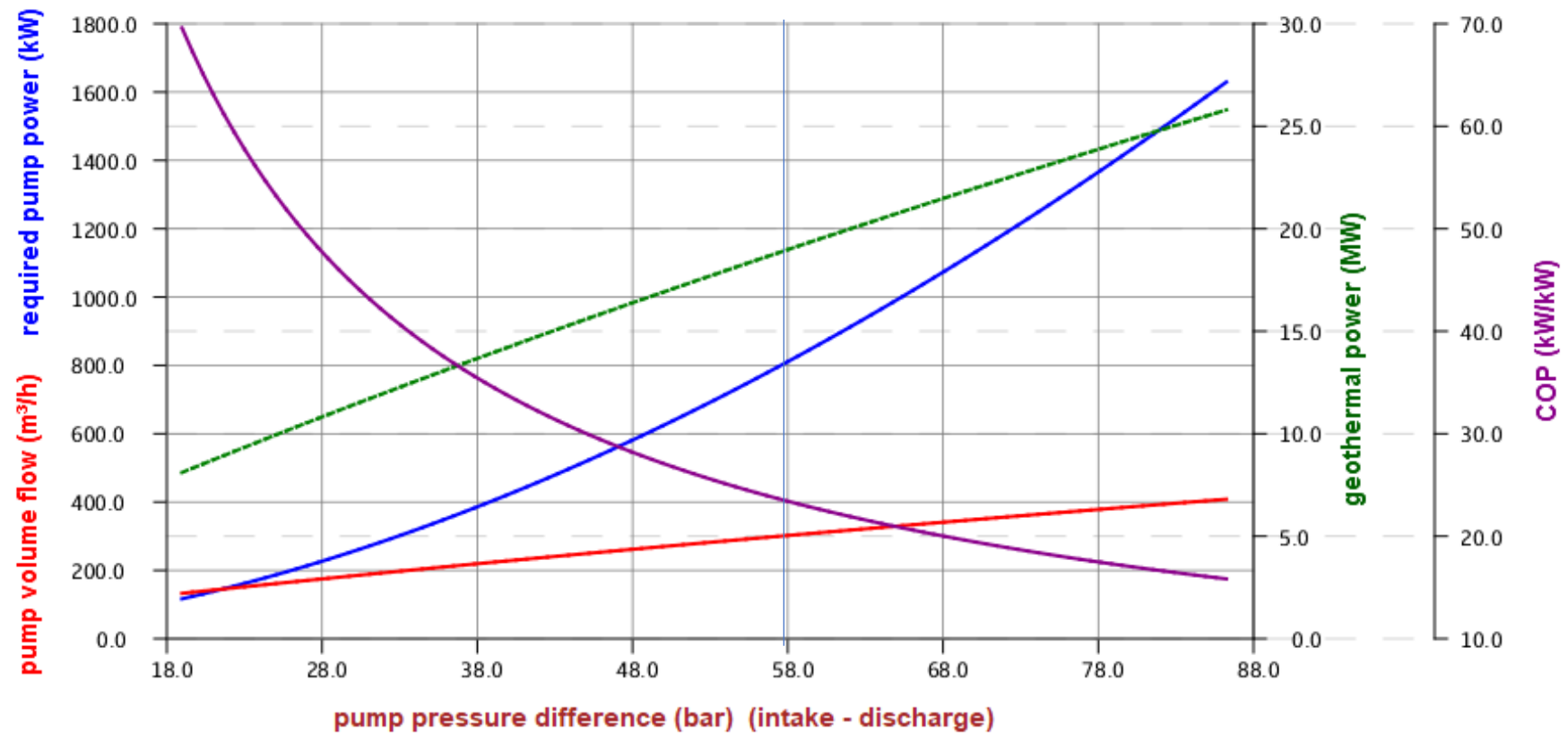
aquifer pressure at producer (bar)	237.39
aquifer pressure at injector (bar)	229.53
pressure difference at producer (bar)	16.56
pressure difference at injector (bar)	34.21
aquifer temperature at producer * (°C)	89.94
temperature at heat exchanger (°C)	88.64
pressure at heat exchanger (bar)	26.61

* @ mid aquifer depth

[7] Systeem debiet

Gepland debiet: 300m³/h

SCORE: 7



[8] Afstand tot natuurlijke aardbevingen

[9] Afstand tot geïnduceerde seismiciteit

Er zijn in Zuid Holland geen natuurlijke aardbevingen of geïnduceerde seismiciteit gerapporteerd: afstand voor beide items >10 km

SCORE 0 en 0

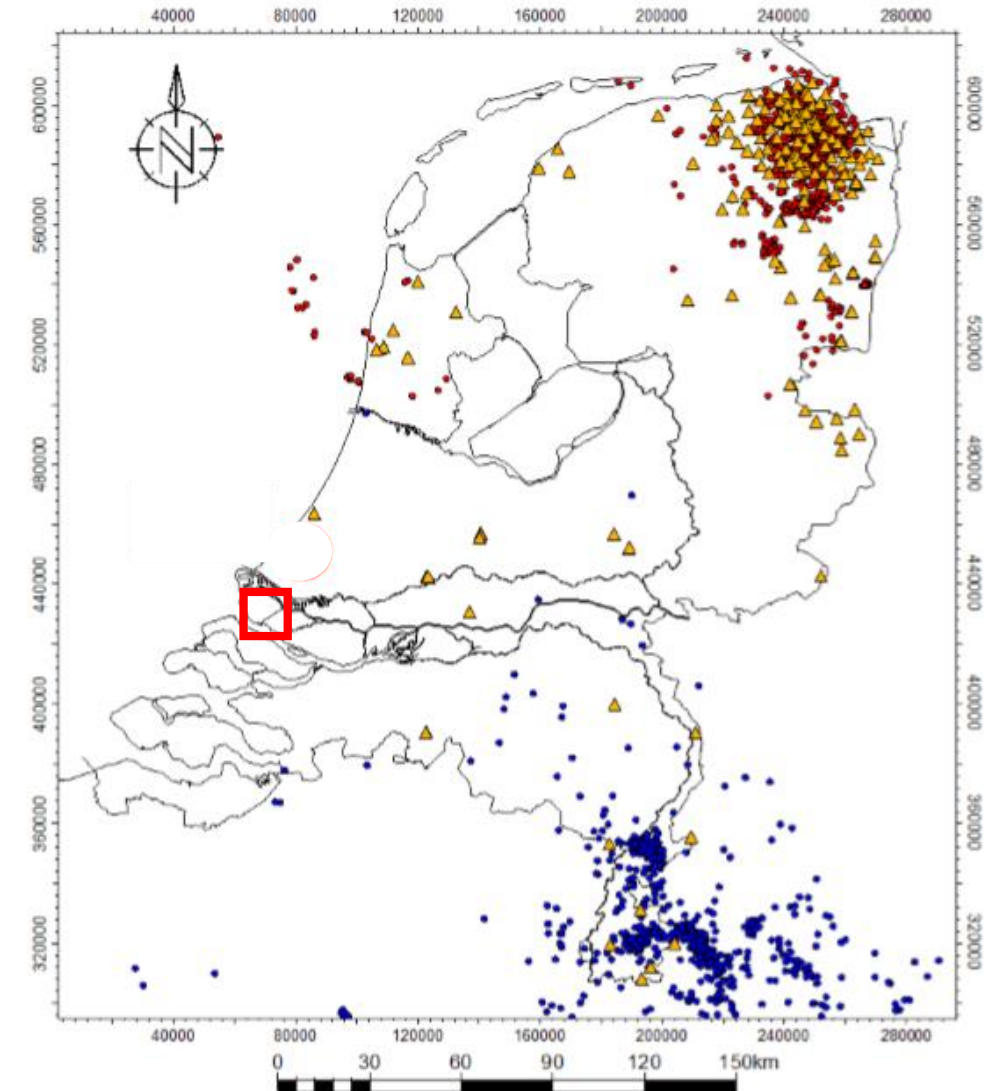


Figure 4-9. Map showing the epicentres of the seismicity in The Netherlands per November 2018 (red circles, induced seismicity and blue dots natural seismicity) and the measuring stations (orange). Please note that there has been no induced or natural seismicity in the proximity of GTD

Resultaat QuickScan Scoringsschema

Totale score 20/90

Potentie is **laag**

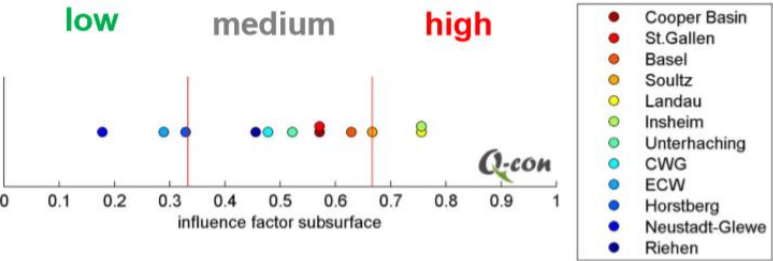
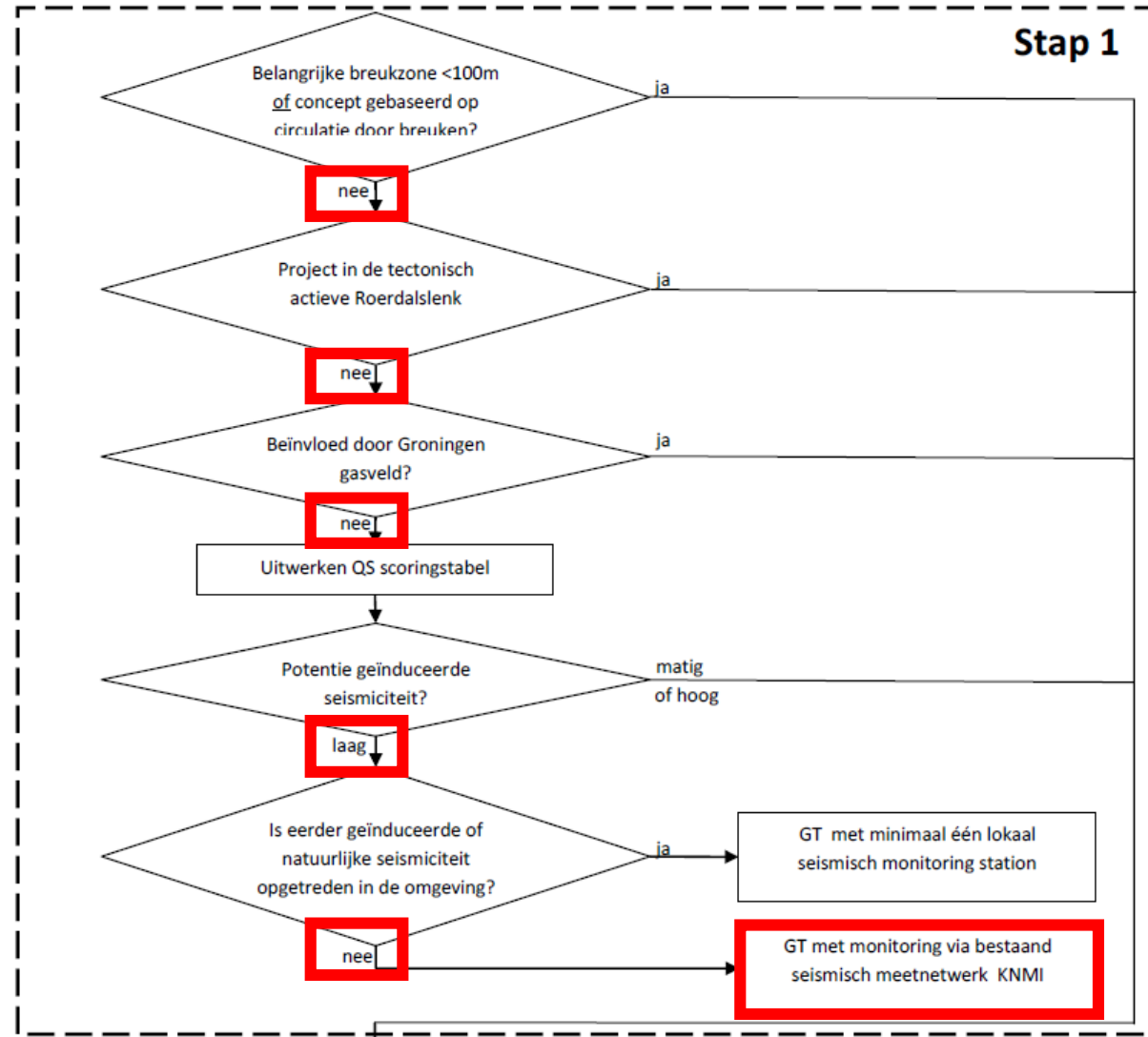


Figure 14: Quick-Scan applied to selected projects presented in section 4.2. Each colored dot represents the seismicity potential of a geothermal project as listed in the legend. Projects are sorted according to the maximum earthquake magnitude associated with the project, with the warm colors representing large magnitude, and cold colors representing no seismicity.

score	verbinding met kristallijnen basis	afstand [km] tot bestaande breuken	oriëntatie van de breuk in heersende stressveld	netto geïnjecteerd volume [x1.000 m³]	drukcommunicatie tussen de putten	injectiedruk [bar]	systeemdebiet [m³/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

SRA Geothermie – Conclusie

- Totale score 20/90
- Potentie is **laag**
- Seismische monitoring kan plaatsvinden m.b.v. bestaand seismisch meetnetwerk van het KNMI



2D Mohr Coulomb

Invoer parameters	waarde	Default	eenheid
Diepte top aquifer in productieput	-2322	x	m
Diepte top aquifer in injectieput	-2245	x	m
Gemiddelde diepte top aquifer	-2250	x	m
Diepte pomp	-847	-500	m
Aquiferdruk Productieput	237	x	bar
Aquiferdruk Injectieput	230	x	bar
Bottom hole pressure Productieput	220	x	bar
Bottom hole pressure Injectieput	264	x	bar
Drukverschil over put-aquifer interface in productieput	17	x	bar
Drukverschil over put-aquifer interface in injectieput	34	x	bar
hydrostatische gradient in injectieput	0,102	0,106	bar/m
lithostatische gradient	0,221	0,225	bar/m
minimale horizontale spanningsgradient (bar/m)	0,143	0,16	bar/m
Injectietemperatuur	30	x	°C
Aquifer temperatuur @ productieput	85	x	°C
Aquifer temperatuur @ injectieput	82	x	°C
Delta temperatuur @ injectieput	52	x	°C
Temperatuurgradient	0,033	0,032	°C/m
Gemiddelde oppervlaktetemperatuur	10	10	°C
Youngs modulus	19000	10000	Mpa
Poisson's ratio	0,29	0,25	frac
Arching coefficient	0,4	0,4	
Biot coefficient	0,7	0,75	
Linear thermal expansion coefficient (°C-1)	1,00E-05	1,00E-05	°C ⁻¹
Cohesie	0	0	bar
Hoek van inwendige wrijving	33	33	°
Invloed thermische stress	Ja		

Uitvoer	Waarde	Validatie	
Tubing Head Pressure toegestaan volgens SodM protocol	74	JA	35
Maximale verschildruk injectieput top reservoir	73	JA	34
Fracking		NEE	
Kans op breukreactivatie		JA	

