





# Gasopslag Bergermeer Microseismische monitoring

## Maandrapportage

Maart 2019

Sign.	Datum	Sign.	Datum
	15-4-2019		15-4-2019
T.T. Scherpenhuijsen		W.J. Plug	
Author		Subsurface Manager	
<b>Prepared</b>		<b>Approved</b>	



## INHOUD

Het Bergermeer gasveld wordt continue gemonitord met betrekking tot het voorkomen van microseismische activiteiten. In de maandrapportage worden de metingen van de meest recente maand gerapporteerd. De locaties van de categorie-I events worden op een kaart weergegeven (Figuur 1) en in een tabel (Tabel 1). Een totaal overzicht van de geobserveerde microseismische activiteit wordt in een grafiek weergegeven in Figuur 2.

Voor uitleg over het doel van het monitoringsprogramma en de gebruikte technische inrichtingen wordt verwezen naar het referentierapport (Ref. 2).

Maandelijks wordt de microseismiciteit gerapporteerd en geanalyseerd door ESG (het bedrijf dat de metingen technisch verzorgt; Ref. 3). Deze rapportages worden als basisgegevens voor dit rapport gebruikt. De resultaten van microseismisch monitoring vormen de basis voor het verkeerslicht veiligheidsmanagement systeem, zoals overeengekomen tussen TAQA en SodM.

Seismische magnitudes worden weergegeven volgens een logaritmische schaal.

$M = 3$  betekent  $M = {}^{10}\log 10^3 = 3$ .

$M = -3$  betekent  $M = {}^{10}\log 10^{-3} = -3$  ( $M = -3$  is een miljoen ( $10^6$ ) keer kleiner dan  $M = 3$ )

Trillingen met  $M$  kleiner dan 1,5 worden als microseismische activiteit beschouwd, omdat in het algemeen trillingen zwaarder dan  $M = 1.5$  altijd geregistreerd kunnen worden door geofoons aan de oppervlakte. Lokaal kan door gunstige omstandigheden tot iets lagere magnitudes gemeten worden, bijvoorbeeld door een gunstige ligging en lage ruisniveaus.

## STATUS

- Op 11 januari 2015 is het microseismisch monitoringsysteem na onderhoud terug geplaatst in de put BGM-05. Na stabilisatie hebben de geofoons, vanaf 11 januari, naar behoren gefunctioneerd. Op 19 januari zijn de geofoons met een succesvol checkshot gekalibreerd.
- Op 4 juli 2015 zijn de geofoons uit BGM-5 verwijderd.
- Op 10 juli 2015 zijn nieuwe geofoons geplaatst in BGM-01.
- De geofoons zijn vanaf 13 juli 2015 werkzaam.
- De geofoons zijn in de week van 13 juli 2015 met meerdere checkshots gekalibreerd.
- Sinds het begin van de metingen in 2010 zijn er zeven categorie-I trillingen gemeten (Tabel-1 en Figuur 1).
- In de maand maart 2019 is er geen categorie-I microseismische events gemeten (Tabel 1).
- In de maand maart 2019 is er geen categorie-II microseismische event gemeten (Tabel 1).
- In de maand maart 2019 is er geen categorie-III microseismische event gemeten (Tabel 2).
- In de maand december 2018 is het microseismisch monitoring systeem één week (van 7 t/m 14 december) offline geweest vanwege gepland onderhoud.
- Alle tot nu toe gemeten microseismische activiteit vallen ruim binnen het groene gebied van het 'verkeerslicht veiligheidsmanagement systeem' ( $M < 1,5$ ) (VMS; Ref. 1).

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-196036-v3; maart 2019	1	15-4-2019	2 van 7



## MICROSEISMISCHE OBSERVATIES

### Effecten van de gasinjectie en productie

Figuur 2 laat het drukverloop in het reservoir en het drukverschil over de centrale breuk zien, alsmede de microseismische waarnemingen sinds januari 2010.

Tot augustus 2016 waren de drukken gemeten nabij de bovenkant van het reservoir onderdeel van de gerapporteerde drukken. Deze zogenoemde “bottom hole” drukken waren afkomstig van drukmeters in de gasputten. Waarnemingen bevestigen dat het veld zich op korte tijdschaal, de periode waarin deze putten ingesloten zijn, niet stabiliseert. De bottom hole drukken zullen ten tijde van injectie een overschatting zijn van de gemiddelde blokdrukken. Het tegenovergestelde geldt voor de productieperiode. De gemiddelde blokdrukken worden daarom momenteel geschat met het huidige reservoir model wat representatiever is dan de lokale drukmetingen afkomstig van de putten. Dit reservoir model is gekalibreerd met de waargenomen drukken gemeten in de putten. Vanaf september 2016 zullen daarom de gerapporteerde gemiddelde blokdrukken afkomstig zijn uit het huidige reservoir model.

Het gebruik van meerdere putten in beide reservoir blokken maakt gecontroleerd reservoir management mogelijk hetgeen resulteert in een gering drukverschil over de centrale breuk, van 0 bara tot 5 bara.

De microseismische activiteit wordt toegeschreven aan gasproductie en -injectie. De microseismische activiteit is in lijn met de verwachting dat het reservoir iets elastisch meeveert. Deze geringe vervorming kan een reden voor microseismische activiteit zijn. Lokale microseismische activiteit is daarvan een logisch gevolg.

In december 2016 zijn alle geregistreerde microseismische events door ESG herzien. Dit resulteerde in een verbeterde magnitude bepaling voor de events met volgnummer 376 en 377. Event 376 is in magnitude gedaald van -0.6 naar -1.0 en event 377 is in magnitude gedaald van -0.8 naar -1.1.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-196036-v3; maart 2019	1	15-4-2019	3 van 7



Tabel 1. KNMI, Magnitude en ESG interpretatie van microseismische categorie-I en –II trillingen ( $M > -1.4$ )

Volg nr.	Datum (dd/mm/yyyy)	Tijd (uu:mm:ss)	X(m)	Y(m)	Z(m)	Magn.	Afstand (m)	$^1P_{res}$ (bara)	$^2\Delta P_{breuk}$ (bara)
<b>Categorie-I trillingen met een magnitude <math>&gt;-1.4</math> en geassocieerd worden met de centrale breuk</b>									
11	04/09/2010	08:21:31	109504	518104	-1948	-1.11	1125	38	5
19	12/12/2010	15:17:08	109129	518317	-1992	-0.17	799	43	11
66	14/09/2011	14:06:01	109109	518672	-2223	-0.98	445	51	21
139	09/11/2011	05:09:54	109349	518173	-1855	-0.73	1022	54	24
201	29/03/2012	09:22:52	108988	518997	-2190	-0.84	115	58	28
221	06/03/2013	11:25:26	109369	517690	-2000	0.70	1076	68	32
374	25/05/2015	11:08:35	109210	518019	-2589	-1.10	861	96	3
<b>Categorie-II trillingen in de nabijheid van het Bergermeer veld met een magnitude van <math>&gt;-1.4</math> en niet geassocieerd worden met de centrale breuk</b>									
10	26/08/2010	11:57:45	109806	519403	-1881	-1.37	896	38	5
34	11/05/2011	08:42:29	108963	516814	-2116	-1.25	2280	44	12
205	18/04/2012	22:24:49	106056	522968	-1713	0.72	4884	59	29
303	29/07/2014	15:49:56	110044	517631	-1157	-1.18	3244	86	14
304	31/07/2014	16:55:56	108889	517809	-1871	-1.25	1016	86	14
375	29/07/2015	18:43:40	110272	518689	-2015	-1.34	893	109	1
376	05/08/2015	16:30:54	111118	517882	-1906	-1.00	1612	111	1
377	26/08/2015	15:20:14	110025	519400	-1951	-1.10	1238	116	1
378	31/08/2015	18:44:01	110803	518363	-2317	-0.84	1463	117	1
379	31/08/2015	21:05:09	110676	518208	-2292	-1.00	1356	117	1
381	11/10/2015	18:44:04	109702	519522	-1950	-1.25	1292	125	1
382	24/01/2016	18:10:17	110213	518798	-2056	-1.22	964	119	3
383	04/02/2016	10:12:17	109928	519388	-2020	-0.87	1235	118	2
395	02/09/2016	09:12:53	109981	519367	-1862	-1.02	1159	125	0
386	20/09/2016	18:19:24	110574	518426	-2307	-1.06	1286	126	1
387	17/10/2016	20:57:53	108214	521662	-2210	-0.09	3701	126	0

Tabel 2. Recente microseismische bevingen binnen, boven en onder het veld (categorie-III). In de periode maart 2019 is er geen categorie-III trillingen gemeten.

Volg nr.	Datum (dd/mm/yyyy)	Tijd (uu:mm:ss)	X(m)	Y(m)	Z(m)	Magn.	Afstand (m)	$^1P_{res}$ (bara)	$^2\Delta P_{breuk}$ (bara)
<b>Categorie-III trillingen binnen, boven en onder het veld met een magnitude van <math>\leq -1.4</math></b>									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 3. Coördinaten van de locaties van de zes geofoons in BGM-01 sinds 10 juli 2015

Level	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	109661.60	518354.39	1278
2	109662.51	518354.47	1370
3	109659.24	518351.03	1460
4	109655.36	518346.69	1576
5	109652.50	518343.50	1667
6	109649.66	518339.80	1764

<sup>1</sup>  $P_{res}$  is de gemiddelde reservoir druk afkomstig uit het huidige reservoir model.

<sup>2</sup>  $\Delta P_{breuk}$  is het gemiddelde druk verschil over de centrale breuk afkomstig uit het huidige reservoir model.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-196036-v3; maart 2019	1	15-4-2019	4 van 7



## REFERENTIES

Ref.1:

Plan van maatregelen tot voorkoming of beperking van bodembewegingen gebaseerd op microseismische monitoring bij de gasopslag in het Bergermeer veld.

Ref. 2:

Referentierapport microseismisch monitoring Bergermeer gasopslag. (TAQA Energy Nederland, April 2016).

Ref. 3:

TAQA Bergermeer-March, 2019 Monthly Report

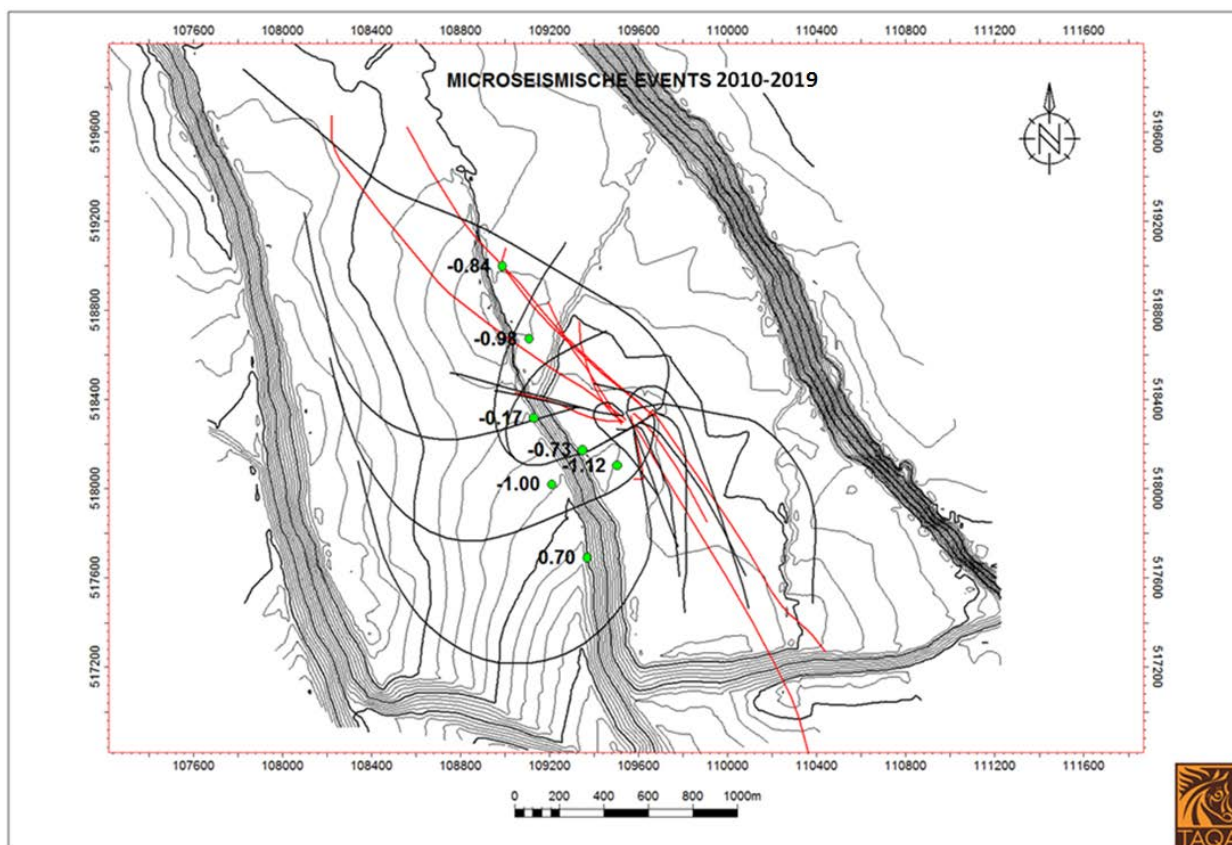
Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-196036-v3; maart 2019	1	15-4-2019	5 van 7



## FIGUREN

Figuur 1. Dieptekaart op Top Rotliegend niveau, met categorie-I trillingen geprojecteerd.

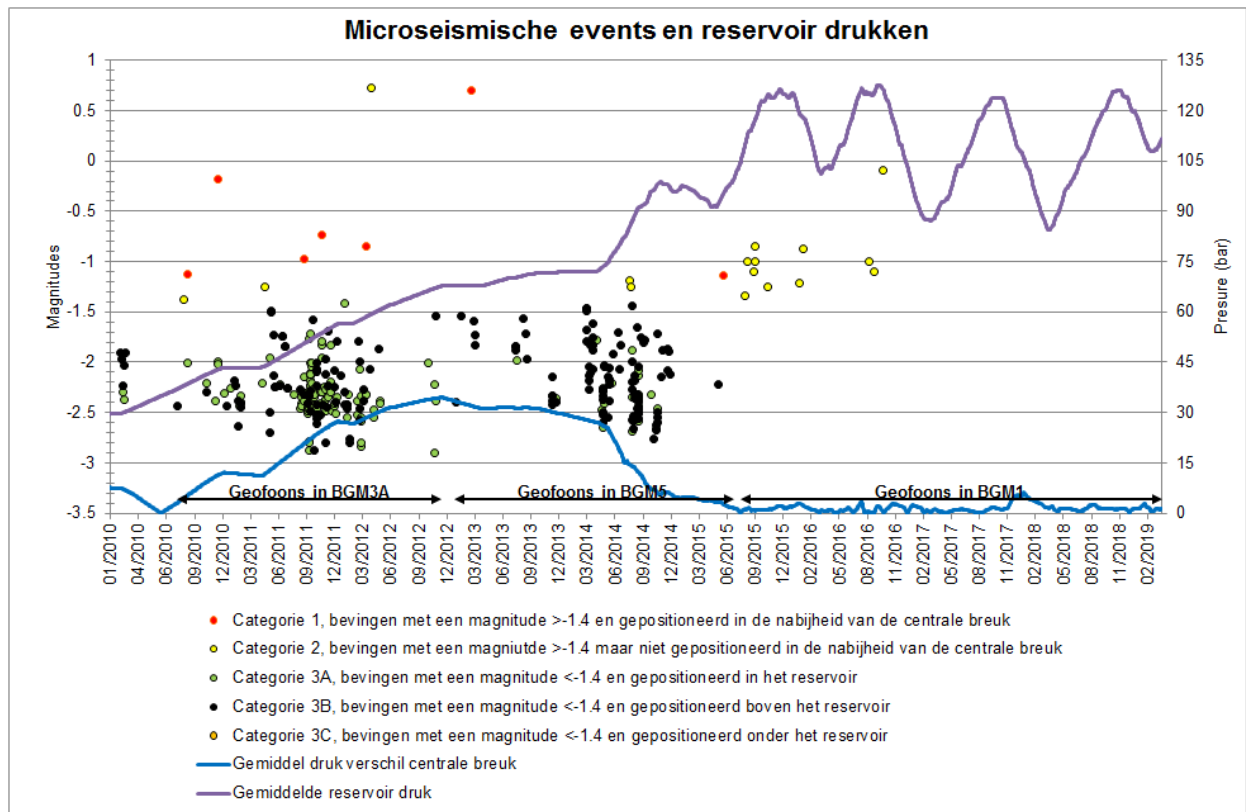
Figuur 2. Microseismische waarnemingen sinds het begin van de monitoring in februari 2010.



**Figuur 1 Dieptekaart op Top Rotliegend niveau, met categorie-I trillingen ( $M > -1,4$ ) geprojecteerd**

In figuur 1 in zijn de locaties van de categorie 1 microseismische bevingen aangegeven met groene rondjes. De magnitudes van de bevingen staan naast iedere locatie vermeld. De trajecten van de oude Bergermeer putten zijn in rood aangegeven en de trajecten van de nieuwe Bergermeer putten in zwart.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-196036-v3; maart 2019	1	15-4-2019	6 van 7



**Figuur 2 Microseismische waarnemingen sinds het begin van de monitoring in februari 2010**

Het figuur geeft op de rechter as de gemiddelde reservoir druk en het gemiddeld druk verschil over de centrale breuk weer. De paarse lijn geeft de gemiddelde reservoir druk aan en de blauwe lijn het gemiddelde druk verschil over de centrale breuk, beide zijn afkomstig uit het huidige reservoir model. Op de linker as worden de magnitudes van de microseismische trillingen weergegeven. In de maandrapportages voorafgaand aan mei 2018 was de herinterpretatie van de twee events met volgnummer 376 en 377 niet juist weergegeven in bovenstaande figuur. Vanaf mei 2018 is dit gecorrigeerd.

Document ECM number	Revision	Revision date	Page
TEN_DM-196036-v3; maart 2019	1	15-4-2019	7 van 7