



NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Staatstoezicht op de Mijnen

Nr.

2 NOV 2016

Inspecteur-Generaal der Mijnen

T.a.v. drs. H.A.J.M. van der Meijden

Postbus 24037

2490 AA DEN HAAG

Brief ref.: EP201610200550

Datum: 27 oktober 2016

Onderwerp: Norg ondergrondse gasopslag – Opslagplan

Bij besluit van 6 augustus 2015, kenmerk DGETM-EO/15103827, is ingestemd met een wijziging van het opslagplan voor de ondergrondse gasopslag Norg. Hierbij zijn een aantal aanvullende voorwaarden en beperkingen gesteld.

In artikel 10 van dit besluit wordt voorgeschreven dat NAM een seismisch meetnetwerk inricht. In artikel 12 wordt voorgeschreven dat NAM voor 1 november 2016 een evaluatie zal aanleveren van het functioneren van het ondiepe seismisch netwerk, alsook in zal gaan op de mogelijkheid en wenselijkheid van een uitbreiding daarvan met een seismisch monitoringsysteem op reservoirdiepte.

Functioneren ondiepe seismische netwerk

De NAM heeft in 2015 een seismisch meetnetwerk ingericht boven de ondergrondse gasopslag Norg (UGS Norg). Dit seismische meetnetwerk bestaat uit drie seismische meetstations, elk seismisch meetstation bestaat uit vier op diepte geplaatste (50, 100, 150 en 200 meter) passieve 3-componenten geofoons, een bovengronds geplaatste versnellingsmeter en communicatieapparatuur, zie Tabel 1.

Het ontwerp van dit meetnetwerk wordt beschreven in het Rapport "Report on the design calculations for a passive seismic monitoring array over Norg UGS", uit september 2015. Op basis van het gerealiseerde ontwerp wordt geschat dat de detecteerbare magnitude rond het reservoir $M \geq 0.35$ is, en de verwachte nauwkeurigheid in de locatiebepaling van het epicentrum aanzienlijk lager dan 500 meter is.



Code: NL.N01			
Latitude 53.1185 °			
Longituc 6.4733 °			
Level	Depth	Unit	Sensor
N010	0	M/S^2	EpiS
N011	50	M/S	SM6H
N012	100	M/S	SM6H
N013	150	M/S	SM6H
N014	200	M/S	SM6H

Code: NL.N02			
Latitude 53.072 °			
Longituc 6.453 °			
Level	Depth	Unit	Sensor
N020	0	M/S^2	EpiS
N021	50	M/S	SM6H
N022	100	M/S	SM6H
N023	150	M/S	SM6H
N024	200	M/S	SM6H

Code: NL.N03			
Latitude 53.111 °			
Longituc 6.4045 °			
Level	Depth	Unit	Sensor
N030	0	M/S^2	EpiS
N031	50	M/S	SM6H
N032	100	M/S	SM6H
N033	150	M/S	SM6H
N034	200	M/S	SM6H

Tabel 1 in deze tabel wordt van de nieuwe passieve seismische monitoring stations die boven de UGS Norg geplaatst zijn de detail informatie getoond over locatie en naamgeving zoals gebruikt door KNMI.

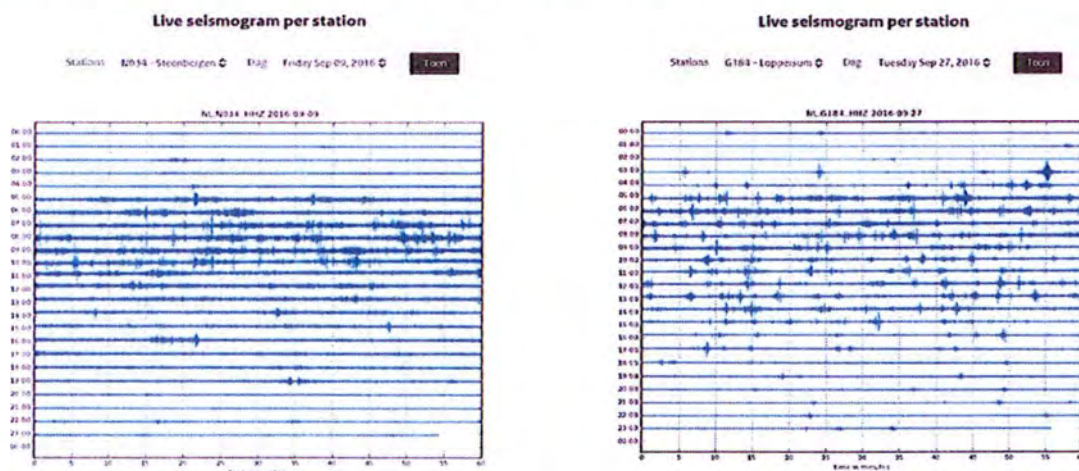
Alle gemeten data wordt continu naar het KNMI gestuurd en wordt door middel van een publiek toegankelijk dataportaal beschikbaar gesteld.

Sinds de ingebruikname van het seismische meetnetwerk in februari 2016 is geen seismische activiteit waargenomen. Ook de in de omgeving geïnstalleerde gebouwsensoren hebben geen bewegingen gemeten.

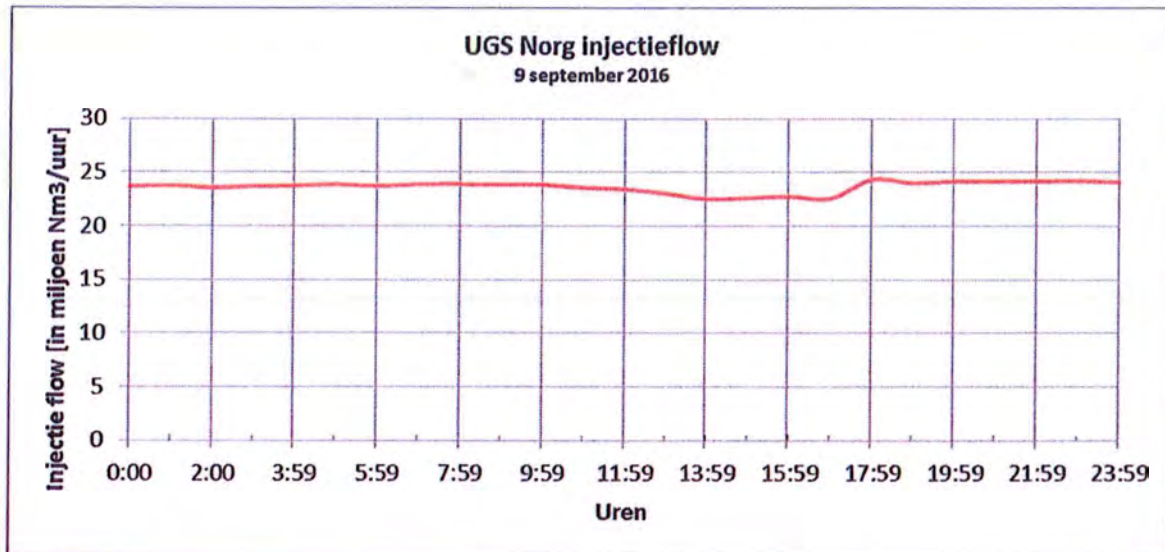
De linker afbeelding in figuur 1 toont een seismogram van het meetstation N-014 (gelegen nabij Steenberg), waarin over een periode van 24 uren de door de diepst geplaatste gefoon (niveau 4, op 200 meter) gemeten data wordt getoond (elke lijn toont 1 uur gemeten data). De rechter afbeelding in figuur 1 toont een seismogram van het meetstation G-184 (gelegen boven het Groningenveld, nabij Loppersum) waarin een zelfde beeld is te zien.

In de periode tussen middernacht en 5 uur, en tussen 20 uur en middernacht worden nauwelijks of geen trillingen gemeten, tussen 5 uur en 20 uur is het trillingsniveau hoger. Gedurende deze gehele dag is gas geïnjecteerd in de UGS Norg zie Figuur 2. Het verschil in trillingsniveau kan worden verklaard door menselijke activiteit (bijvoorbeeld langskomend verkeer), dit wordt geduid als achtergrond.

Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat het meetnet naar behoren functioneert.



Figuur 1 Seismogrammen van station N014 bij Steenberg en G184 bij Loppersum. Op de website van KNMI zijn de registraties van het seismische en akoestische netwerk van het KNMI terug te vinden. Voor de boorgat-sensoren, met meerdere niveaus, wordt alleen de data getoond van het diepste niveau, zie www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/stations/live-seismogrammen.



Figuur 2 toont de UGS Norg injectieflow op 9 september uitgedrukt in miljoen Nm³ per uur. Deze periode komt overeen met de periode die getoond wordt in de live seismogrammen uit figuur 1

Seismisch monitoringsysteem op reservoirniveau

Door middel van het plaatsen van geofoons op de diepte van het gasreservoir zou het, als gevolg van het ontbreken van achtergrond geluid mogelijk zijn om nog lagere niveaus van seismiciteit te detecteren.

In 2013 is NAM begonnen met het plaatsen van (tijdelijke) seismische monitoringsystemen op reservoirniveau in twee bestaande monitoring putten in het Groningen gasveld (de putten Stedum-1 en Zeerijp-1). Ook zijn toen de voorbereidingen gestart om twee speciaal voor (permanente) seismische monitoring ontworpen putten te realiseren, de putten Zeerijp-2 en Zeerijp-3. Deze putten zijn uiteindelijk in november 2015 in gebruik genomen.

De seismische monitoringsystemen in het Groningenveld zijn geplaatst in een seismisch actieve maar relatief "stille" regio (een laag niveau van achtergrondgeluid want geen producerende gasputten in de nabijheid). Met de in het Groningen gasveld geplaatste systemen is aangetoond dat met een seismisch monitoringsysteem op reservoir niveau magnitudes van $M \leq -2.5$ waarneembaar zijn. De maximale afstand waarop bevingen gemeten kunnen worden neemt exponentieel toe met de magnitude: de radius rondom de put waarin in de "stille" regio van het Groningenveld micro-seismiciteit gedetecteerd wordt is enkele honderden tot duizend meters. Figuur 3 toont de gemeten magnitude als functie van de afstand tot de monitoring put.

In de UGS Norg wordt gas geïnjecteerd en geproduceerd, waardoor de radius waarin micro-seismiciteit gedetecteerd kleiner is vergeleken met de situatie rondom de seismische monitoringsputten in het Groningen gasveld. Dit betekent dat een op diepte geplaatst seismisch monitoringsysteem in UGS Norg slechts in een klein gebied rondom de monitoringsput micro-seismiciteit zal kunnen meten, en geen informatie verstrekt over de rest van reservoir.

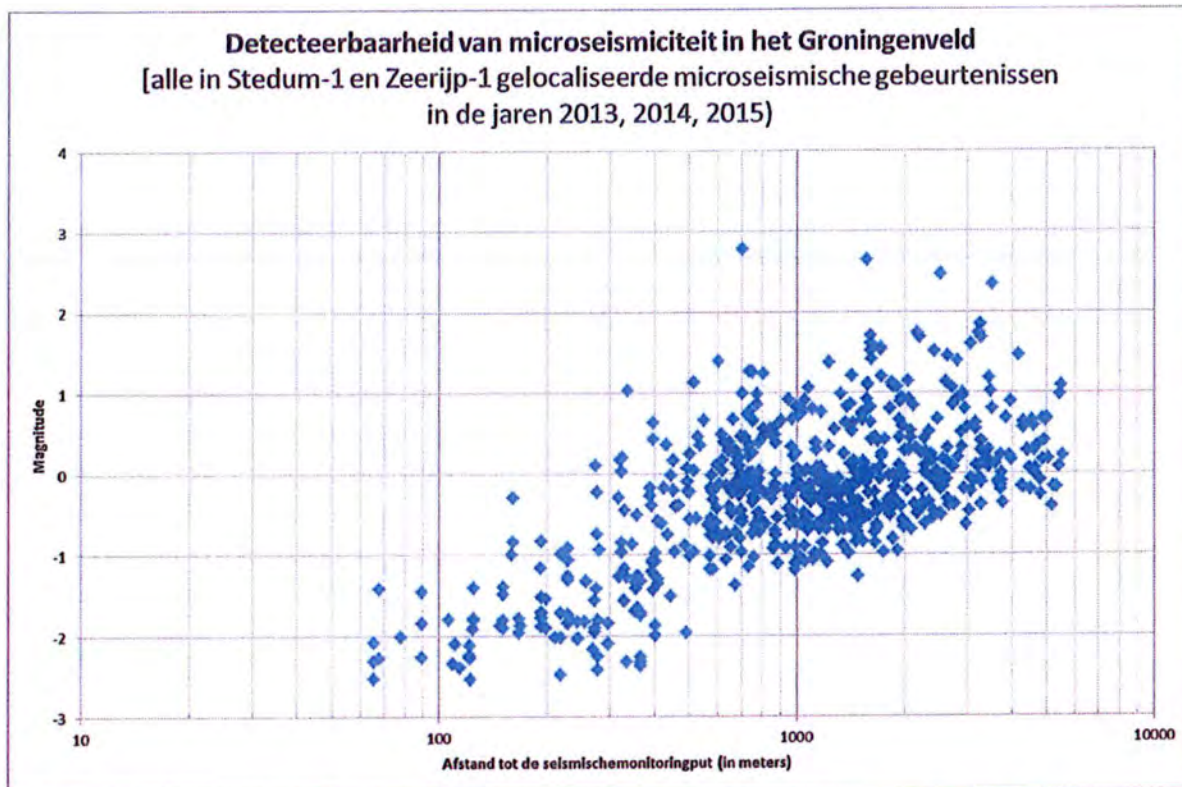


Figure 3 Deze grafiek geeft de magnitude van de gemeten trillingen weer als functie van de afstand tot de seismische monitoringput weer op een logaritmische schaal. De minimale magnitude die gemeten kan worden neemt toe naar mate de afstand tot de put toeneemt.

Het Norg reservoir zit, net als het Groningengasveld, ingeklemd tussen het Zechstein-zout en het Carboon; dit zijn hardere gesteentelagen waarin geluidsgolven sneller voortbewegen. Hierdoor ontstaan zeer complexe seismogrammen op reservoirniveau, die waardoor locatie en magnitude bepalingen onzekerder worden, zie Figure 4.

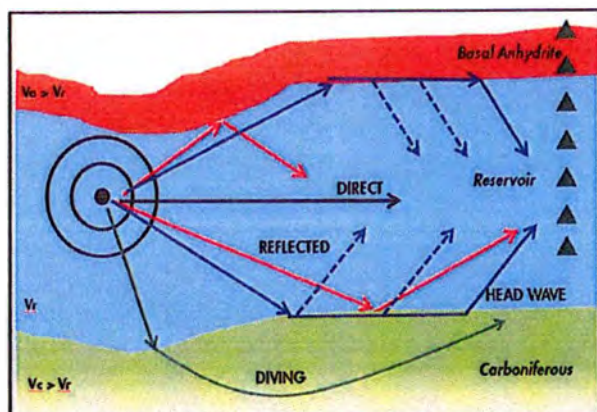


Fig 1: various waveforms plus mode conversions (P to S and S to P)

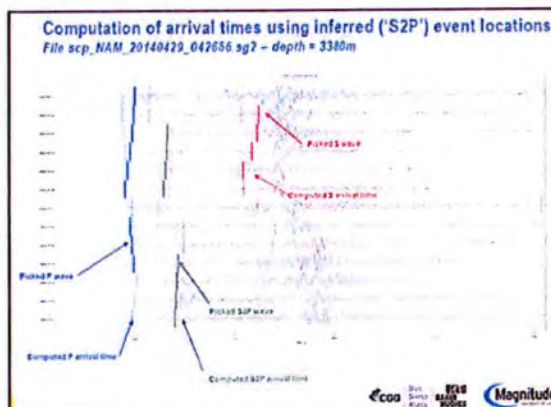


Fig 2: complex waveforms in seismogram

Figure 4 Schematische weergave van geluidsgolven op reservoir niveau en het complexe seismogram als gevolg hiervan.

De seismische monitoringsystemen op reservoirniveau in het Groningenveld hebben regelmatig storingen laten zien, maar omdat er meerdere systemen zijn geïnstalleerd is er een continue dataverzameling. Hoewel de monitoringsystemen zijn ontworpen om te kunnen functioneren op reservoirdiepte zijn de druk -en temperaturomstandigheden (ongeveer 100 bar en 100 graden Celsius) oorzaak van de storingen waaruit blijkt dat de systemen op de grens van het toepassingsgebied worden ingezet. Er wordt gebruikt gemaakt van twee, door twee verschillende leveranciers geleverde systemen. De gemiddelde tijd dat een systeem in het Groningenveld functioneerde was 87 dagen waarna het systeem uitviel en uitgewisseld moest worden. In Tabel 2 wordt een overzicht getoond van de prestaties van de in het Groningenveld geïnstalleerde monitoringsystemen.

	Type I	Type II	
Gebruiksperiode	1227	601	Dagen
Beschikbaarheid	0.85	0.47	Fractie
Gemiddelde periode van functioneren	87	35	Dagen
Langste periode van functioneren	187	108	Dagen
Aantal interventies	12	6	

Tabel 2 prestaties van de twee verschillende seismische monitoring systemen die sinds 2013 in het Groningen veld gebruikt worden.

De omstandigheden waarin een monitoringsysteem in UGS Norg zou moeten functioneren zijn extremer dan de omstandigheden in het Groningenveld. Zo is de minimale reservoirdruk in UGS Norg meer dan tweemaal zo hoog als de druk in het Groningenveld. De reservoirtemperatuur van ongeveer 100 graden Celcius is vergelijkbaar. Dit betekent dat er nog hogere eisen aan het monitoringsysteem wordt gesteld, waarbij de grens van het toepassingsgebied mogelijk wordt overschreden met nog meer storingen als gevolg.

Weliswaar blijken er vergelijkbare (of identieke) seismische monitoringsystemen op reservoirniveau kunnen functioneren, die niet of minder frequent falen, maar dit is waarschijnlijk het gevolg van de minder hoge druk –en temperaturomstandigheden (zie www.taqainnederland.nl).

Er zijn vier bestaande monitoringsputten in de UGS Norg (NOR-1, NOR-2, NOR-3 en NOR-4). De putten bevinden zich in verschillende delen van het reservoir en worden gebruikt voor reservoirdrukmetingen en waterniveaumetingen in het reservoir. De reservoirdrukmetingen zijn integraal onderdeel van het integriteitsmonitoringsysteem van de UGS. Wanneer de bestaande monitoringsputten zouden worden geconverteerd naar seismische monitoring put verliezen zij deze functionaliteit.

Er is echter een veiligheidsrisico bij het converteren van een bestaande monitoringsput naar seismische monitoringsput. Bij het plaatsen van een seismisch monitoringsysteem in bestaande putten worden omvangrijke risico reducerende maatregelen getroffen. Voordat het seismisch monitoringsysteem geplaatst kan worden, wordt de monitoringput gevuld met vloeistof waarmee de verbinding met het reservoir wordt afgesloten om gasinstroom te voorkomen. De vloeistofkolom in de put is stabiel omdat

de reservoirdruk in het Groningenveld langzaam daalt. De reservoirdrukschommelingen in de UGS Norg kunnen een versturende werking hebben op de stabiliteit van de vloeistofkolom waardoor mogelijk gas in de putten kan stromen.

De gemeten data wordt continu via een kabel naar aan het oppervlakte geplaatste opnameapparatuur verzonden. Deze kabel wordt door de putmondafsluiters gevoerd, waardoor deze veiligheidsafsluiters niet gesloten kunnen worden zonder de kabel te beschadigen. Daarom wordt een serie speciale afsluiters (een BOP, of Blow Out Preventer) boven op de bestaande putmond geplaatst gecombineerd met extra drukalarmingingen. Deze afsluiters omsluiten de datakabel en kunnen indien nodig de kabel doorknippen en de put afsluiten. Een monitoringsysteem wordt geplaatst en verwijderd met speciaal daarvoor gemaakte putinterventie gereedschappen en een kraan. Het in en uithalen van een monitoringsysteem kan de stabiliteit van de vloeistofkolom beïnvloeden. Om het veiligheidsrisico bij frequent wisselen van de seismische meetapparatuur te verkleinen is besloten om in het Groningenveld twee specifiek voor seismische monitoring ontworpen putten te boren (Zeerijp-2 en Zeerijp-3).

Conclusie

Op basis van het hierboven genoemde concludeert NAM dat:

- Met de ingebruikname van het uitgebreide seismische meetnetwerk is de detectiegrens van seismiciteit boven de UGS Norg verlaagd van $M \geq 1.5$ naar $M \geq 0.35$. Sinds de ingebruikname in februari 2016 is geen seismische activiteit waargenomen.
- Het is technisch mogelijk om een seismisch monitoringsysteem op reservoirniveau te plaatsen door het boren van specifiek voor dit doel ontworpen putten of het ombouwen van bestaande monitoringputten;
- De mogelijkheid voor reservoirmonitoring (druk en waterniveau) verdwijnt wanneer de bestaande monitoringsputten worden gebruikt, dit brengt echter wel een veiligheidsrisico met zich mee;
- Een seismisch monitoringsysteem op reservoirniveau detecteert micro-seismiciteit in een klein gebied rondom de put, en daarmee slechts beperkte additionele informatie verschaffen;
- De kosten en risico's voor het boren van een nieuwe put of het aanpassen van een bestaande monitoringsput niet lijken op te wegen tegen de beperkte additionele informatie.

Op basis van deze conclusies stelt NAM voor om voorlopig af te zien van het plaatsen van een seismisch monitoringsysteem op reservoirniveau, maar dit te heroverwegen wanneer zou blijken dat op basis van het uitgebreide passieve meetnetwerk de UGS Norg wel seismisch activiteit blijkt te tonen.

Hoogachtend,

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Ir. J. de Haan

Asset Manager Groningen