

Gaswinning Groningen

Analyses van de ontwikkeling van seismiciteit en van de voorgestelde beheersmaatregelen

Rapportage periode mei 2016 – september 2016

[blanco]

Inhoudsopgave

pag. 3

1	Inleiding.....	4
2	Seismische Activiteit	5
2.1	Activity rate.....	5
2.2	Aardbevinglocaties en aardbevingsdichtheidkaart.....	7
2.3	Grondbeweging.....	10
2.4	Gebouwbeweging	11
2.5	Statische analyse van de activity rate	12
2.6	Verwachting van de ontwikkeling van seismische activiteit.....	12
2.7	Beheersmaatregelen.....	13
3	Productiegegevens.....	14
3.1	Productie systeem.....	14
3.2	Productie data.....	15
4	Reservoirdrukken	18
5	Schademeldingen.....	19

1 Inleiding

Dit is het Meet-en Regelrapport zoals beschreven staat in artikel 5 van het Instemmingsbesluit Winningsplan Groningen. Dit artikel bepaalt dat de Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. elk jaar op 1 mei en op 1 november een rapport uit brengt met daarin analyses van de ontwikkeling van de seismiciteit en van de voorgestelde beheersmaatregelen. pag. 4

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt ingegaan op de seismiciteit. Hoofdstuk 3 gaat in op de gemeten grond -en gebouwbewegingen. In hoofdstuk 4 wordt de productie en de productieverdeling over het Groningenveld beschreven. En in het laatst hoofdstuk worden kerngetallen genoemd van schademeldingen.

In artikel 5, lid 4 van het Instemmingsbesluit worden grenswaarden gedefinieerd voor de aardbevingsdichtheid en de groundbeweging. De opgenomen grenswaarden zijn als volgt gedefinieerd:

- a. Een aardbevingsdichtheid van maximaal 0.25 bevingen/km²/jaar, uitgaande van aardbevingen met een sterkte van 1.0 of hoger
- b. Een opgetreden grondversnelling van 0.05g, waarbij uitgegaan wordt van de maximale horizontale grondversnelling als gerapporteerd door het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.

In hoofdstuk 2.3 wordt verder in gegaan op de aardbevinglocaties en aardbevingsdichtheid. De hoogste aardbevingsdichtheid in het gasjaar 2015/2016 is 0.15 bevingen/km²/jaar in het gebied tussen Hellum-Siddeburen-Steendam-de Pauwen.

In hoofdstuk 2.4 wordt ingegaan op de gemeten grondversnellingen, de hoogst opgetreden grondversnelling in het gasjaar 2015/2016 is 0.021 g geweest, gemeten bij de aardbeving bij Froombosch op 25 februari 2016 (meetstation Froombosch2, NL.BFB2 op 1.1 kilometer van het epicentrum van de aardbeving.

2 Seismische Activiteit

2.1 Activity rate

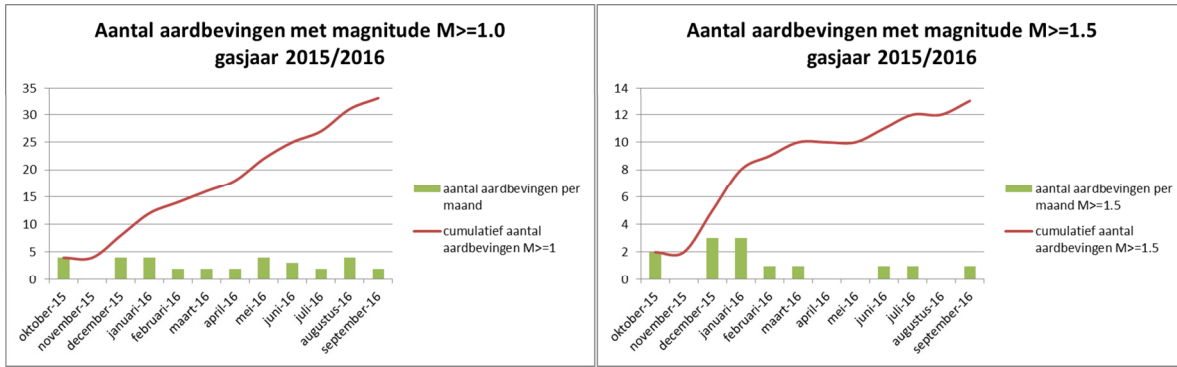
Boven het Groningen veld is het sinds 1995 operationele seismische meetnetwerk uitgebreid, het meetnetwerk is uitgebreid met 70 meetpunten. Het doel van deze uitbreiding was de vergroting van de nauwkeurigheid en gevoeligheid van het meetnetwerk. Elk meetstation bestaat uit een bovengronds geplaatste accelerometer voor het meten van grondbeweging en ondergronds geplaatste geofoons voor nauwkeurige plaatsbepaling en aardbevingssterkte. Alle in dit hoofdstuk gerapporteerde meetdata is ontleend aan en terug te vinden op de website van het KNMI (<http://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/aardbevingen>). pag. 5

Er zijn in de afgelopen 12 maanden 33 aardbevingen gemeten met een magnitude groter of gelijk aan 1.0, in Tabel 1 en Figuur 1 is een overzicht van het aantal aardbevingen per maand opgenomen. De gevoeligheid van het seismische meetnetwerk is na de uitbreiding met 70 nieuwe stations toegenomen waardoor vanaf 2014 alle aardbevingen met een magnitude groter dan 1.0 op de schaal van Richter worden geregistreerd. Voor 2014 was het meetnetwerk in staat om bevingen met een magnitude van 1.5 te registreren. Figuur 2 toont het aantal geregistreerde aardbevingen vanaf gasjaar 2009/2010, in deze figuur is als gevolg hiervan onderscheid gemaakt in het aantal bevingen met een magnitude groter dan 1.5.

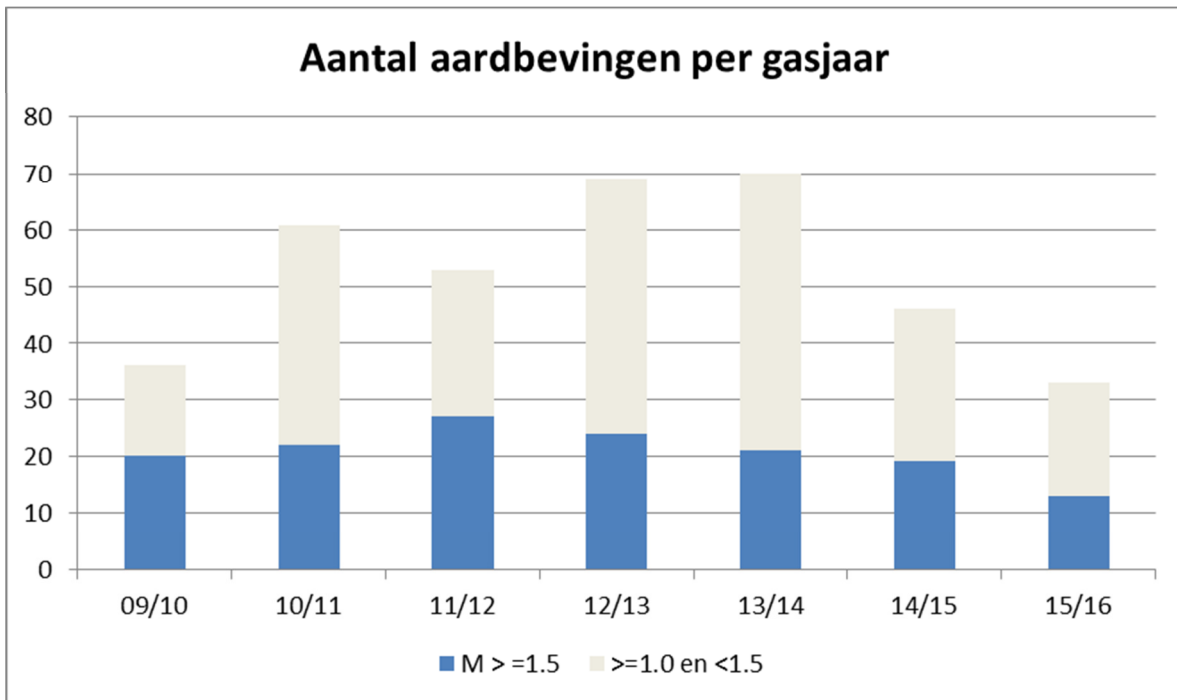
In de afgelopen 12 maanden zijn 3 aardbevingen gemeten met een magnitude groter dan 2.0; Figure 3 toont een histogram van de gemeten aardbevingen. Het totale aantal gemeten aardbevingen in deze periode was 70.

	Aantal aardbevingen			
	M >= 1	M >=1.5	M >=2.0	M >=2.5
oktober-15	4	2	1	
november-15				
december-15	4	3		
januari-16	4	3		
februari-16	2	1	1	
maart-16	2	1		
april-16	2			
mei-16	4			
juni-16	3	1		
juli-16	2	1		
augustus-16	4			
september-16	2	1	1	
totalen	33	13	3	0

Tabel 1 Aantal aardbevingen per maand



Figuur 1 Aantal aardbevingen in het gasjaar 2015/2016



Figuur 2 Aantal aardbevingen per gasjaar in de periode 2009/2010 tot 2015/2016. Na de uitbreiding van het seismische meetnetwerk is de gevoeligheid toegenomen waardoor vanaf 2014 alle aardbevingen met een magnitude groter dan 1.0 op de schaal van Richter worden geregistreerd. Voor 2014 was het meetnetwerk in staat om alle bevingen met een magnitude van 1.5 te registreren.

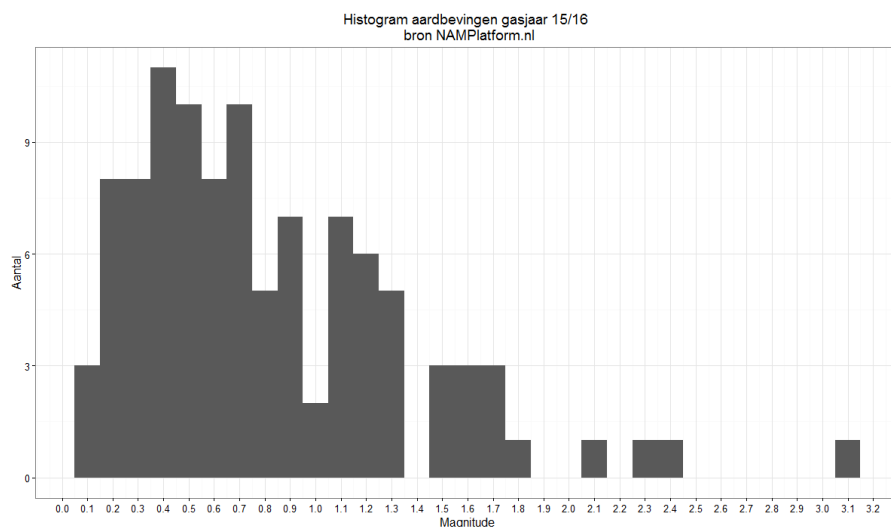


Figure 3 Histogram van de aardbevingen in het gasjaar 2015/2016

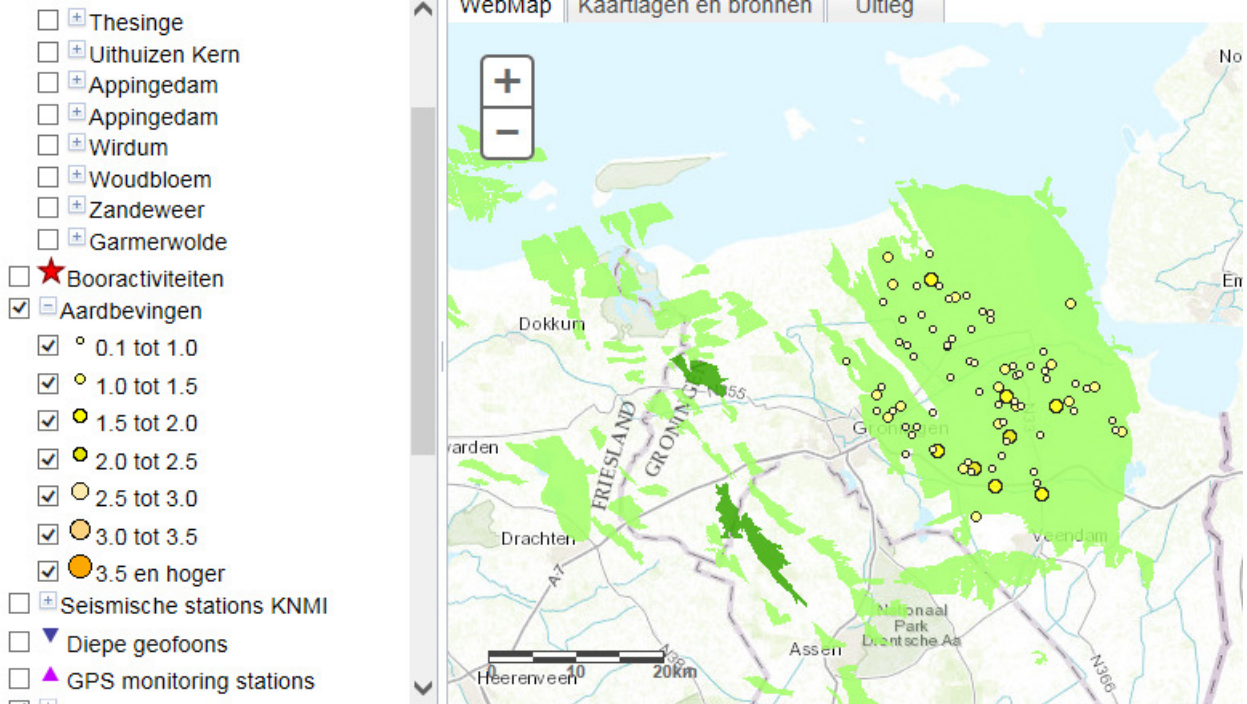
2.2 Aardbevinglocaties en aardbevingsdichtheidkaart

In Figuur 4 is een kaart opgenomen met daarop het epicentrum van in het gasjaar 2015/2016 geregistreerde aardbevingen. De grootte van de cirkel is een maat voor de kracht van de aardbeving. Op NAMPlatform.nl is een interactieve kaart beschikbaar waarop onder andere deze informatie getoond kan worden.

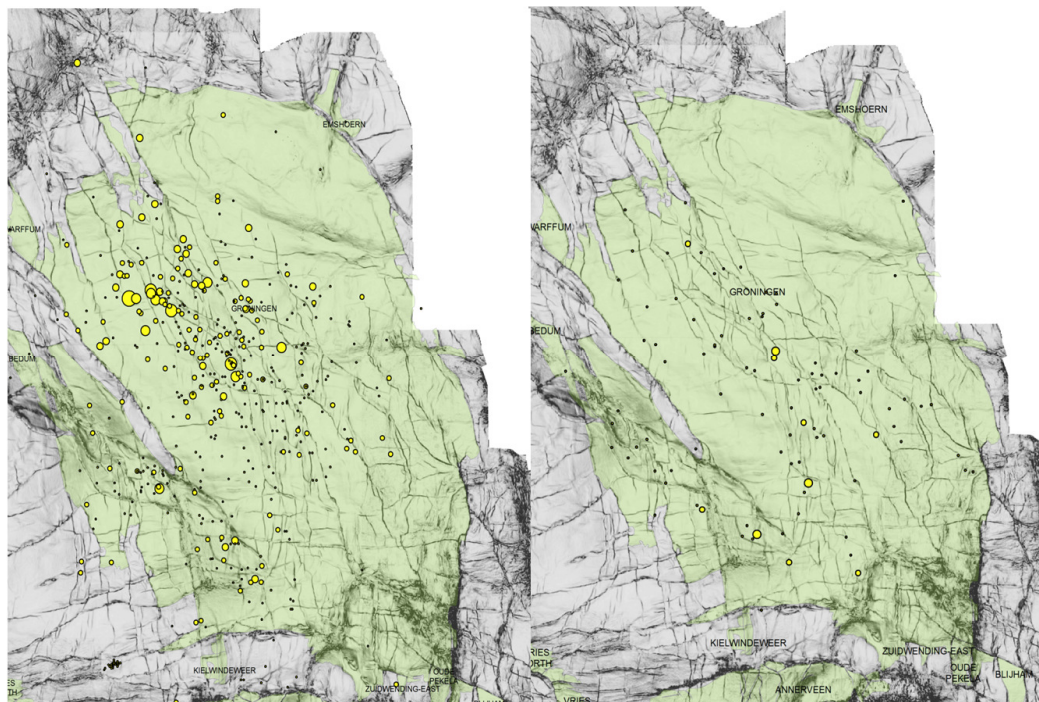
De verdeling van deze aardbevingen over het gebied kan ook worden weergegeven op een aardbevingsdichtheidskaart. Op een aardbevingsdichtheidskaart wordt het aantal bevingen per vierkante kilometer getoond. Voor het berekenen van de aardbevingsdichtheid is de Quartic Kernel functie gebruikt zoals beschreven in het document DENSITY ESTIMATION FOR STATISTICS AND DATA ANALYSIS door B.W. Silverman.

Figuur 6 toont een aardbevingsdichtheidskaart waarin alle geregistreerde aardbevingen met een magnitude van 1.0 en hoger over het gasjaar 2015/2016 zijn opgenomen (de stippen) en de berekende aardbevingsdichtheid wordt getoond doormiddel van een kleurenschaal. De aardbevingsdichtheid is met een waarde van ongeveer 0.15 aardbevingen per vierkante kilometer per jaar het hoogst in het gebied tussen Hellum-Siddeburen-Steendam-de Pauwen. In totaal 6 van de 33 bevingen met een magnitude groter dan 1.0 hebben in dit gebied plaatsgevonden.

De ontwikkeling van de aardbevingsdichtheid kan worden afgelezen in Figuur 7. In deze figuur wordt per kaartje de aardbevingsdichtheid getoond voor een periode van 12 maanden. De vermindering van de aardbevingsdichtheid over de afgelopen 24 maanden is duidelijk zichtbaar.



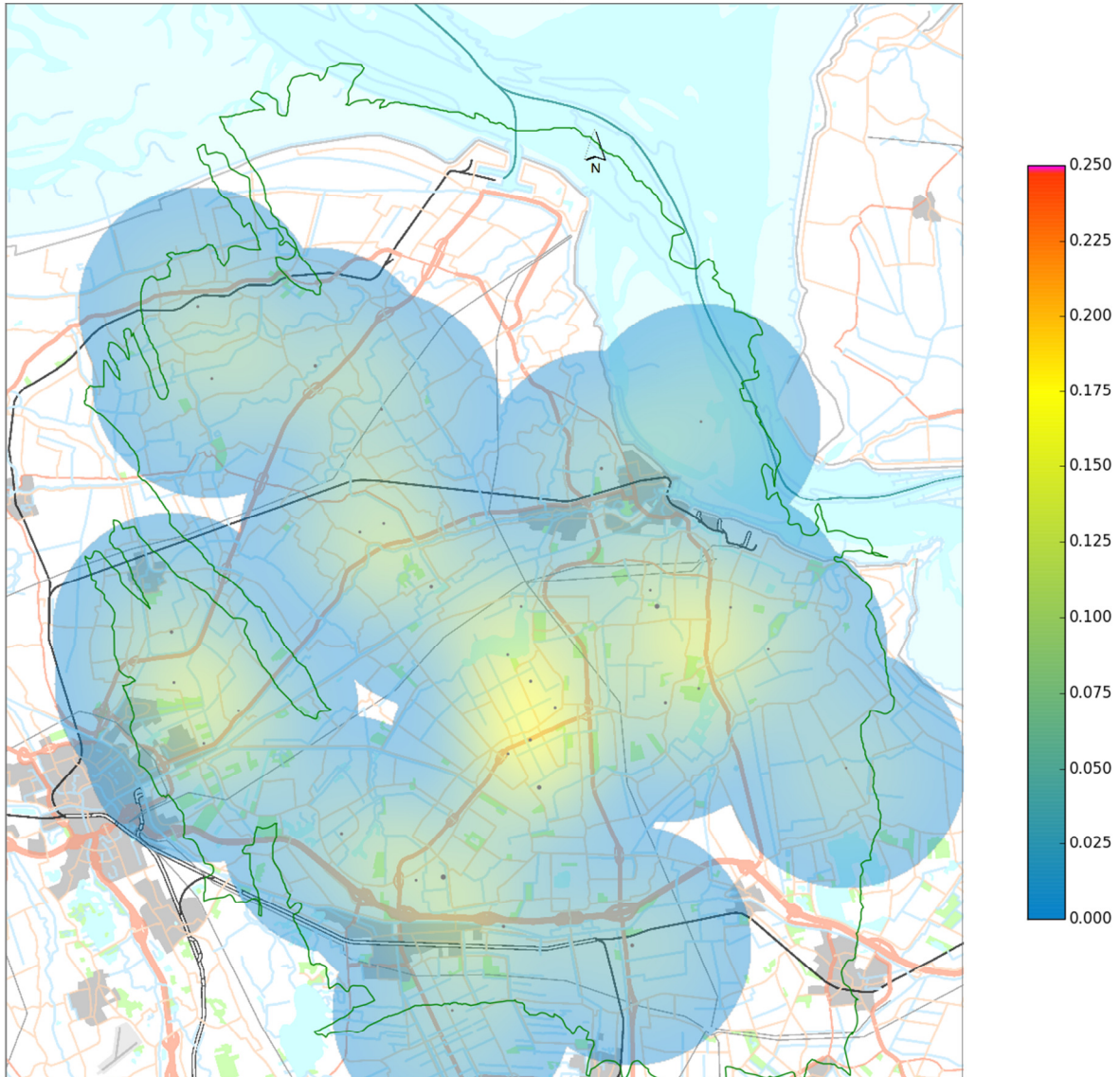
Figuur 4 Kaart met locaties van de aardbevingen in het gasjaar 2015/2016 (bron NAM platform)



Figuur 5b Links een kaart van het Groningengasveld met de belangrijkste breuken met daarop de locaties van alle geregistreerde aardbevingen in de periode 01/01/2003 tot 01/01/2013. Rechts dezelfde kaart met daarop alle geregistreerde aardbevingen in het gasjaar 2015/2016. Duidelijk zichtbaar is dat aardbevingen niet direct gekoppeld kunnen worden aan een of een aantal specifieke breuken, maar dat de bevingen wel lijken te correleren met breukzones.

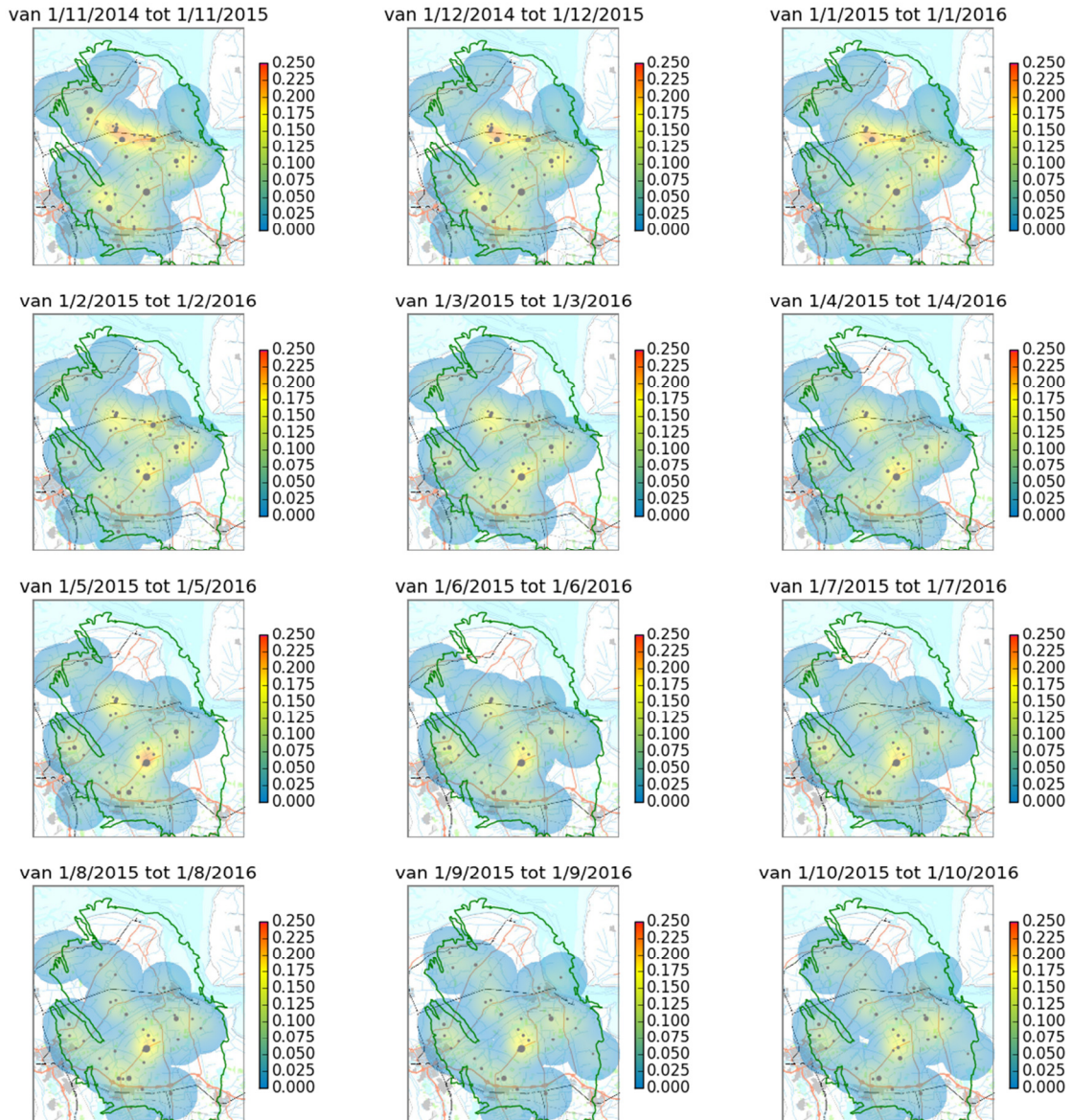
Aardbevings dichtheid in bevingen/km²/jaar (M >= 1.0)

van 1/10/2015 tot 1/10/2016



Figuur 6 Aardbevingsdichtheidkaart voor gasjaar 2015/2016

Aardbevings dichtheid in bevingen/km²/jaar (M >= 1.0)



Figuur 7 Aardbevingsdichtheidskaarten per jaar van 11/2014 tot 1/10/2016. Elke kaart bevat informatie van de in 12 maanden geregistreeerde aardbevingen met een magnitude groter of gelijk aan 1.

2.3 Grondbeweging

De signaalparameter voor de door aardbevingen veroorzaakte grondbeweging is de grondversnelling (PGA of Peak Ground Acceleration). De PGA wordt uitgedrukt als fractie van de valversnelling (g), en wordt gemeten in drie richtingen, twee horizontale en een verticale richting. De hoogste door KNMI gemeten waarde in één van de

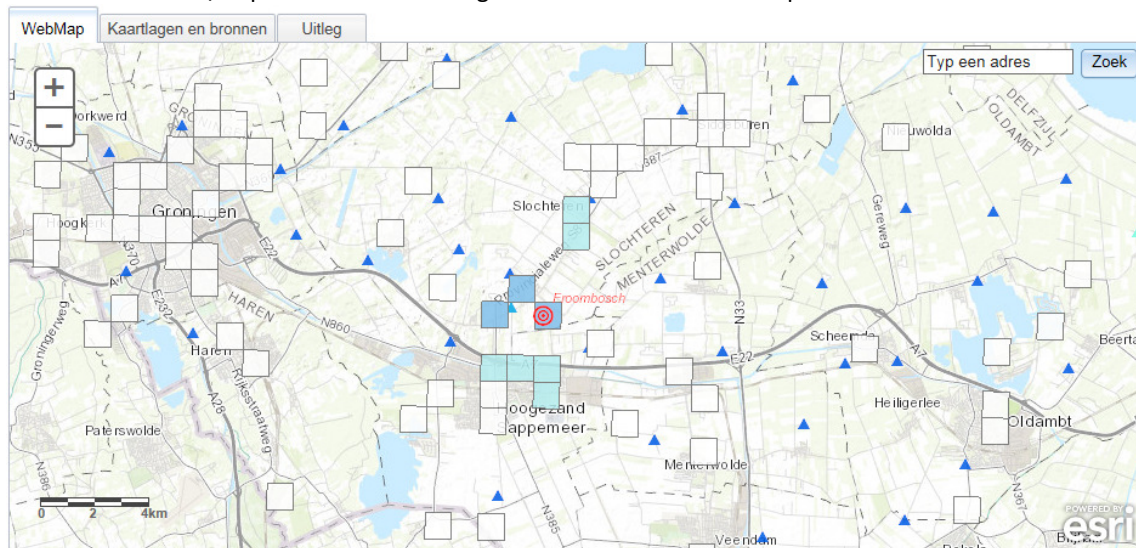
horizontale richtingen wordt gebruikt als signaalparameter, KNMI rapporteert PGA in cm/s^2 . In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van de gemeten grondversnelling van de alle aardbevingen met een magnitude van 2.0 of meer gemeten in het gasjaar 2015/2016. De hoogst gemeten grondversnelling is 0.021 g bij de aardbeving bij Froombosch op 25 februari 2016 (meetstation Froombosch2, NL.BFB2 op 1.1 kilometer van het epicentrum van de aardbeving.

Datum en tijdstip	Locatie	Magnitude	Gemeente	Maximale PGA		Afstand tot epicentre
				[in cm/s^2]	[in g]	[km]
25-02-2016 21:26	Froombosch	2.4	Slochteren	21.03	0.021	1.1
30-10-2015 17:49	Meedhuizen	2.3	Delfzijl	8.53	0.009	1.77
02-09-2016 13:16	Hellum	2.1	Slochteren	4.66	0.005	2.4

Tabel 2 Grondbeweging van alle aardbevingen met $M \geq 2.0$ in het gasjaar 2015/2016 (bron KNMI)

2.4 Gebouwbeweging

Er is in afgelopen jaren tevens een gebouwsensoren netwerk aangelegd bestaande uit meer dan 300 meetpunten, dit meetnetwerk wordt door TNO beheerd. Op deze meetpunten zijn accelerometers geplaatst die de trillingen registreren in of nabij de fundaties van huizen. De meetgegevens worden gepubliceerd op www.namplatform.nl. Er wordt onderscheid gemaakt tussen meetgegevens van publieke gebouwen en huizen in verband met privacy. De sensoren meten maximum snelheid (V_{top}) in millimeter per seconde (mm/s). Figuur 8 toont de gebouwsensoruitslag bij de aardbeving van 25 februari in Froombosch. Om privacy redenen is niet de exacte locatie van het gebouw waarin de sensor zich bevindt getoont, maar de vierkante kilometer waarin het gebouw zich bevindt. De maximale gemeten gebouwsensoruitslag lag tussen 3.0 en 7.0 mm/s direct rond het epicentrum. En maximaal 3.0 mms/s op een afstand van ongeveer 3 kilometer van het epicentrum.



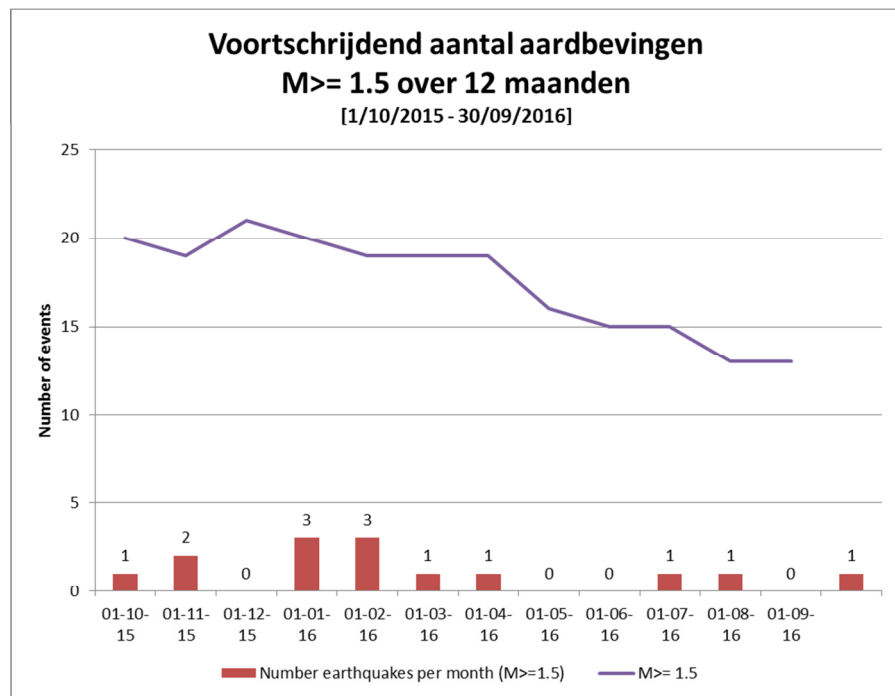
Figuur 8 afbeelding van de interactieve kaart met daarop aangegeven de maximale gemeten gebouwsensoruitslag als gevolg van de aardbeving bij Froombosch op 25 februari 2016 (bron NAMplatform.nl)

2.5 Statische analyse van de activity rate

Resultaten van het trend- en correlatie onderzoek zijn opgenomen in het onlangs afgeronde rapport 'Measuring changes in earthquake occurrence rates in Groningen update October 2016'. De belangrijkste conclusies uit dit rapport zijn dat met grote mate van zekerheid kan worden geconcludeerd dat de activity rate sinds 2014 boven het Groningenveld gedaald is, en dat dit niet het gevolg is van toeval. Daarnaast is er bewijs dat er regionale verschillen zijn in activity rate in het Groningen veld. Terwijl de activity rate in de regio Loppersum is gedaald, lijkt de activity rate in de Zuidwest regio iets gestegen te zijn. Als gevolg van het relatief kleine aantal events in de Zuidwest regio is het niet vast te stellen of dit het gevolg is van een verandering van gasproductie rates of toe te schrijven aan toeval.

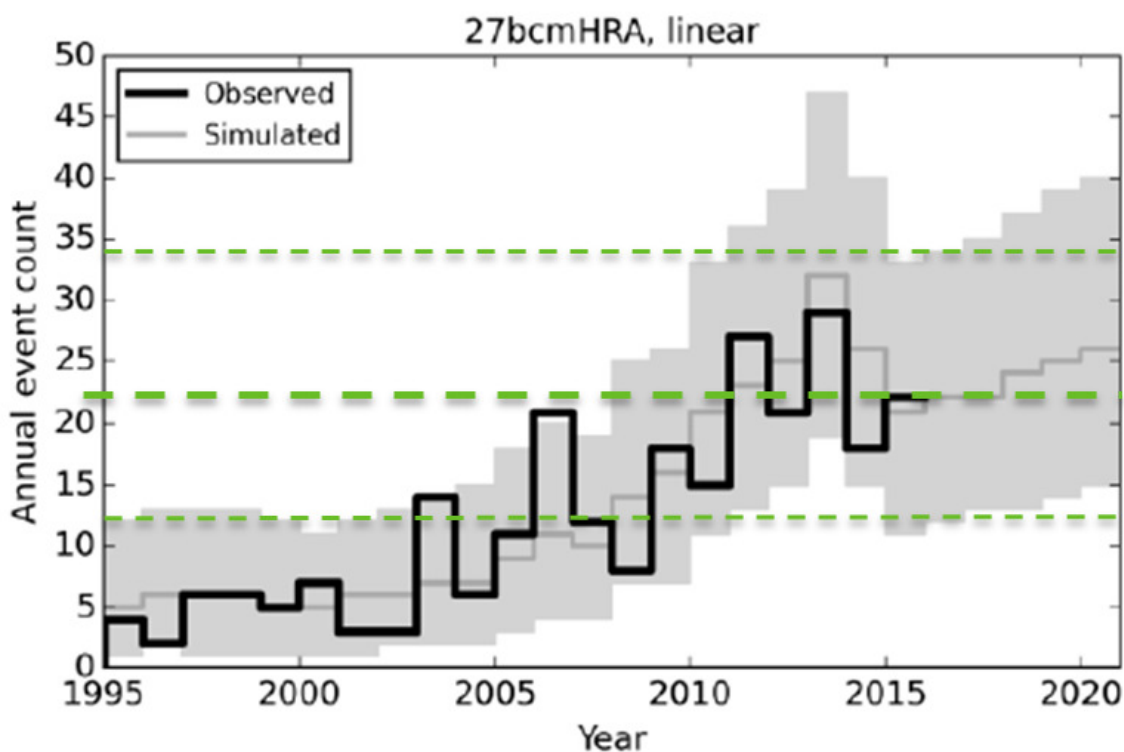
2.6 Verwachting van de ontwikkeling van seismische activiteit

Het voortschrijdend aantal aardbevingen met een magnitude groter of gelijk aan 1.5 laat een dalende trend zien en is in de periode 1 oktober 2015 tot 30 september 2016 gelijk aan 13, zie Figuur 9. Het aantal te verwachten aardbevingen¹ in 2016 bij een onttrekking van 27 bcm uit het Groningenveld ligt tussen de 13 en 34 aardbevingen (95% betrouwbaarheids interval) met een verwachtingswaarde van 22. Het aantal geobserveerde bevingen valt binnen de onzekerheidsband van de modeluitkomsten. Hiermee wordt aangetoond dat met grote mate van zekerheid gesteld kan worden dat het seismische model het aantal aardbevingen niet onderschat.



Figuur 9 Voorschrijdend aantal aardbevingen met een magnitude groter of gelijk aan 1.5 over de laatste 12 maanden.

¹ In hoofdstuk 7 van het Technical Addendum to the Winningsplan 2016 wordt de verwachte ontwikkeling van het aantal bevingen met een magnitude groter of gelijk aan 1.5 getoond op basis van het door NAM gebruikte seismologisch model, uitgerekend voor een aantal onttrekkingsscenario's.



Figuur 10 Voorspelling van het aantal aardbevingen met een magnitude van groter of gelijk aan 1.5 op basis van het op compactie gebaseerde seismologische model (met naschokken) voor het productie scenario met een jaarlijkse onttrekking van 27 bcm. De simulatie resultaten zijn op basis van 10.000 onafhankelijke simulaties. De grijze lijn en het grijze gebied representeren het verwachte aantal aardbevingen met en 95% betrouwbaarheids interval. De groene lijnen geven de verwachtingswaarde en het 95% betrouwbaarheids interval voor 2016.

2.7 Beheersmaatregelen

Conclusie mag getrokken worden, dat de geobserveerde aardbevingdichtheid met een maximum van 0.15 aardbevingen/km²/jaar en de gemeten grondversnellingen met 0.021 onder de in het instemmingsbesluit genoemde grenswaarden liggen. De NAM geeft uitvoering aan de opgelegde beheersmaatregelen (jaarvolume, volumeverdeling over het veld en productieflectuaties), en ziet op basis van bovenstaande resultaten nog geen aanleiding om deze aan te passen.

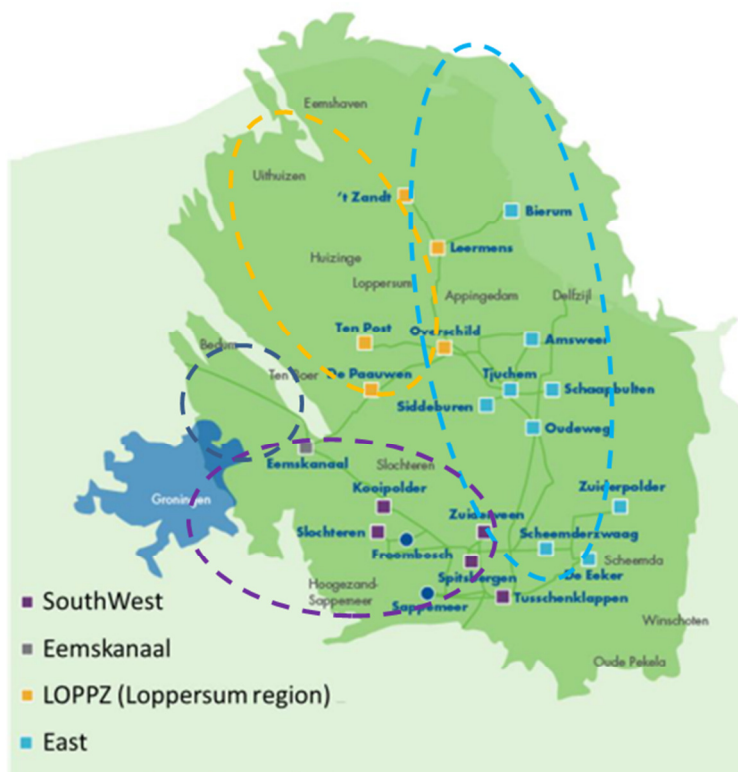
3 Productiegegevens

3.1 Productie systeem

Het gas uit het Groningenveld wordt met 20 productielocaties geproduceerd; deze productielocaties liggen verspreid over het veld. Op basis van een advies van SodM uit 2014 is door de minister een productieverdeling over vijf regio's voorgesteld, in Tabel 3 en Figuur 11 is een overzicht van de regio's en de productielocaties getoond.

Eemskanaal	Loppersum	Oost	Zuidwest
Eemskanaal	De Paauwen Leermens Overschild Ten Post 't Zandt	Amsweer Bierum De Eeker Oudeweg Schaapbulten Scheemderzwaag Siddeburen Tjuchem Zuiderpolder	Koipolder Slochteren Spitsbergen Tussenklappen Zuiderveen

Tabel 3 productielocaties per regio



Figuur 11 Ligging van de Groningen productionlocaties ten opzichte van het Groningenveld. De gebruikte kleur dient ter indicatie tot welke regio een productielocatie wordt gerekend.

3.2 Productie data

Figure 12 toont de historische productie per regio uit het Groningenveld vanaf 2010. In deze figuur is de sterke seizoensproductiefluctuatie duidelijk zichtbaar. In deze fluctuatie is de rol van het Groningenveld te herkennen als leverancier van energie aan met name huishoudens op momenten van hoge marktvaart in de wintermaanden. Heel duidelijk is ook de verlaging en afvlakking van de veldproductie na April 2015. Daarnaast is de verlaging van het geproduceerde volume door de productielocaties die tot de regio Loppersum worden gerekend (het rode vlak) goed zichtbaar.

pag. 15

Figuur 13 is een uitvergroete weergave van de Groningenveld productie in het gasjaar 2015/2016, in deze figuur wordt de vlakke productie per maand per regio nog duidelijker getoond. De seizoensproductiefluctuaties worden zoveel mogelijk opgevangen met andere productiemiddelen zoals de ondergrondse gasopslag Norg.

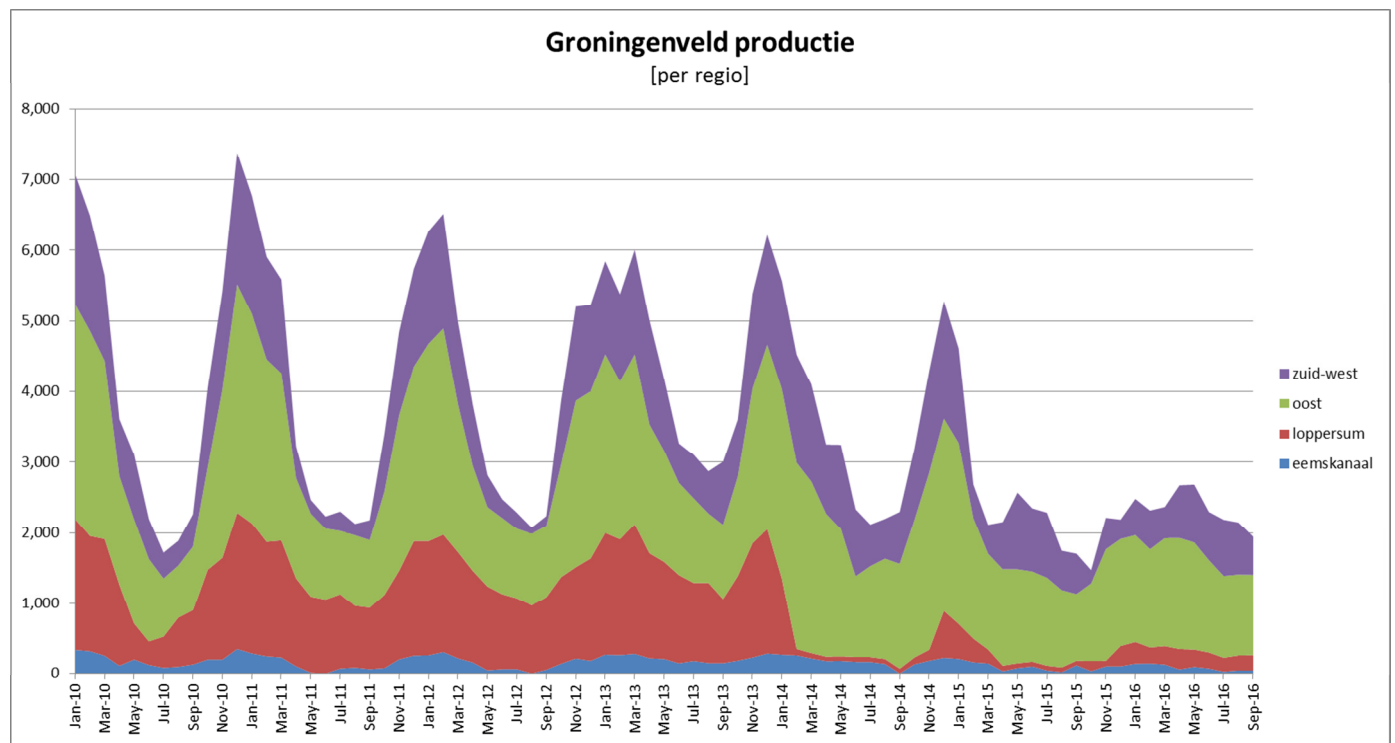
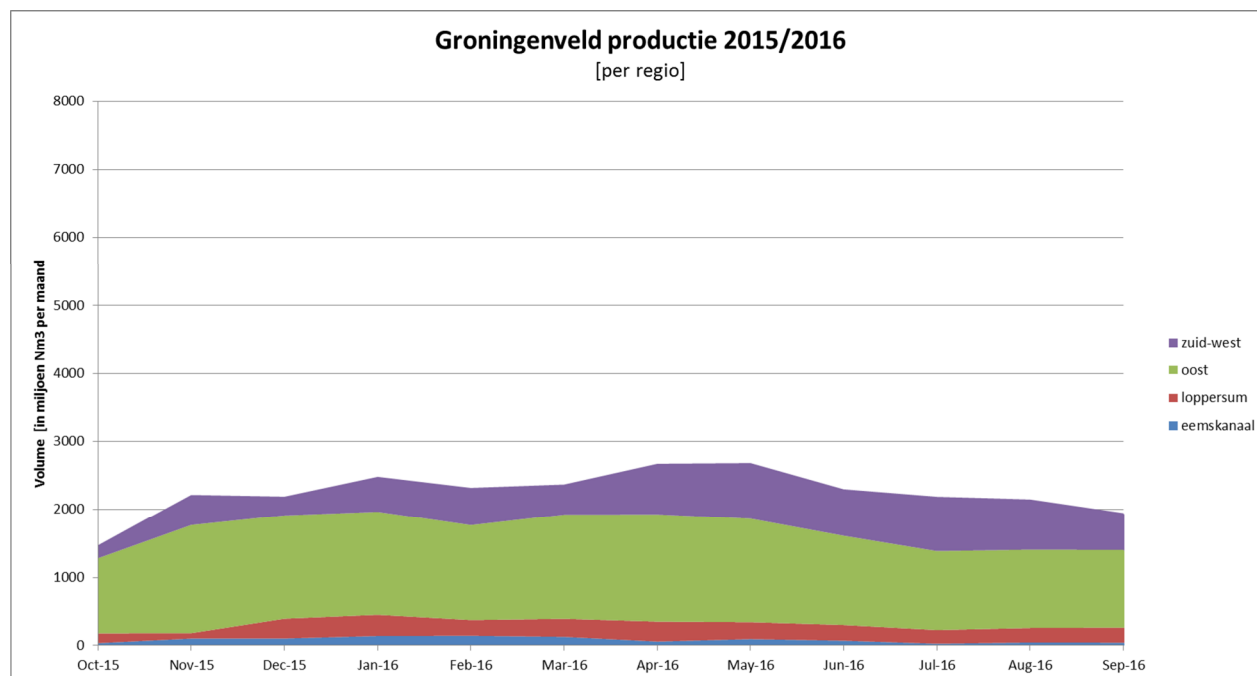


Figure 12 Groningenveldproductie van januari 2010 tot en met september 2016 per maand, duidelijk zichtbaar zijn de sterke seizoensfluctuaties voor en de afvlakking daarvan na April 2015.

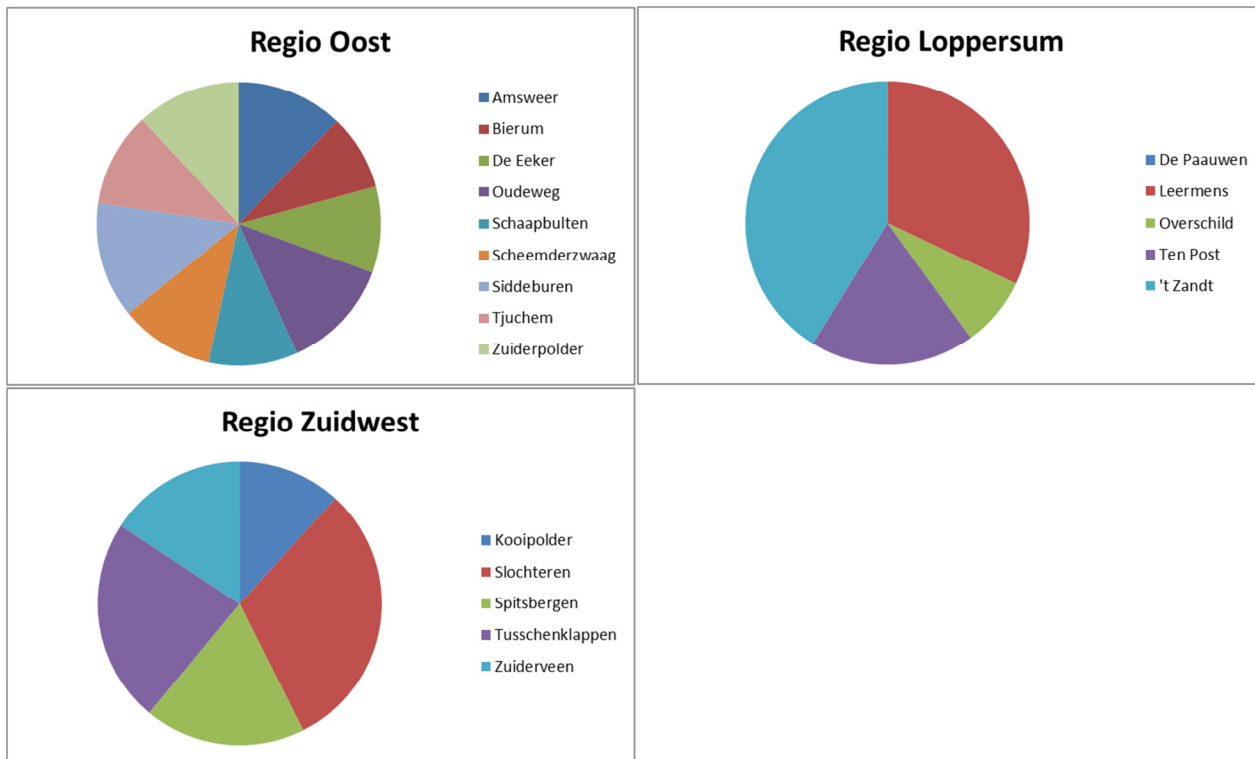


Figuur 13 Groningenveld productie gasjaar 2015/2016 waarin nog duidelijker de afvlakking van de productief fluctuatie wordt getoond.

Tabel 4 toont de onderliggende data aan figuur 10, en geeft de productie per maand per productielocatie. Alle data is in miljoen Nm3.

Regio	Productielocatie	October 2015	November 2015	December 2015	January 2016	February 2016	March 2016	April 2016	May 2016	June 2016	July 2016	August 2016	September 2016	
oost	Amsweer	107	36	249	214	186	212	247	206	195	160	169	181	
oost	Bierum	0	0	0	0	96	228	263	216	186	173	196	187	
oost	De Eeker	119	202	183	167	167	177	190	158	118	55	74	133	
oost	Oudeweg	183	218	227	219	139	163	194	198	191	207	165	165	
oost	Schaapbulten	177	196	61	147	133	178	179	173	140	133	142	151	
oost	Scheemderzwaaag	98	189	179	149	164	183	184	186	171	166	120	118	
oost	Siddeburen	195	226	261	254	195	203	170	217	170	147	167	152	
oost	Tjuchem	185	172	228	222	168	180	192	173	169	118	111	2	
oost	Zuiderpolder	59	229	232	189	172	161	203	200	167	164	178	169	
zuid-west	Koopolder	91	156	148	167	161	59	0	1	0	0	0	66	
zuid-west	Slochteren	84	165	101	150	159	169	198	271	249	258	231	192	
zuid-west	Spitsbergen	46	83	64	125	128	43	179	114	62	206	171	104	
zuid-west	Tusschenklappen	7	133	71	136	152	182	195	213	180	109	159	140	
zuid-west	Zuiderveen	21	42	15	62	83	27	136	190	160	191	144	69	
eemskanaal	Eemskanaal	34	102	102	139	143	127	58	94	70	26	44	41	
loppersum	De Paauwen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
loppersum	Leermens	5	8	14	25	8	30	38	36	31	37	34	35	
loppersum	Overschid	0	2	0	23	0	18	7	6	4	2	9	3	
loppersum	Ten Post	31	32	27	48	35	3	0	0	0	0	0	0	
loppersum	't Zandt	31	24	27	43	29	23	37	33	34	35	35	36	
Totalen		1,473	2,215	2,190	2,481	2,318	2,368	2,672	2,683	2,298	2,188	2,149	1,946	26,981

Tabel 4 Productie data gasjaar 2015/2016 (in miljoen Nm3)

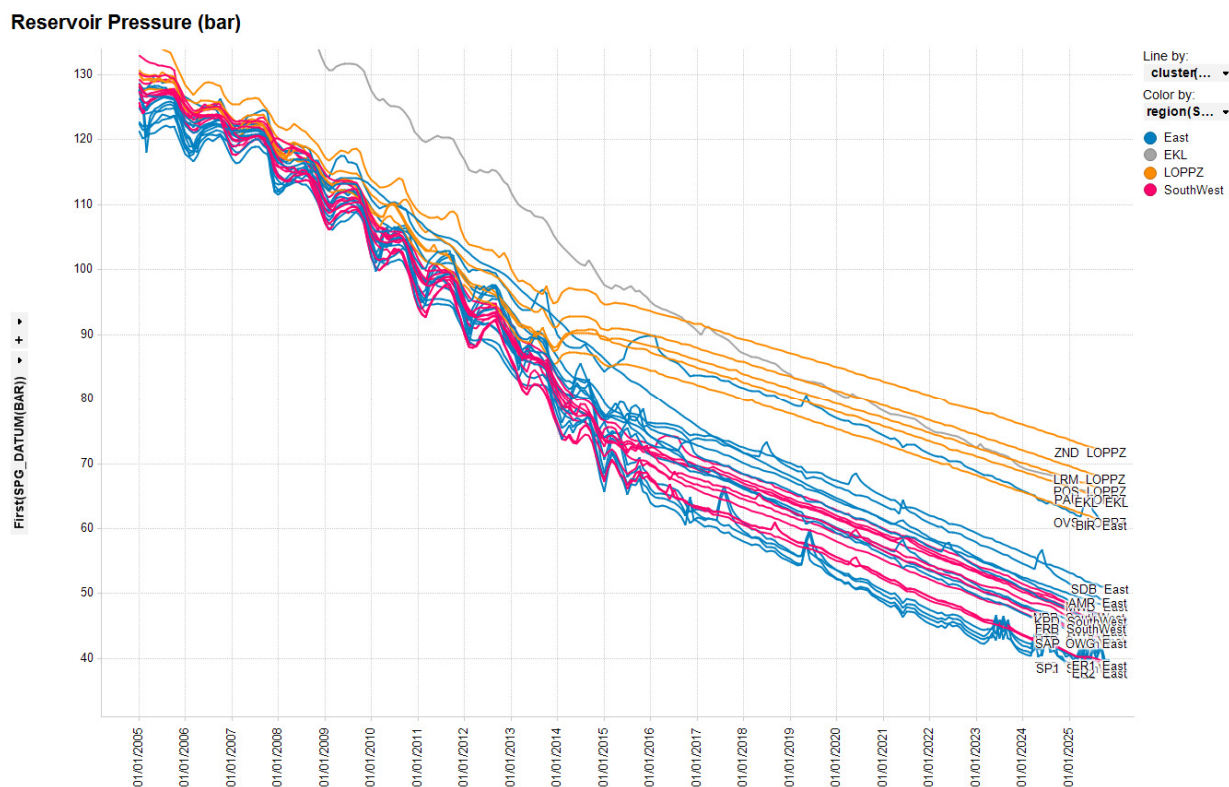


Figuur 14 toont de productieverdeling per region per productiecluster. Regio Eemskanaal wordt niet getoond deze uit slechts een productiecluster bestaat. De locatie Sappemeer produceert naar productiecluster Tusschenklappen, de locatie Froombosch produceert naar productiecluster Slochteren, zij worden satelietlocaties genoemd en niet specifiek benoemd in de overzichten.

4 Reservoirdrukken

Als gevolg van de historische ontwikkeling van het Groningenveld is de concentratie productieclusters in het zuidelijke deel van het veld relatief hoog terwijl de reservoirdikte in zuidelijke deel juist het minst dik is. De regionale productie beperkingen die opgelegd zijn door het Ministerie van Economische zaken in januari 2015² is de productie uit het noordelijke deel van het veld sterk beperkt, maar is ruimte gebleven voor productie uit het minder dikke zuidelijke en oostelijke deel van het veld. In Figuur 15 wordt de gesimuleerde³ lokale reservoirdruk⁴ per productielocatie getoond. Duidelijk zichtbaar is dat in het verleden getracht werd de de reservoirdruk in het gehele Groningenveld zo gelijkmatig mogelijk te laten dalen (binnen een bandbreedte van ongeveer 5 bar). Als gevolg van de in 2015 ingevoerde productie beperkingen is een drukverschil over het veld ontstaan welke inmiddels ongeveer 25 bar bedraagt.

pag. 18



Figuur 15: Gemiddelde reservoirdruk versus tijd, per cluster en per region. Duidelijk zichtbaar is de divergerende trend van de lijnen. Tevens is zichtbaar dat ook de druk in de regio Loppersum daalt.

² voorlopige voorziening Raad van State (April 2015) welke verder de productie beperkt uit de Loppersum regio tot het absolute minimum benodigd voor leveringzekerheid.

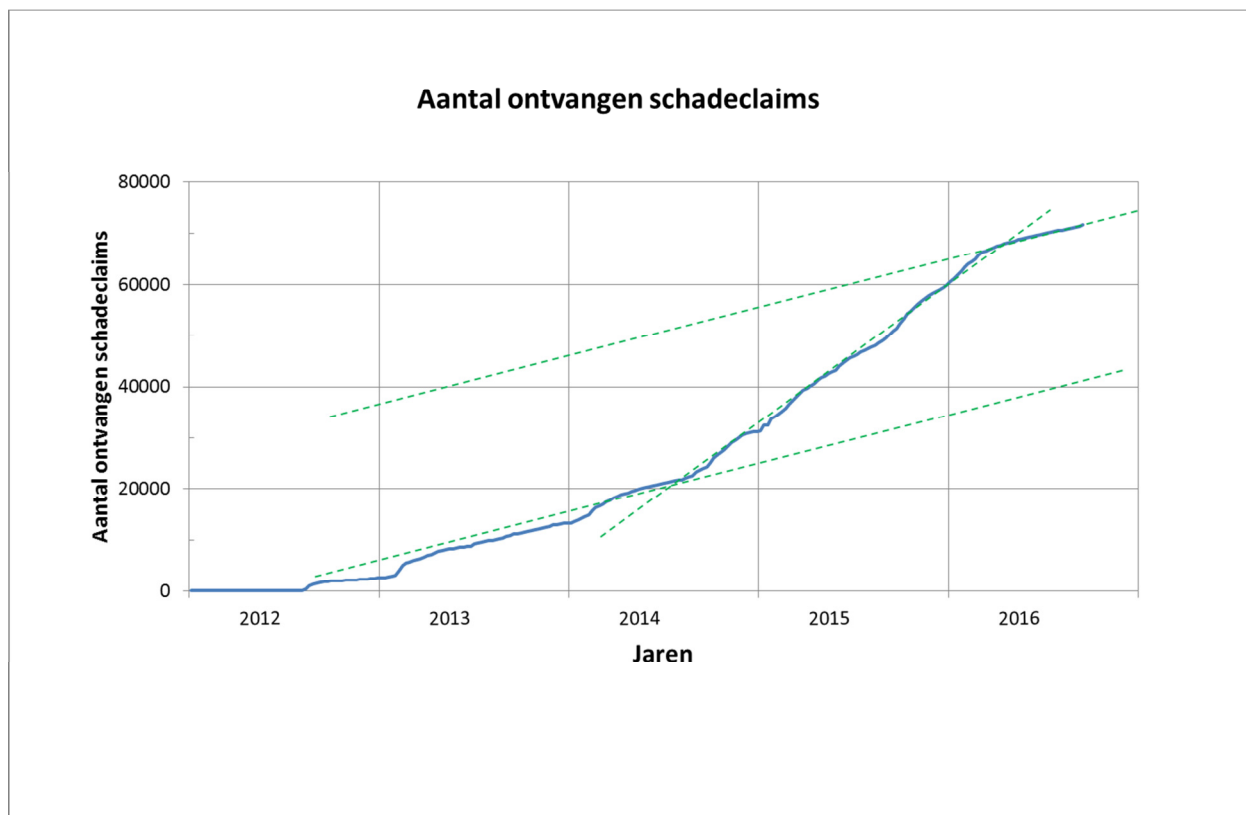
³ Simulation runs per Business Plan 2016, history matched tot 1/1/2016

⁴ Gemiddelde reservoirdruk in de nabijheid van de putten (ongeveer 500m radius) op een diepte van (2875mTVDSS)

5 Schademeldingen

Er zijn per oktober 2016 meer dan 71000 schademeldingen geregistreerd; Figuur 16 toont de ontwikkeling van het aantal ontvangen schadeclaims. De blauwe lijn toont het aantal ontvangen schadeclaims, hierin kunnen drie duidelijk verschillende periodes worden onderscheiden, aangegeven met de (groene) trendlijnen. Deze periodes lijken op het eerste gezicht geen directe relatie te hebben met de hoogte van de gasproductie of de gemeten aardbevingsactiviteit.

pag. 19



Figuur 16: aantal ontvangen schadeclaims