

RAPPORTAGE SEISMICITEIT
GRONINGEN GASVELD
KALENDER JAAR 2025

Contents

RAPPORTAGE SEISMICITEIT GRONINGEN GASVELD KALENDER JAAR 2025	
1 Overzicht	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Belangrijkste conclusies van dit rapport	1
2 Inleiding en leeswijzer.....	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Monitoring van het Groningen gasveld in de Mijnbouwregeling	2
2.3 Leeswijzer	3
2.4 Meetnetwerk en meetnauwkeurigheid	3
2.5 Magnitude van compleetheid	3
3 Analyse van de trendparameters.....	5
3.1 Aantal aardbevingen ('activity rate')	5
3.2 Aardbevingsdichtheid.....	7
3.3 Distributie van aardbevingen over het Groningen gasveld	9
3.4 Aardbevingen met hoogste magnitude.....	14
3.5 Incidentparameters PGA en PGV.....	14
3.6 Vergelijking aantal geobserveerde en voorspelde aardbevingen	15
3.6.1 Kalibratie seismologisch model.....	15
3.6.2 Tellen van het aantal aardbevingen.....	15
3.6.3 Vergelijking van aantal geobserveerde aardbevingen met modelvoorspelling.....	18
Referenties.....	19
Appendix A – Overzicht periodieke en speciale rapportages seismiciteit Groningen	20
Appendix B – Aardbevingencatalogus (door KNMI) voor kalenderjaar 2025.....	22

1 Overzicht

1.1 Inleiding

Deze rapportage is opgesteld om te voldoen aan artikel 1.3a.1 lid 3 van de Mijnbouwregeling, waarin staat dat de houder van de winningsvergunning Groningen gasveld twee keer per kalenderjaar een rapportage opstelt over ontwikkelingen van de seismiciteit. In dit rapport met peildatum 1 januari 2026 zal de seismiciteit in het Groningen gasveld voor het kalenderjaar 2025 worden toegelicht.

In de artikelen 1.3a.2 en 1.3a.3 van de Mijnbouwregeling (Bijzondere regels van het Groningenveld) staat ook dat de seismiciteit wordt gemonitord door middel van het continu bijhouden van vier parameters. Deze vier parameters zijn onderverdeeld in twee zogenoemde trendparameters en in twee zogenoemde incidentparameters (Ref. 1). De maximale aardbevingsdichtheid en het aantal aardbevingen per jaar ('activity rate') zijn de trendparameters. Deze parameters worden gebruikt om vroegtijdig een lokale of veld-brede toename of afname van de seismiciteit te signaleren over de afgelopen 6 maanden¹. De trendparameters worden berekend over een periode van 6 maanden en gerapporteerd op jaarbasis. De piek grondversnellingen (PGA) en piek grondsnelheden (PGV) van de aardbevingen zijn de incidentparameters. Daarnaast is ook de aardbevingsmagnitude van belang in de Mijnbouwregeling (artikel 1.3a.4).

1.2 Belangrijkste conclusies van dit rapport

- In 2025 zijn er 10 aardbevingen in het Groningen gasveld geregistreerd met een magnitude $M_L \geq 1,2$. Dat is gelijk aan het aantal aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,2$ in het voorgaande jaar.
- In 2025 zijn er 7 aardbevingen in het Groningen gasveld geregistreerd met een magnitude $M_L \geq 1,5$. Dat is één aardbeving met een magnitude $M_L \geq 1,5$ meer dan in het voorgaande jaar.
- In de tweede helft van 2025 zijn er 5 aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,2$ geregistreerd, daarom is het aantal aardbevingen eind 2025 op jaarbasis 10 aardbevingen/jaar. Dit is gelijk aan het aantal aardbevingen per jaar aan het einde van de eerste helft van 2025.
- Bijna alle aardbevingen hadden het epicentrum in het uiterste noordwesten van het Groningen gasveld. Ook dat komt overeen met de prognose van de HRA. De aardbeving op 26 mei 2025 bij Schildwolde en de aardbeving op 16 december 2025 bij Woudbloem hadden een epicentrum in het zuidelijke deel van het gasveld. Beiden waren in een gebied met een complexe geologische structuur met veel breuken en een kleine pop-up structuur.
- De krachtigste aardbeving in 2025 was de aardbeving bij Zeerijp op 14 november 2025. Deze had een magnitude van $M_L = 3,4$. In de drie jaar van 8 oktober 2022 tot 14 november 2025, voorafgaand aan deze aardbeving, is er geen aardbeving geregistreerd met een magnitude groter dan $M_L > 2,2$.
- Uit de vergelijking van het aantal geobserveerde aardbevingen met de prognose door het model voor de dreiging- en risicoinschatting (HRA) blijkt dat het aantal geregistreerde aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,2$ in 2025 vrijwel gelijk is aan de prognose en ruimschoots binnen de onzekerheidsband valt.

¹ De Mijnbouwregeling hanteert een observatieperiode van 6 maanden; dus bijvoorbeeld van 00:00 uur op 1 januari tot 00:00 uur op 1 juli. Door het jaar varieert hierdoor de duur van de observatieperiode. Als februari bijvoorbeeld binnen de observatieperiode valt dan is deze korter. De duur van de observatieperiode varieert tussen de 181 en 184 dagen.

2 Inleiding en leeswijzer

2.1 Inleiding

Dit halfjaarlijkse rapport beschrijft een analyse van de ontwikkeling van de seismiciteit in het Groningen gasveld zoals benoemd in Artikel 1.3a (Bijzondere regels over het Groningenveld) van de Mijnbouwregeling. Hierin staat dat de houder van de winningsvergunning Groningen gasveld twee keer per kalenderjaar een rapportage opstelt over ontwikkelingen in de seismiciteit (Ref. 1). Ook na het insluiten van de gasproductie uit het Groningen gasveld zal NAM doorgaan met uitgeven van deze rapportages, gebaseerd op alle aardbevingsgegevens in de zes maanden voorafgaand aan respectievelijk 1 juli en 1 januari. De seismiciteit gedurende een vol kalenderjaar wordt dus beschreven in twee seismische monitoringsrapportages.

Seismische gegevens in dit rapport zijn bijgewerkt tot en met 31 december 2025. De productiegegevens zijn bijgewerkt tot de wettelijke sluiting van het Groningen gasveld. Het rapport kijkt in principe een half jaar terug, maar daar waar relevant wordt verder teruggekeken om seismische ontwikkelingen in hun bredere historische context te plaatsen. Een tabel met de aardbevingen die in Groningen zijn geregistreerd in het afgelopen jaar, door het seismisch monitoringsnetwerk geopereerd door KNMI, is in dit rapport opgenomen onder Appendix B.

2.2 Monitoring van het Groningen gasveld in de Mijnbouwregeling

In de artikel 1.3a.2 van de Mijnbouwregeling in staat beschreven welke actie moet worden genomen, in het geval het waarnemingsniveau van een trendparameter wordt overschreden. Dit is samengevat in Tabel 2-1. In artikelen 1.3a.3 van de Mijnbouwregeling in is beschreven welke actie genomen moet worden bij overschrijding van het waarnemingsniveau van een signaalparameter, zie hiervoor tabel 2-2.

Tabel 2-1 Beschrijving van welke actie ondernomen wordt bij overschrijding van een waarnemingsniveau voor een trendparameter volgens artikel 1.3a.6. van de Mijnbouwregeling Meldingen worden gedaan aan de Minister van Klimaat en Groene Groei en de Inspecteur-generaal der Mijnen (SodM).

Trendparameter	Waarnemings-Niveau	Melding	Analyse
Aantal aardbevingen $M_L \geq 1,2$	30	Waarneming melden binnen 48 uren.	-
	40	Idem	Analyse van de ontwikkeling van seismiciteit binnen 14 dagen.
Aardbevingsdichtheid	0,30	Waarneming melden binnen 48 uren.	-
	0,40	Idem	Analyse van de ontwikkeling van seismiciteit binnen 14 dagen.

Tabel 2-2 Beschrijving van welke actie ondernomen wordt bij overschrijding van een signaalparameter waarnemingsniveau volgens artikel 1.3a.3 van de Mijnbouwregeling (Grondversnelling en Grondsnelheid) en artikel 1.3a.4 van de Mijnbouwregeling (Magnitude). Meldingen worden gedaan aan de Minister van Klimaat en Groene Groei en de Inspecteur-generaal der Mijnen (SodM).

Signaalparameter	Waarnemings-niveau	Melding	Analyse
Grondversnelling	> 0,08 g	Terstond waarneming melden	Eerste analyse binnen 48 uren, nadere analyse binnen 14 dagen.
Grondsnelheid	> 50 mm/s	Idem	Idem
Magnitude ²	≥ 3,0	Idem	Idem

2.3 Leeswijzer

Voor het bepalen van de monitoringsparameters voor het aantal aardbevingen en aardbevingsdichtheid zijn aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,2$ van belang. Het seismisch model dat gebruikt wordt voor het inschatten van dreiging en risico is gekalibreerd op basis van de aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,5$.

In dit rapport wordt een , (komma) gebruikt als scheidingsteken voor decimalen, en een . (punt) voor duizendtallen.

2.4 Meetnetwerk en meetnauwkeurigheid

Het seismische meetnetwerk is eigendom van en wordt geopereerd en onderhouden door het KNMI. Elk seismisch meetstation bestaat uit een bovengronds geplaatste accelerometer voor het meten van grondversnellingen en vier ondergronds geplaatste geofoons voor een nauwkeurige bepaling van het epi- en hypocentrum en de bepaling van de aardbevingssterkte. Deze geofoons zijn in een put op 50, 100, 150 en 200 meter diepte geplaatst. Daarnaast zijn er ook een aantal oude stations van vóór de uitbreiding en nieuw geplaatste stations (vooral ten westen en zuiden van het gasveld) die alleen grondversnelling meten. Alle in dit hoofdstuk gerapporteerde meetgegevens zijn ontleend aan het KNMI en terug te vinden op de website van het KNMI.

Het seismische meetnetwerk boven het Groningen gasveld is in 2014 uitgebreid met 69 nieuwe seismische meetstations. Hierdoor is de gevoeligheid van het meetnetwerk toegenomen. In de periode van 2003 tot en met 2014 werden alle aardbevingen in het Groningen gasveld met een magnitude groter dan $M_L \geq 1,5$ op de schaal van Richter geregistreerd. Vanaf 2014 worden door de uitbreiding van het monitoringsnetwerk alle aardbevingen met een magnitude groter dan $M_L \geq 1,0$ op de schaal van Richter boven het Groningen gasveld geregistreerd. Vóór 2014 werden ook enkele aardbevingen met een magnitude boven de $M_L \geq 1,0$ geregistreerd, maar door de lagere gevoeligheid van het meetnetwerk is het niet zeker of alle aardbevingen met een magnitude tussen de $M_L = 1,0$ en de $M_L = 1,5$ geregistreerd zijn. Daardoor zal in die periode het werkelijke aantal aardbevingen vanaf $M_L = 1,0$ onderschat zijn.

2.5 Magnitude van compleetheid

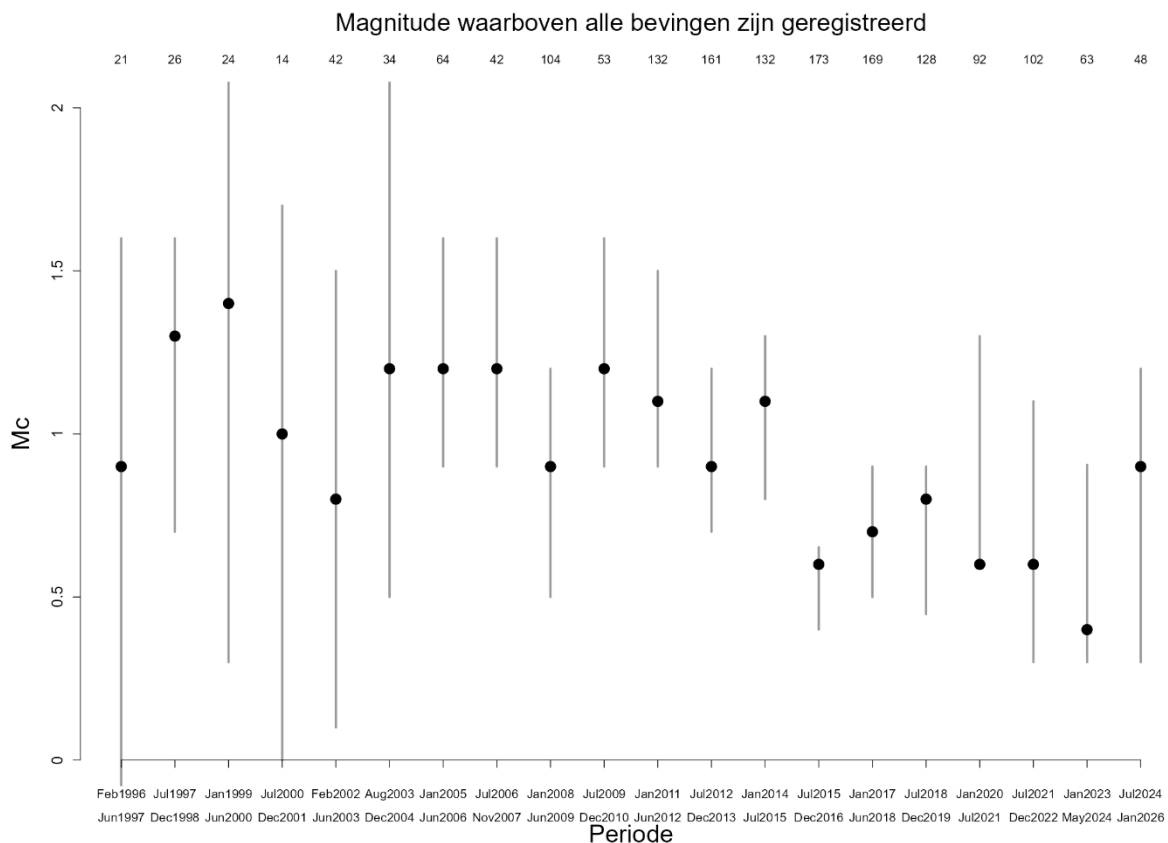
De magnitude van compleetheid (*magnitude of completeness* of ook wel MoC) is de laagste magnitude M_L waarvoor elke aardbeving waargenomen kan worden, ongeacht locatie in het Groningen gasveld. Aardbevingen met een magnitude kleiner dan de MoC kunnen waargenomen worden wanneer deze

² De sterkte van de aardbevingen worden in dit rapport aangeduid in Local Magnitude Scale of M_L (Ref. 3).

zich voordoen op een voor het meetnetwerk ‘gunstige’ locatie. Wanneer de aardbeving zich voordoet op een andere locatie zou deze mogelijk niet worden waargenomen. Voor aardbevingen met een magnitude groter dan de MoC geldt dat deze worden waargenomen, ongeacht de locatie in het gasveld. De MoC wordt afgeleid uit de waarnemingen en is onderhevig aan een bepaalde mate van onzekerheid.

Voor statistisch onderzoek is het van belang een goede MoC te veronderstellen. Is de veronderstelde MoC te hoog dan wordt de dataset kleiner dan mogelijk en is het moeilijker statistisch relevante conclusies aan de data te verbinden. Is de MoC te laag aangenomen dan is de dataset incompleet en worden mogelijkwerwijs foutieve conclusies uit de dataset afgeleid.

De MoC is afgeleid volgens de *maximum curvature method* (Ref. 3 en 4) en de resultaten met het 95% betrouwbaarheidsinterval zijn weergegeven in figuur 2-1. In het figuur is duidelijk zichtbaar dat vanaf 2014 de MoC afneemt (ook kleinere aardbevingen worden geregistreerd). Dit is een direct gevolg van de uitbreiding van het seismisch monitoringsnetwerk. Vanaf 2014 zijn aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,0$ bruikbaar voor statistisch onderzoek. In de periode voorafgaand aan 2014 is de dataset waarschijnlijk compleet voor aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,2$ en zeer waarschijnlijk compleet voor aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,5$. Deze hogere MoC in de periode voor 2014 is de reden dat we voorzichtig moeten zijn wanneer we het aantal aardbevingen met $M_L \geq 1,2$ in 2024 vergelijken met die in jaren vóór 2014.



Figuur 2-1 Magnitude of Completeness met onzekerheidsintervallen voor verschillende periodes, met de stip wordt de P50 waarde aangegeven.

3 Analyse van de trendparameters

3.1 Aantal aardbevingen ('activity rate')

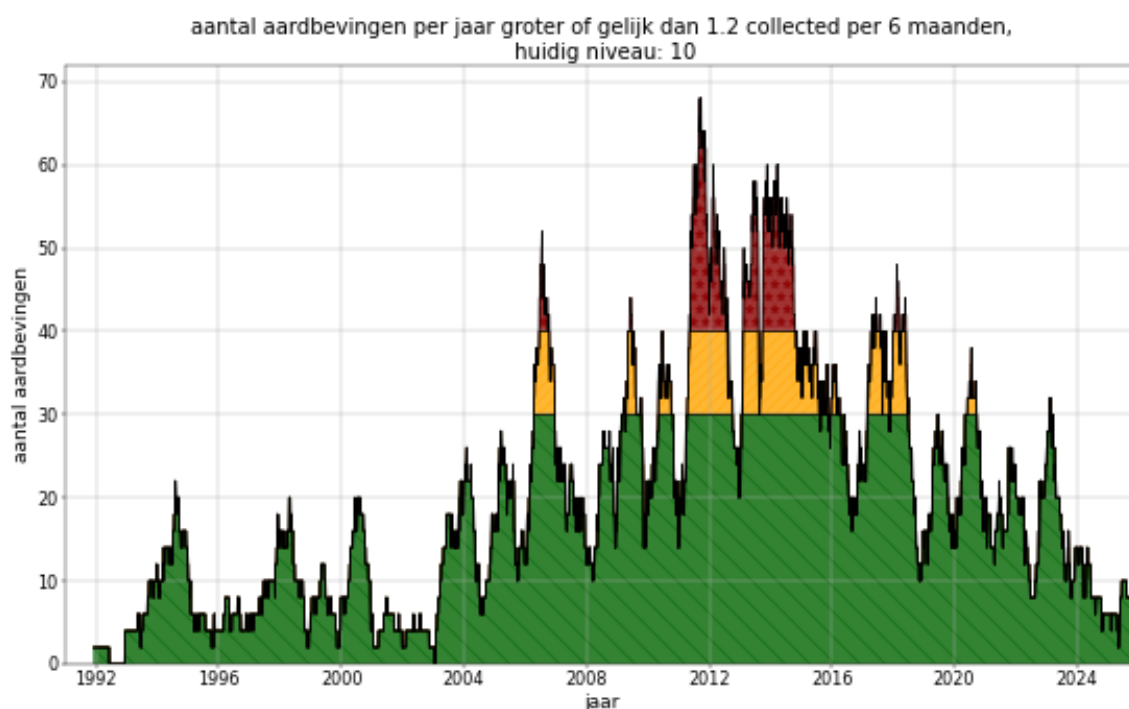
Het aantal aardbevingen in 2025 met een magnitude groter dan of gelijk aan $M_L \geq 1,2$ was tien. Deze tien aardbevingen waren gelijk verdeeld over de eerste helft en tweede helft van het jaar (Tab. 3-1). Ook vorig jaar (2024) zijn er tien aardbevingen met een magnitude groter dan of gelijk aan $M_L \geq 1,2$ geregistreerd. Er zijn in 2025 zeven aardbevingen met een magnitude groter dan of gelijk aan $M_L \geq 1,5$ geregistreerd. Dat is één aardbeving meer dan vorig jaar, toen er zes aardbevingen met een magnitude groter dan of gelijk aan $M_L \geq 1,5$ werden geregistreerd.

Het epicentrum van de aardbeving bij Warffum op 18 mei 2025 is door het KNMI bepaald. Deze ligt in het Warffum gasveld, dicht tegen de breuk tussen het Warffum en Groningen gasveld. Een studie naar deze aardbeving, 'Warffum beving, mei 2025' (Ref. 5), concludeerde: *"Op basis van [de] punten [in het rapport] is de algemene conclusie dat de drukdaling in het aquiferblok [van het Groningen veld] een groter aandeel heeft gehad in de spanningsverandering op het breukvlak, dan de drukdaling in het watervoerde deel van het Warffum veld"*. Op grond hiervan wordt deze aardbeving meegenomen in dit monitoringsrapport als een aardbeving in het Groningen gasveld.

Tabel 3-1 Aardbevingen in Groningen met een kracht $M_L \geq 1,2$ geregistreerd in 2025 door het door KNMI geopereerde seismisch monitoringsnetwerk. Locatie van het hypocentrum is gebaseerd op de KNMI-aardbevingencatalogus.

Plaats	Datum	Time hh:mm:ss UTC	Magnitude	Diepte km	Easting	Northing
Usquert	12 feb 2025	23:22:28	2,2	3	234277	601843
Oldenzijl	14 mei 2025	22:26:14	1,2	3	243866	601455
Warffum	18 mei 2025	20:57:23	2,1	3	232810	602042
Schildwolde	26 mei 2025	09:27:33	1,4	3	251763	582683
Loppersum	13 juni 2025	15:52:41	1,4	3	242997	594426
Wirdum	21 okt 2025	00:24:40	1,6	3	247963	592627
Zeerijp	14 nov 2025	00:16:40	3,4	3	247284	596733
Zeerijp	14 nov 2025	05:39:24	2,1	3	247628	596183
Westerwijtwerd	29 nov 2025	09:55:42	1,6	3	238453	595124
Woudbloem	16 dec 2025	12:18:23	2,0	3	245674	583232

Figuur 3-1 toont duidelijk de dalende trend in het aantal geregistreerde aardbevingen sinds 2012. De 'activity rate' is aan het einde van 2025 tien aardbevingen/jaar. Dit is ook het maximum tijdens dit jaar. De laagste 'activity rate' in de huidige rapportage periode was 2 aardbevingen/jaar. De periode waarin de 'activity rate' twee aardbevingen/jaar was heeft 14 dagen geduurd (van 1 mei 2025 tot 14 mei 2025). De 'activity rate' is voor het laatst lager dan 2 aardbevingen/jaar geweest in 2003. Echter in de periode vóór 2014 zijn er misschien aardbevingen met magnitude $1,2 \leq M_L < 1,5$ opgetreden die, door het destijds geïnstalleerde monitoringsnetwerk, niet zijn opgemerkt. Dat zou betekenen dat het aantal aardbevingen vóór 2014 met een magnitude $M_L \geq 1,2$ mogelijk hoger is geweest dan destijds is geobserveerd en we dus nog verder terug moeten gaan in de tijd voor een langere periode waarin het aantal aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,2$ gelijk was aan twee aardbevingen/jaar.



Figuur 3-1 Aantal aardbevingen berekend per jaar zoals aangegeven in artikel 1.3a.5 van de Mijnbouwregeling. Dit betreft de aardbevingen met een kracht van $M_L \geq 1,2$ in de voorgaande 6 maanden.

Tabel 3-2 toont het aantal aardbevingen in 2025 verdeeld over vier magnitudeklassen.

Tabel 3-2 Aantal waargenomen aardbevingen per maand het afgelopen jaar verdeeld over vier magnitude klassen.

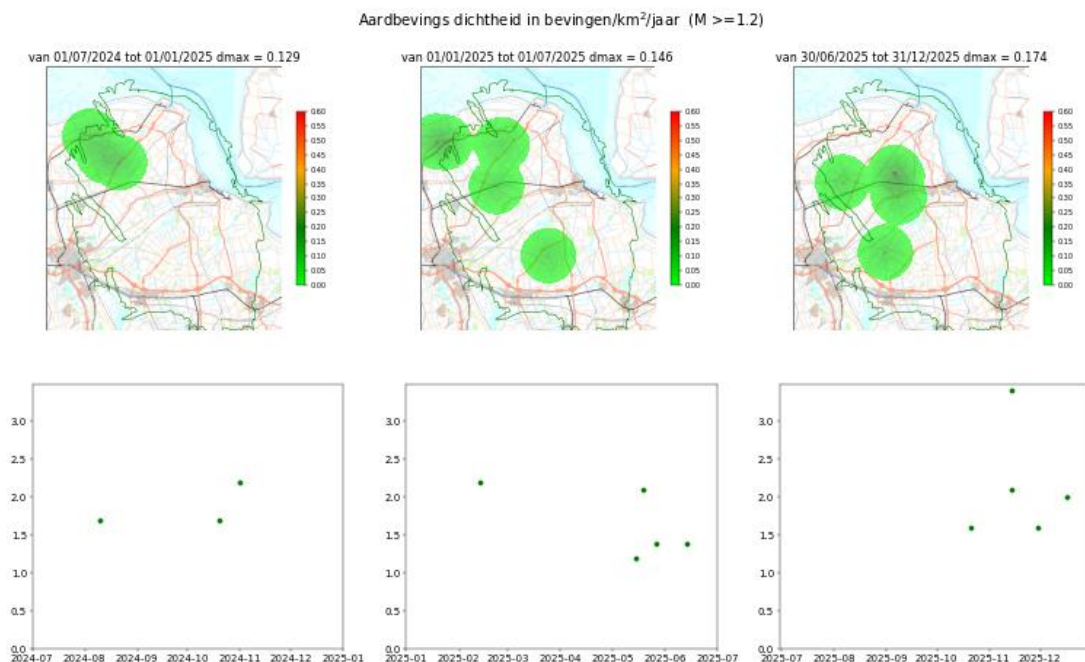
Maand	$1,2 \leq M_L < 1,5$	$1,5 \leq M_L < 2,0$	$2,0 \leq M_L < 2,5$	$M_L \geq 2,5$	Totaal $M_L \geq 1,2$
Januari 2025	0	0	0	0	0
Februari 2025	0	0	1	0	1
Maart 2025	0	0	0	0	0
April 2025	0	0	0	0	0
Mei 2025	2	0	1	0	3
Juni 2025	1	0	0	0	1
Eerste helft van 2025	3	0	2	0	5
Juli 2025	0	0	0	0	0
Augustus 2025	0	0	0	0	0
September 2025	0	0	0	0	0
Oktober 2025	0	1	0	0	1
November 2025	0	1	1	1	3
December 2025	0	0	1	0	1
Tweede helft van 2025	0	2	2	1	5
2025	3	2	4	1	10

3.2 Aardbevingsdichtheid

Aardbevingsdichtheid is gedefinieerd als het aantal geobserveerde aardbevingen per vierkante kilometer per jaar en wordt berekend voor het hele Groningen gasveld. Deze dichtheid is berekend op basis van de aardbevingen, geregistreerd gedurende de voorafgaande 6 maanden, met een magnitude $M_L \geq 1,2$. Aardbevingsdichtheid wordt berekend met de Quartic Kernel functie.

Figuur 3-2 toont een kaart met de aardbevingsdichtheid en de epicentra van de in 2025 geregistreerde aardbevingen. Alle geregistreerde aardbevingen met een magnitude van $M_L = 1,2$ en groter zijn hierin opgenomen. De berekende aardbevingsdichtheid wordt getoond door middel van een kleurenschaal. Als trendparameter wordt de ruimtelijk hoogste waarde van de aardbevingsdichtheid, berekend over de voorgaande zes maanden, gebruikt.

De epicentra van acht van de tien aardbevingen in deze rapportage periode met een magnitude $M_L \geq 1,2$ liggen in het noordwesten van het Groningen gasveld. De aardbevingsdichtheid is in dit gebied daarom relatief hoog vergeleken met de rest van het gasveld. De hoogste aardbevingsdichtheid in het gasveld was eind april gedaald tot 0,076 aardbevingen per ($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$), maar steeg door de aardbevingen in mei weer naar 0,146 aardbevingen per ($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$). In de maanden augustus tot oktober daalde deze weer tot 0,146 aardbevingen per ($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$) om in november en december weer te stijgen tot 0,177 aardbevingen per ($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$)



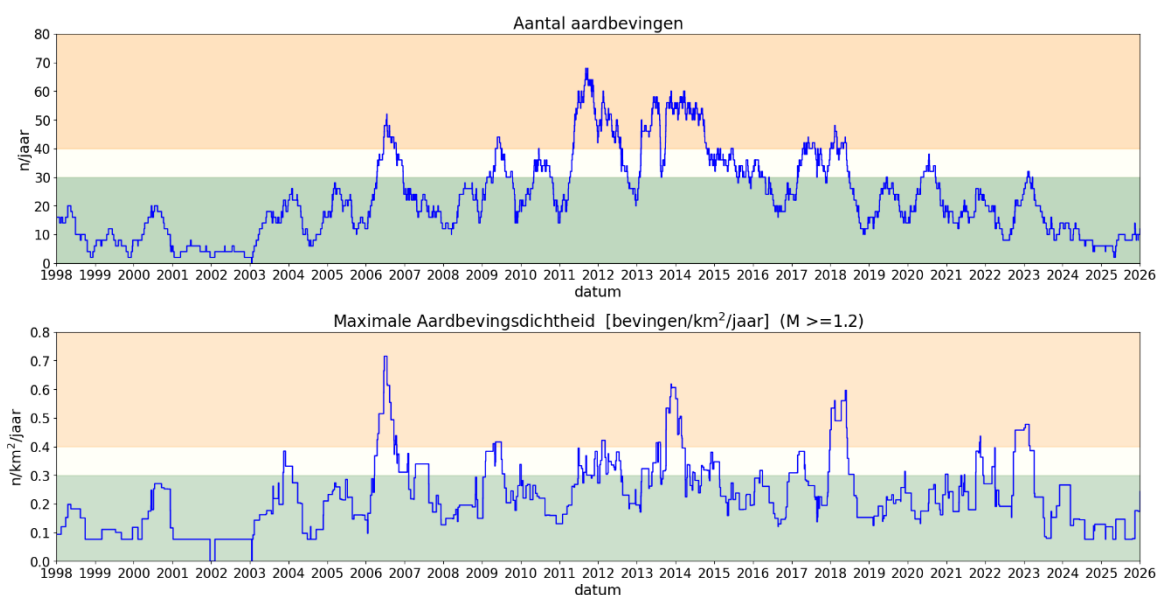
Figuur 3-2 Boven: Kaarten van aardbevingsdichtheid gebaseerd op aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,2$ gedurende de er aan voorafgaande 6 maanden. De aardbevingsdichtheid is omgerekend naar jaarbasis. Onder: Grafieken met de magnitude van de aardbevingen in tijd. De kaarten en grafieken zijn voor de zes maanden voorafgaand aan 1 januari 2025, 1 juli 2025 en 1 januari 2026.

Het aantal aardbevingen en de maximale aardbevingsdichtheid zijn de trendparameters gebruikt in het seismisch monitoren van het Groningen gasveld. Zowel het aantal aardbevingen als de maximale aardbevingsdichtheid vallen onder het laagste waarnemingsniveau. In tabel 3-3 wordt voor 2025 de 'activity rate', het aantal aardbevingen op jaarbasis met een magnitude $M_L \geq 1,2$ en de maximale aardbevingsdichtheid in het Groningen gasveld voor de huidige rapportage getoond.

Tabel 3-3 Trendparameter overzicht voor 2026. Aantal aardbevingen ($M_L \geq 1,2$) in de maand, de 'activity rate' en aardbevingsdichtheid (aantal aardbevingen per jaar en vierkante kilometer) zijn berekend op het einde van de maand.

	Jan	Feb	Mrt	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Aantal aardbevingen in de maand ($M_L \geq 1,2$)	0	1	0	0	3	1	0	0	0	1	3	1
Aardbevingsdichtheid	0,129	0,120	0,120	0,076	0,146	0,146	0,146	0,076	0,076	0,079	0,177	0,174
'activity rate': Aantal aardbevingen per jaar ($M_L \geq 1,2$)	6	6	6	2	8	10	10	8	8	10	10	10

De trendparameters worden continu bijgehouden in de vorm van een trendlijngrafiek, zie figuur 3-3. In beide grafieken van de trendparameters is de periode waarin de aardbevingen verzameld worden zes maanden. De getallen zijn omgerekend naar een jaarlijks aantal aardbevingen en jaarlijkse aardbevingsdichtheid. De achtergrondkleur geeft het niveau van de seismiciteit weer, groen: lage activiteit, geel: bovengemiddelde activiteit en oranje: hoge activiteit.



Figuur 3-3 Trendparameters: In de bovenste grafiek wordt het aantal waargenomen aardbevingen met een magnitude $M_L = 1,2$ of groter per twaalf maanden getoond. In de onderste grafiek wordt de maximale aardbevingsdichtheid (voor aardbevingen met een magnitude van $M_L = 1,2$ of groter) per twaalf maanden getoond.

In 2023 en 2024 daalde de maximale aardbevingsdichtheid tot 0,08 aardbevingen per ($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$). In April 2025 is de aardbevingsdichtheid opnieuw tot dit niveau gedaald. De laatste keer dat de aardbevingsdichtheid daarvoor ook zo laag is geweest was in 2004. Later in 2025 is de aardbevingsdichtheid weer gestegen tot 0,18 aardbevingen per ($\text{km}^2 \cdot \text{jaar}$), en fluctueert deze tussen deze twee waarden.

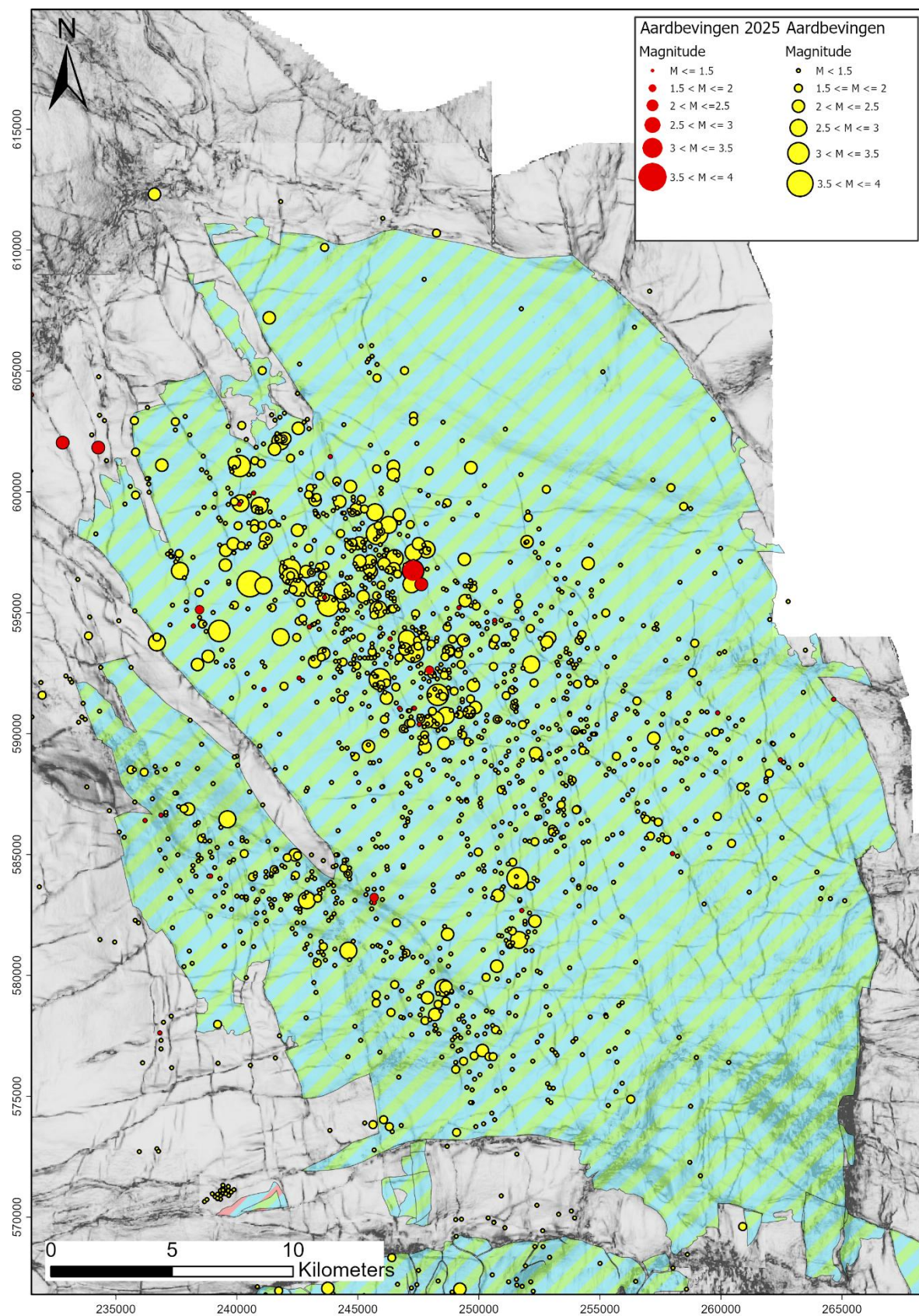
3.3 Distributie van aardbevingen over het Groningen gasveld

De distributie van aardbevingen over het Groningen gasveld wordt getoond op de kaarten in Figuur 3-4 en Figuur 3-5. In deze figuren wordt de kaart van het gasveld met de epicentra van alle aardbevingen (dus ook de aardbevingen met een magnitude kleiner dan de MoC waarde) getoond. De locaties van de in 2025 geregistreerde aardbevingen zijn in rood weergegeven. De aardbevingen die plaatsvonden vóór 2025 zijn in geel weergegeven. Acht van de tien aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,2$ in 2025 hebben een epicentrum binnen het seismisch meest actieve gebied ten noordwesten van Loppersum. Dit komt overeen met de voorspelling, dat door de voortgaande drukvereffening in het Groningen gasveld de reservoirdruk in dit gebied nog steeds daalt.

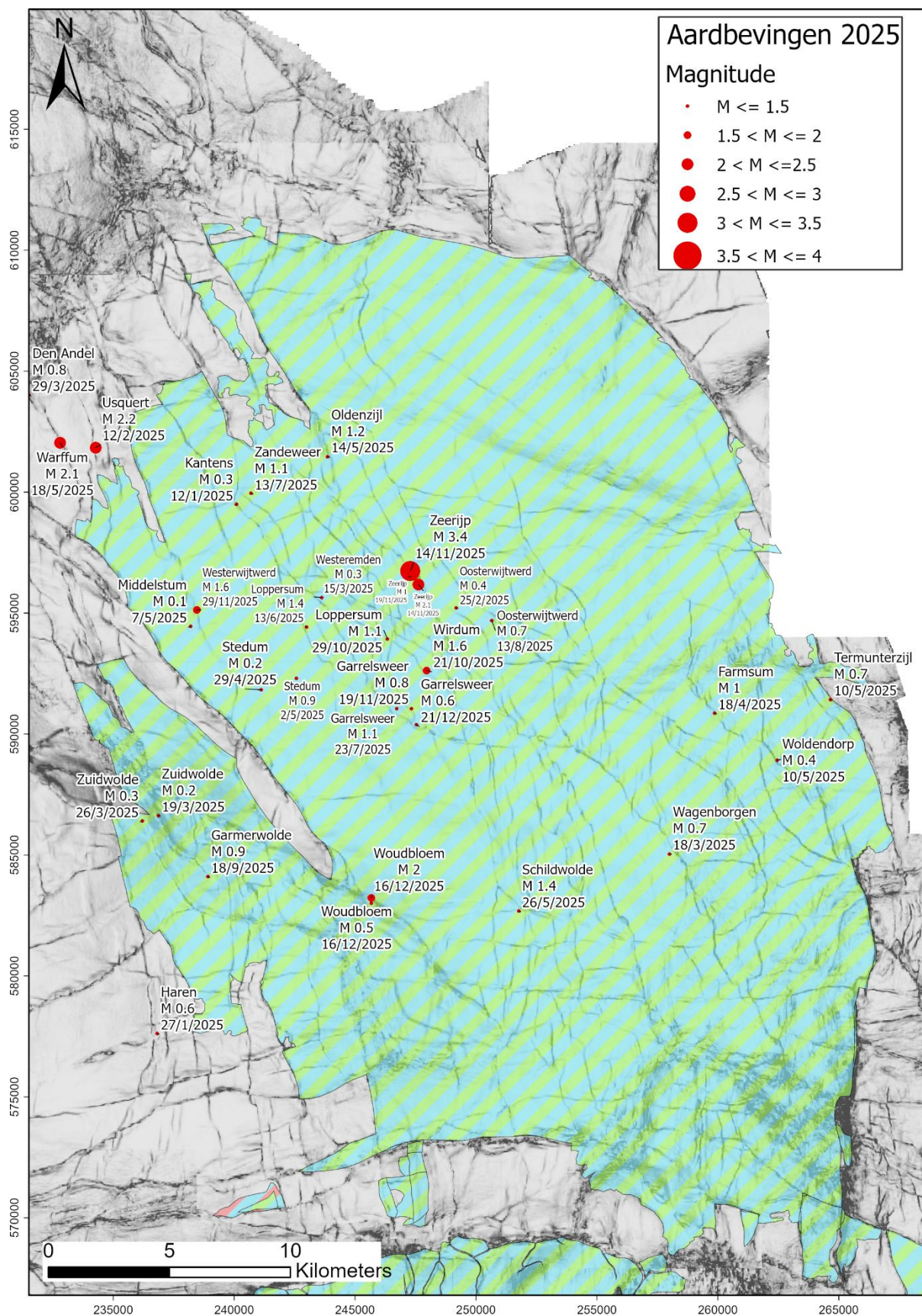
Het epicentrum van de aardbevingen bij Schildwolde met een magnitude $M_L = 1,4$ op 26 mei 2025 en bij Woudbloem met een magnitude $M_L = 2,0$ op 16 december 2025 liggen meer in het zuiden van het gasveld. Dat is opmerkelijk omdat in dit deel van het gasveld de reservoirdruk nu (licht) stijgt. Een meer gedetailleerde inspectie van de ondergrondse locatie van het hypocentra van deze aardbevingen bij Schildwolde en Woudbloem geeft aan dat de breuk waar deze aardbeving op plaats vond een randbreuk is van een klein hoger gelegen blok, een pop-up blok, dat niet geproduceerd wordt (figuur 3-6 and 3-7). Mogelijk is in dit pop-up blok de reservoirdruk hoger gebleven en dus daardoor nog steeds dalende. Dit is een mogelijke verklaring voor een aardbeving in dit deel van het gasveld.

De maximumwaarde van de aardbevingsdichtheid als functie van de tijd over het gehele veld en per deelgebied is weergegeven in Figuur 3-8. De gebieden tussen de verschillende grenswaarden voor rapportage en analyse op basis van aardbevingsdichtheid volgens de Mijnbouwwet zijn aangegeven in de kleuren groen, geel en rood. Duidelijk zichtbaar in deze figuur is de hogere maximale aardbevingsdichtheid in de periode van 2013 tot 2014 en de periodes 2018 en 2022 over het gehele gasveld en in het gebied rond Loppersum in het bijzonder. Omdat de aardbevingen in het Loppersum-gebied vaak minder dan 5 km van de grens van het Bierum cluster plaatsvonden, was door de manier waarop de aardbevingsdichtheid wordt berekend in het verleden ook in het Bierum gebied de aardbevingsdichtheid hoger. Ook eind 2022 tot begin 2023 was de maximale aardbevingsdichtheid in het Loppersum Cluster hoog. Dat kwam door de zwermen aardbevingen in heel kleine gebieden ten noordwesten van Loppersum (Ref. 6).

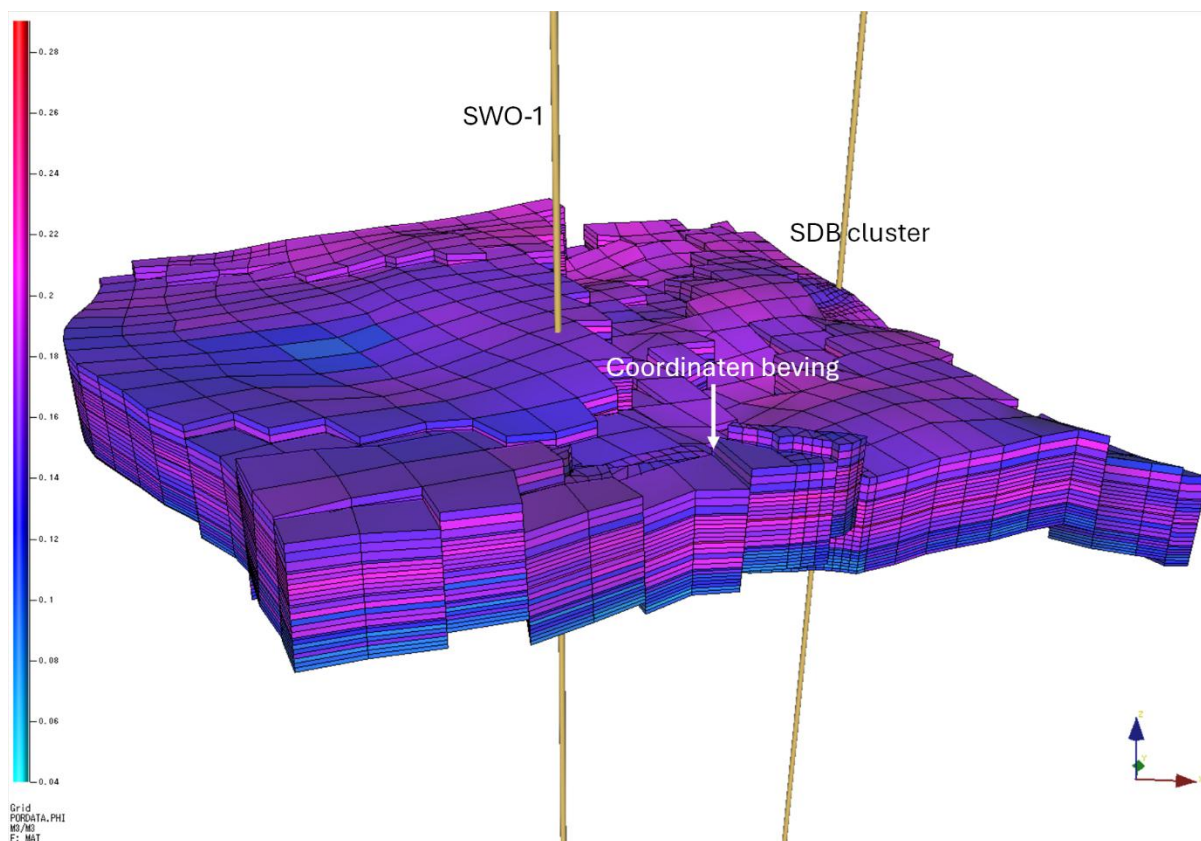
In alle gebieden is de maximale aardbevingsdichtheid sindsdien gedaald. In het laatste jaar daalt ook in het Loppersum gebied de aardbevingsdichtheid aanzienlijk. De maximale aardbevingsdichtheid voor het totale Groningen gasveld wordt nu bijna uitsluitend bepaald door de aardbevingsdichtheid in het Loppersum gebied. Dit komt goed overeen met de modellering van de seismiciteit. Door het, vanaf begin 2014, sterk verlagen van productie en later insluiten van de vijf productieclusters rond Loppersum is de reservoirdruk hier hoog gebleven ten opzichte van de reservoirdruk in de rest van het gasveld. Hierdoor vindt nu drukvereffening plaats waardoor de reservoirdruk in het noordwesten van het Groningen gasveld blijft dalen.



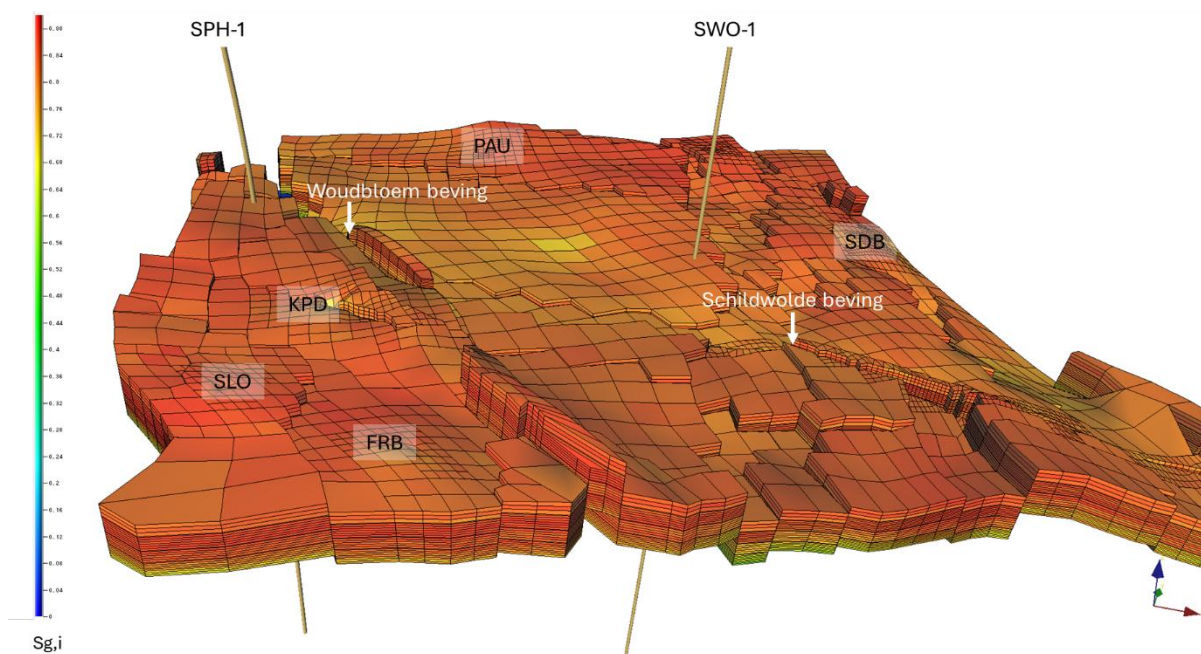
Figuur 3-4 Kaart van de diepe ondergrond met daarop in groen het Groningen gasveld en de omliggende gasvelden. Met rode stippen zijn alle aardbevingen geregistreerd in 2025 aangegeven. Alle aardbevingen vóór 2025 zijn aangegeven met gele cirkels. De grootte van de cirkel is een maat voor de magnitude van de aardbeving.



Figuur 3-5 Kaart van de diepe ondergrond met daarop in groen het Groningen gasveld en de omliggende gasvelden. Met rode stippen zijn alle in 2025 geregistreerde aardbevingen aangegeven. De grootte van de cirkel is een maat voor de magnitude van de aardbeving.

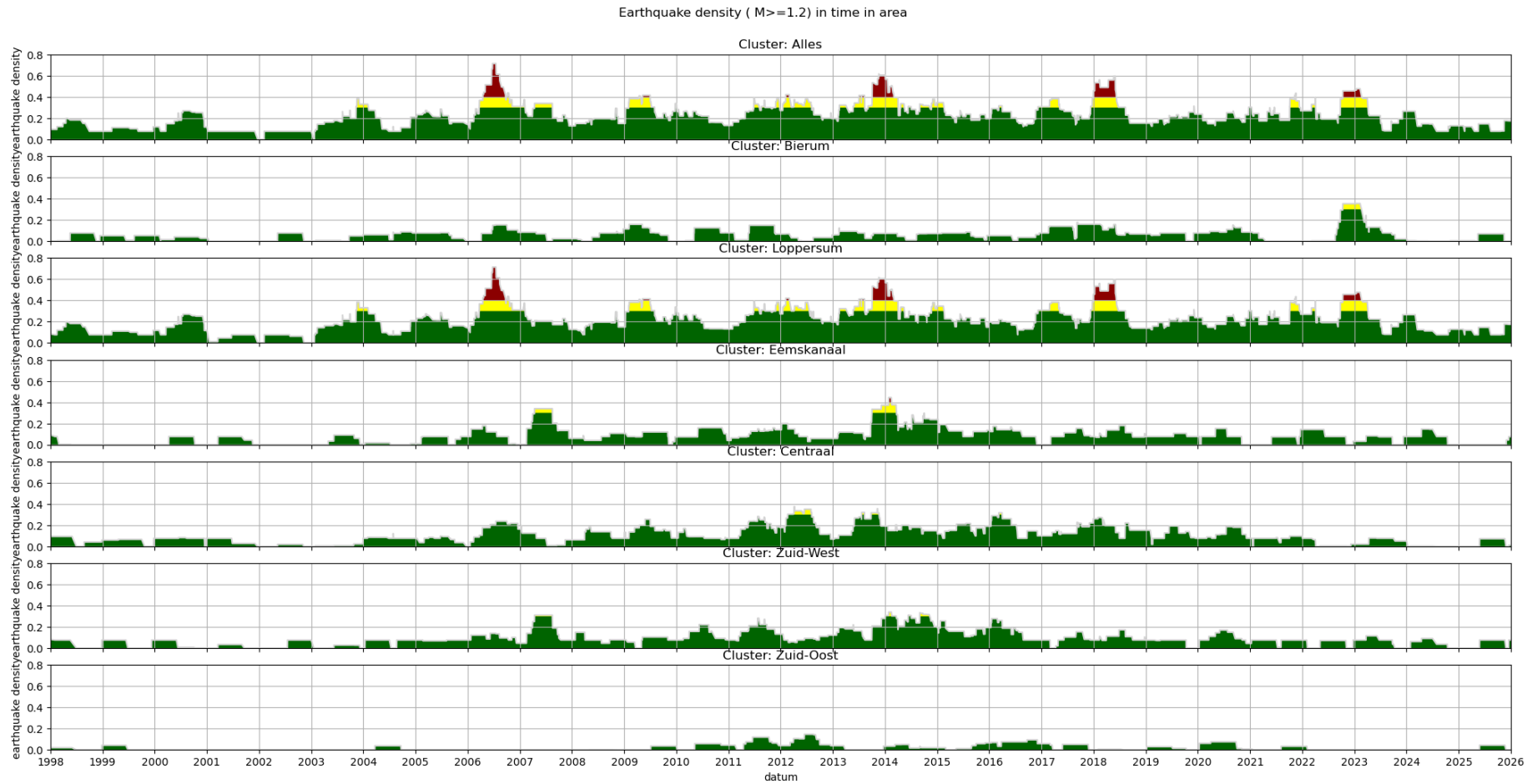


Figuur 3-6 Deel van het model van het Groningen gasveld rond Schildwolde. De locatie van de aardbeving is aangeven. Dit laat zien dat het hypocentrum van de aardbeving dicht op een randbreuk ligt van een hoger gelegen reservoirblok.



Figuur 3-7 Zuidelijk deel van het model van het Groningen gasveld. De locatie van de aardbevingen bij Schildwolde en Woudbloem zijn aangeven.

RAPPORTAGE SEISMICITEIT GRONINGEN GASVELD – KALENDERJAAR 2025



Figuur 3-8 De ontwikkeling van de maximale aardbevingsdichtheid over de jaren in het gehele Groningen gasveld deelgebieden binnen het Groningen gasveld, weergegeven in aantal aardbevingen met een $M_L > 1,2$ per km^2 jaar. De achtergrondkleur geeft het relatieve niveau van de seismiciteit weer, groen: lage activiteit, geel: bovengemiddelde activiteit en rood: hoge activiteit.

3.4 Aardbevingen met hoogste magnitude

De aardbeving met de grootste magnitude in 2025 was de aardbeving nabij Zeerijp op 14 november 2025. Deze had een magnitude van $M_L = 3,4$. NAM heeft een Speciale Rapportage gepubliceerd over deze aardbeving (Ref. 7).

In de periode beginnend op 8 oktober 2022 tot deze aardbeving (37 maanden) is er in Groningen geen aardbeving geregistreerd met een magnitude groter dan 2,2 ($M_L > 2,2$). In de periode zijn er echter zeven aardbevingen waargenomen in het Groningen gasveld³ met een magnitude tussen $M_L = 2,0$ en $M_L = 2,2$. In totaal waren er 19 aardbevingen in deze periode met een magnitude $1,5 \leq M_L < 2,3$.

Tabel 3-3 Aardbevingen in de periode van 8 oktober 2022 tot 14 november 2025 met een magnitude groter dan of gelijk aan $M_L = 2,0$.

Plaats	Datum	Time hh:mm:ss UTC	Magnitude	Diepte km	Easting	Northing
Wirdum	22-okt-2022	10:14:04	2,2	3	248747	593421
Zijldijk	12-apr-2023	16:47:27	2,1	3	246475	600725
Zandweer	15-sept-2023	08:19:02	2,0	3	240777	599283
Zeerijp	11-apr-2024	09:10:24	2,1	3	245078	597136
Garsthuizen	31-okt-2024	15:15:26	2,2	3	242511	598419
Usquert	12-feb-2025	23:22:28	2,2	3	234277	601843
Warffum ³	18 mei 2025	20:57:23	2,1	3	232810	602042

Slechts een keer eerder is er in de aardbevingscatalogus van het Groningen gasveld zo'n lange reeks opgetreden. De krachtigste aardbeving in Nederland in deze periode van meer dan drie jaar was de aardbeving bij Kerkrade op 3 januari 2025, met een magnitude van $M_L=2,4$. De bron van deze aardbeving wordt geschat op 5 km diepte te hebben gelegen. Mogelijk is deze aardbeving geassocieerd met na-ijl effecten van diepe kolenwinning (Ref. 8 en 9).

3.5 Incidentparameters PGA en PGV

De hoogste PGV en PGA-waarden in 2025 zijn gemeten tijdens de Zeerijp aardbeving op 14 november 2025. Opvallend is wel dat voor de Zeerijp aardbeving een hogere amplitude voor PGA en PGV is geregistreerd dan bij eerdere aardbevingen is geregistreerd. In tabel 6.1 worden deze waarden voor PGV en PGA vergeleken met de hoogste waarden bij eerdere aardbevingen.

Tabel 3.4 Waarden voor PGA en PGV voor de drie hoogste amplitude registraties tijdens de Zeerijp aardbevingen van 14 november 2025.

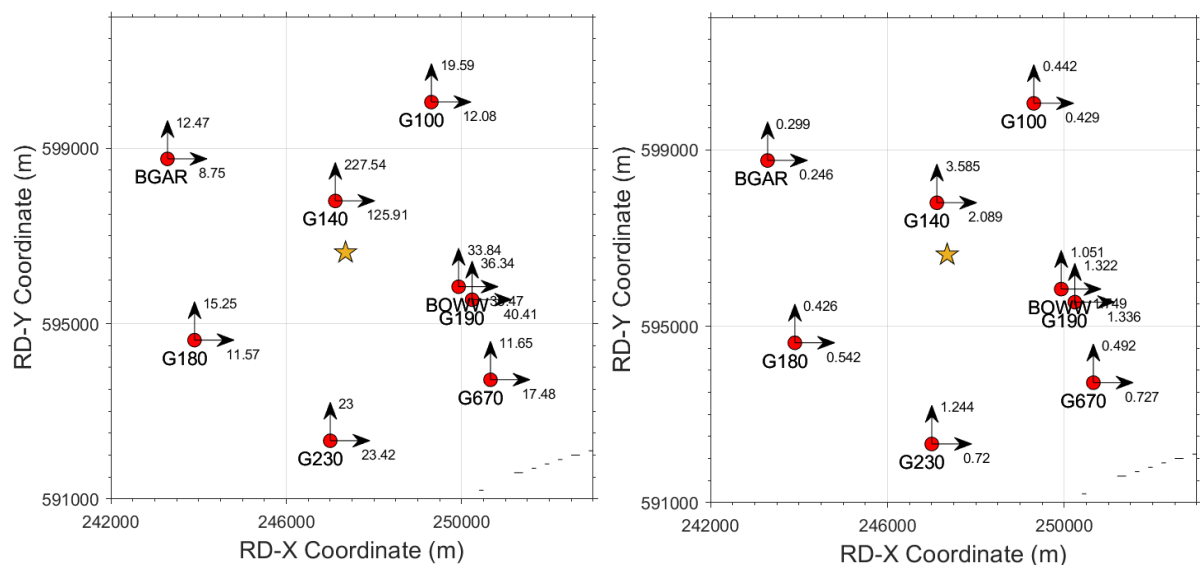
Aardbeving		M_L	Station	Afstand (km)		PGA		PGV (mm/s)
Naam	Datum			R_{epi}	R_{hyp}	(cm/s ²)	(g)	
Huizinge	16-08-2012	3.6	MID1	1.95	3.58	81.5	0.083	34.62
Zeerijp	08-01-2018	3.4	BGAR	2.68	3.95	108.7	0.111	32.12
Zeerijp	14-11-2025	3.4	G140	1.20	3.23	227.5	0.232	35.85

De hoogste waarde voor PGA van de Zeerijp aardbevingen is meer dan twee keer zo groot als de eerdere hoogste waarde gemeten in het Groningen-gasveld, terwijl de hoogste waarde voor PGV slechts 3,6% groter is. Deze hoogste amplitudes voor PGV en PGA zijn geregistreerd door

³ De aardbeving op de rand van het Warffum veld, tegen het Groningen gasveld aan, tellen we mee.

monitoringsstation G140, dat op een kortere afstand tot het epicentrum (1,2 km) lag dan de stations waar eerder de hoogste amplitudes waren gemeten (Fig. 3.9). Ook is opmerkelijk dat de amplitude van zowel PGV als PGA veel lager zijn voor de metingen door de zeven omringende stations, die hier op een afstand van 4 tot 6 km afstand van liggen.

Een uitgebreide toelichting in het ‘*Speciaal Rapport over de aardbeving bij Zeerijp op 14 november 2025*’ toont aan dat de PGA en PGV-waarden gemeten voor de Zeerijp aardbeving consistent zijn met eerdere metingen, met uitzondering van de PGA en PGV-waarden gemeten door station G140. Echter dit komt door de korte afstand van dit station tot het epicentrum van deze aardbeving. Vooral een vergelijking van de registratie van de recente Zeerijp aardbeving met die van eerdere aardbevingen met een magnitude 3,4 laat dit zien. Meer informatie is hierover beschikbaar in de Speciale Rapportage voor deze aardbeving (Ref. 7).



Figuur 3.9 Links: Horizontale componenten of PGA (cm/s²) geregistreerd dicht bij het epicentrum van de Zeerijp aardbeving in november 2025. Rechts: Horizontale componenten of PGV (cm/s) geregistreerd dicht bij het epicentrum van de Zeerijp aardbeving in november 2025.

3.6 Vergelijking aantal geobserveerde en voorspelde aardbevingen

3.6.1 Kalibratie seismologisch model

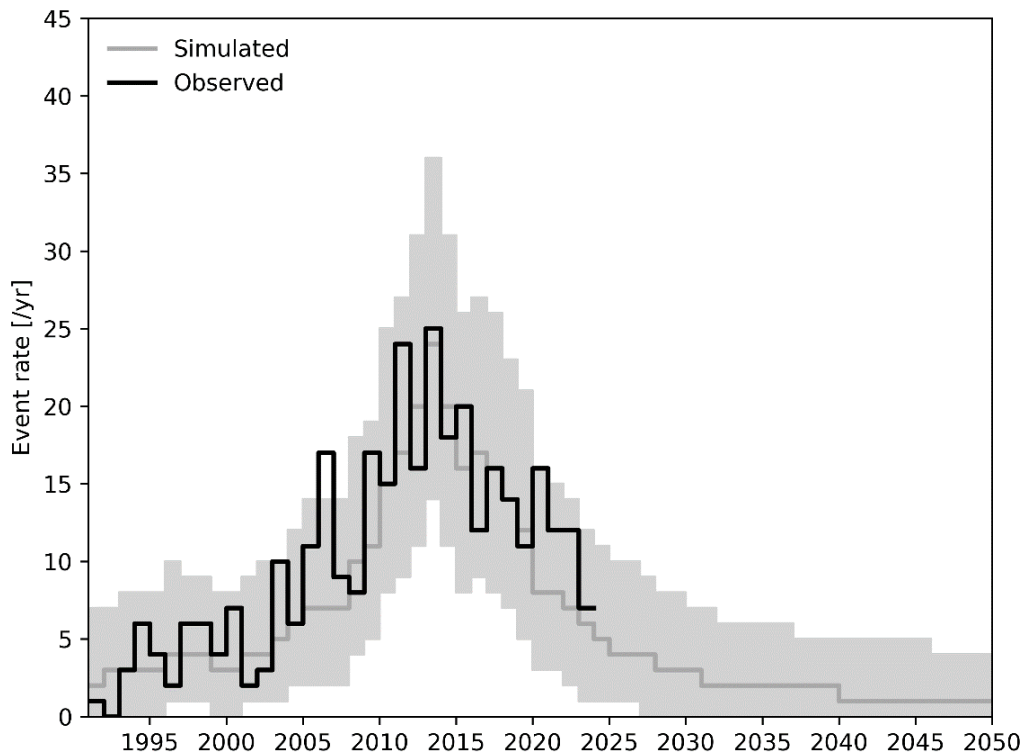
Sinds begin 2023 heeft TNO geen seismische risicoinschatting voor Groningen gepubliceerd. De vergelijking van het geobserveerde aantal aardbevingen is daarom gebaseerd op de ‘Hazard and Risk Assessment’ (HRA), gemaakt na insluiting van het gasveld op 1 oktober 2023. Deze inschatting is geijkt aan de aardbevingencatalogus van alle aardbevingen in Groningen met een magnitude van $M_L \geq 1,5$ tot 1 januari 2024.

3.6.2 Tellen van het aantal aardbevingen

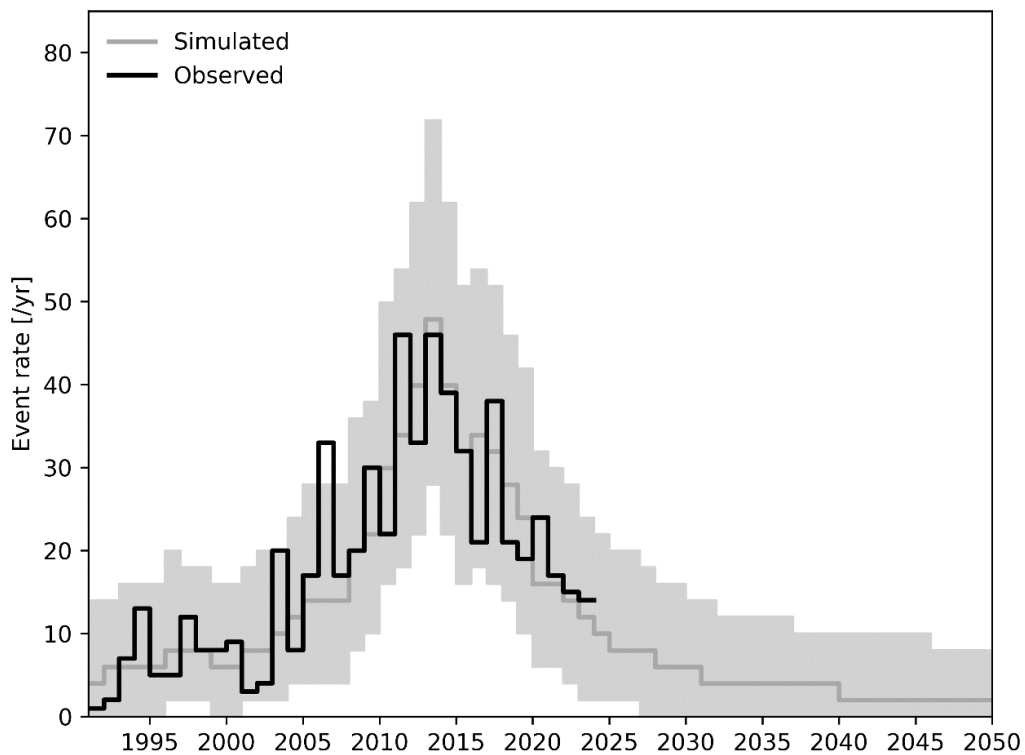
Het KNMI rapporteert twee versies van de waargenomen Groningse aardbevingsmagnitudes, de eerste is tot 5 cijfers achter de komma en dus zonder afronding. De tweede versie (beschikbaar als een tabel in pdf-format) geeft de magnitude van aardbevingen, na afronding tot 1 cijfer achter de komma. In de eerdere hoofdstukken (1 tot en met 3.5) van deze periodieke rapportage maakt NAM gebruik van de tweede versie van de KNMI-aardbevingencatalogus met afronding.

Echter voor de vergelijking tussen het opgetreden aantal aardbevingen met de voorspelling van het seismologisch model moet gebruik worden gemaakt van een aardbevingencatalogus waarin de

waarden van de magnitude niet zijn afgerond (de eerste versie). Daardoor zal een aardbeving met een magnitude van $M_L = 1,50$ wel worden meegeteld als een aardbeving met $M_L \geq 1,5$ maar bijvoorbeeld een aardbeving met een magnitude van $M_L = 1,49$ niet.



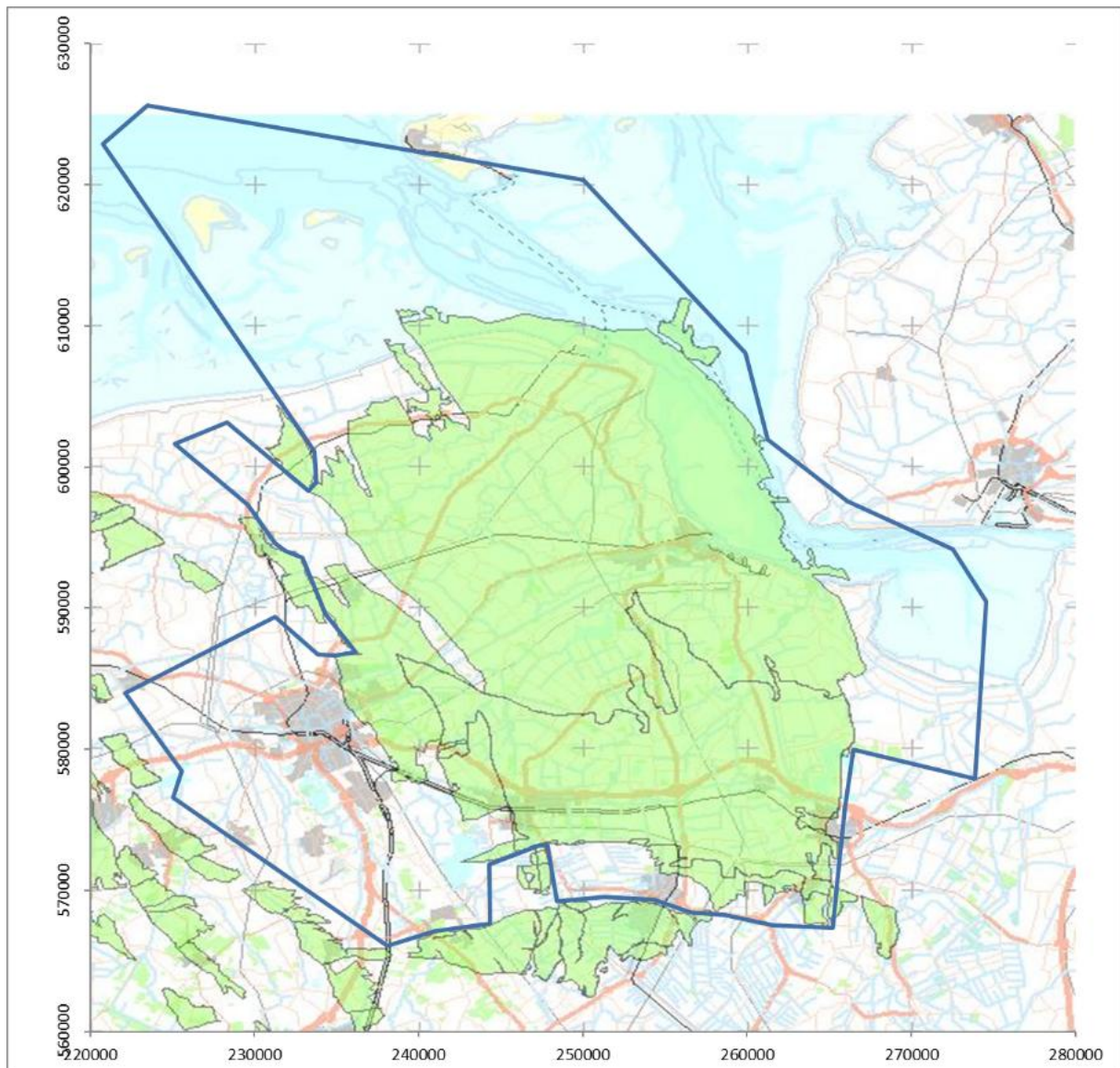
Figuur 3-10 Kalibratie van het seismologisch model gebaseerd op de aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,5$ tot 1 januari 2024.



Figuur 3-11 Aantal geregistreerde aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,2$ vergeleken met het seismologisch model gebaseerd op de aardbevingen tot 1 januari 2024.

Afronding vertekent het aantal aardbevingen boven een overschrijdingswaarde (zoals bijvoorbeeld een overschrijdingswaarde van $M \geq 1,5$). Door deze afronding worden aardbevingen met een magnitude tussen 1,45 en 1,5 ($1,45 \leq M < 1,5$) ook meegeteld bij de aardbevingen met een magnitude $M \geq 1,5$. Sommige aardbevingen met een magnitude kleiner dan 1,5 worden door de afronding dus toch meegeteld als $M \geq 1,5$. Voor een exacte vergelijking tussen het aantal geobserveerde aardbevingen en het aantal voorspelde aardbevingen wordt daarom de niet-afgeronde versie van de aardbevingencatalogus gebruikt.

Voor de aardbevingen in 2025 is de afronding van belang voor de aardbeving op 14 mei 2025 bij Oldenzijl. De afgeronde magnitude gerapporteerd door KNMI is $M_L = 1,2$. Echter de niet-afgeronde magnitude van de Oldenzijl aardbeving was $M_L = 1,152$. De magnitude is dus naar boven afgerond. De magnitude van deze aardbeving was dus $M_L < 1,2$ en telt in deze vergelijking daarom niet mee.



Figuur 3-12 De polygoon rond het Groningen gasveld. Aardbevingen met het epicentrum binnen deze polygoon worden toegewezen aan het Groningen gasveld. Ten zuiden van de polygoon is het Annerveen gasveld te zien.

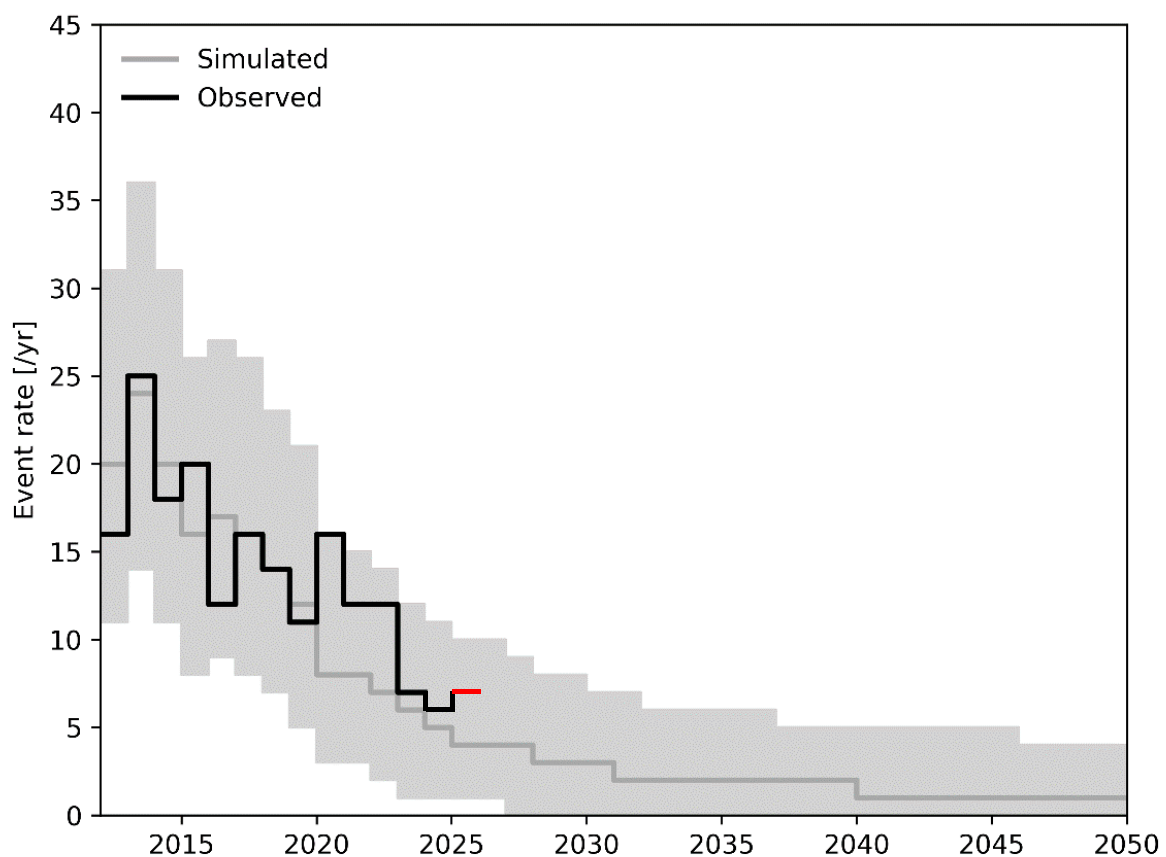
Voor het tellen van het aantal aardbevingen voor seismische rapportage van het Groningen gasveld is ook de toewijzing van aardbevingen aan het Groningen gasveld of een van de er omheen liggende

gasvelden belangrijk. Een aardbeving kan bijvoorbeeld zijn oorsprong hebben in het Annerveen gasveld dat ten zuiden van het Groningen gasveld ligt. Hiervoor wordt door NAM de polygoon (in blauw) in figuur 3-12 gebruikt. Aardbevingen met het epicentrum binnen deze polygoon worden toegewezen aan het Groningen gasveld.

Dit is van belang voor de aardbeving op 18 mei 2025 bij Warffum. De door KNMI aangegeven locatie van het epicentrum voor deze aardbeving geeft aan dat deze ligt binnen het Warffum gasveld, en dus buiten deze polygoon. In deze seismische monitoringsrapportage hebben we deze aardbeving echter wel meegenomen als een aardbeving in het Groningen gasveld.

3.6.3 Vergelijking van aantal geobserveerde aardbevingen met modelvoorspelling

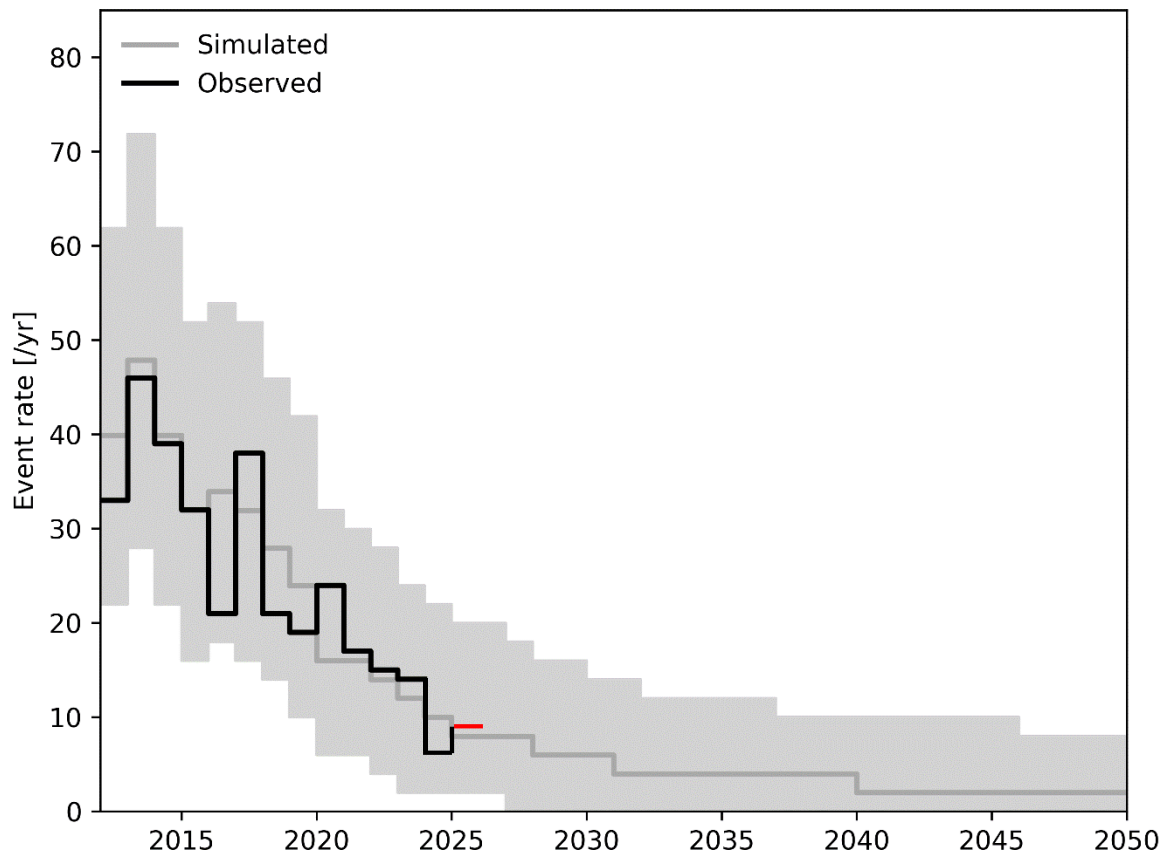
Het HRA-model is geijkt aan de aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,5$. Daarom tonen we de vergelijking tussen het model en het werkelijk opgetreden aantal aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,5$. Figuur 3-13 laat zien dat in kalender jaar 2023 er zeven aardbevingen en in 2024 zes aardbevingen zijn geobserveerd met een magnitude $M_L \geq 1,5$. In 2025 zijn er opnieuw zeven aardbevingen geobserveerd met een magnitude $M_L \geq 1,5$. Dit ligt boven het verwachte aantal aardbevingen in 2025 met een magnitude $M_L \geq 1,5$, maar ligt ruimschoots binnen de onzekerheidsband.



Figuur 3-13 Voorspelde aantal aardbevingen in het Groningen gasveld met een magnitude $M_L \geq 1,5$. Het aantal geobserveerde aardbevingen in 2025 is aangegeven in rood.

De Mijnbouwregeling schrijft voor dat de aardbevingenrapportage wordt gebaseerd op aardbevingen met magnitude $M_L \geq 1,2$. Omdat het verwachte aantal aardbevingen met $M_L \geq 1,2$ groter is, is ook de vergelijking hiervoor tussen voorspelde en geobserveerde aantal aardbevingen betrouwbaarder. Figuur 3-14 laat zien dat in kalender jaar 2023 er veertien aardbevingen zijn geobserveerd met een

magnitude $M_L \geq 1,2$. Dit ligt dicht aan tegen het verwachte aantal aardbevingen voor 2023. In 2024 zijn er zes aardbevingen geweest met een magnitude $M_L \geq 1,2$. Dit ligt onder het verwachte aantal aardbevingen in 2024 (de voorspelling was 10 aardbevingen in 2024). In 2025 zijn er (zonder afronding) negen aardbevingen met een magnitude $M_L \geq 1,2$ geobserveerd. Dit ligt één enkele aardbeving boven de prognose voor het aantal aardbevingen in 2025 door het HRA-model. Dat is ruim binnen de onzekerheidsband.



Figuur 3-14 Voorspelde aantal aardbevingen in het Groningen gasveld met een magnitude $M_L \geq 1,2$. Het aantal geobserveerde aardbevingen in 2025 is aangegeven in rood.

Referenties

1. Advies over de actualisatie van de trendparameters en de bijbehorende grenswaarden in artikel 1.3a van de Mijnbouwregeling, SodM, 16 juni 2020.
2. Defining criteria for semi-annual earthquake reporting of PGV and PGA in Groningen, Michail Ntinalexis, April 2024.
3. Magnitude and Energy of Earthquakes. B. Gutenberg, C.F. Richter. Annali di Geofisica. 9: 1-15, 1956.
4. Minimum Magnitude of Completeness in Earthquake Catalogs: Examples from Alaska, the Western United States, and Japan. Wiemer, Stefan en Wyss, Max. 4, 2000, Bulletin of the Seismological Society of America, pp. 859-869.
5. Warffum beving, mei 2025', juni 2025, NAM-report: EP202505235972.
6. Periodieke rapportage seismiciteit Groningen - 1 november 2022, NAM (Jan van Elk), november 2022.
7. Speciaal Rapport over de aardbeving bij Zeerijp op 14 november 2025, NAM (Jan van Elk), 2025.
8. Sigaran-Loria, C., and Slob, S. (2019). Seismic swarms in South Limburg (The Netherlands): Tectonic or induced as coal mining lagging effect?. In Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions (pp. 5019-5026). CRC Press.
9. Projectgroep "Na-ijlende gevolgen van de steenkolenwinning in Zuid-Limburg" (projectgroep GS-ZL), Na-ijlende gevolgen steenkolenwinning Zuid-Limburg - Uittreksel uit het samenvattende rapport met een overzicht van de voorgestelde maatregelen, 14 December 2016.

Appendix A – Overzicht periodieke en speciale rapportages seismiciteit Groningen

Tabel A.1 Rapportages van opmerkelijke seismische gebeurtenissen zoals aardbevingen met een grotere kracht of aardbevingszwermen.

Titel	Datum
Rapportage recente aardbevingen Wirdum en Garsthuizen 2016/2017	mei 2017
Ground Motions from the M_L 2.6 Slochteren Earthquake of 27 th May 2017	juni 2017
Special Report on the earthquake density and activity rate following the earthquakes in Appingedam ($M_L=1.8$) and Scharmer ($M_L=1.5$) in August 2017	sept 2017
Special Report on the Loppersum earthquakes – December 2017	dec 2017
Special Report on the Zeerijp Earthquake	jan 2018
Short special report Exceedance Activity Rate - February 2018	feb 2018
Special Report - Westerwijtwerd Earthquake - 22 nd May 2019	mei 2019
Analyse overschrijding MRP-grenswaarde Aardbevingsdichtheid 9 september 2019	sept 2019
Analyse overschrijding aardbevingsdichtheid - 3 december 2019	dec 2019
Special Report on the Zijldijk $M_L = 2.5$ Earthquake of 2 nd May 2020	mei 2020
Special Report on the Loppersum $M_L=2.7$ earthquake of 14 th June 2020	aug 2020
Special Report on the Zeerijp Earthquake Swarm starting 4 th October 2021	okt 2021
Supplement to special Report on the Zeerijp Earthquake Swarm starting 4 th October 2021	nov 2021
Special Report on the Garrelsweer Earthquake 16th November 2021 with Magnitude $M_L = 3.2$	nov 2021
Special Report on the Earthquakes near Uithuizen in August, September and October 2022	okt 2022
Special Report on the Wirdum Earthquake 8 th October 2022 with Magnitude $M_L=3.1$	okt 2022
Special Report on the two Zandeweer Earthquakes on 15 th September 2023 with Magnitude $M_L = 2.0$ and $M_L = 1.9$ respectively	okt 2023
Special Report on the earthquake near Zeerijp on 11 th April 2024 with a magnitude M_L 2.1	mei 2024
Speciaal Rapport over de aardbeving bij Zeerijp op 14 november 2025	nov 2025

Tabel A.2 Halfjaarlijkse monitoringsrapportages voor de seismiciteit in het Groningen gasveld.

Title	Date
Analyse seismiciteit	nov 2016
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2017	nov 2017
Rapportage Seismiciteit Groningen – Juni 2018	juli 2018
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2018	nov 2018
Rapportage Seismiciteit Groningen – Mei 2019	mei 2019
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2019	nov 2019
Rapportage Seismiciteit Groningen – Mei 2020	apr 2020
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2020	nov 2021
Rapportage Seismiciteit Groningen – Mei 2021	juni 2021
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2021	nov 2021
Rapportage Seismiciteit Groningen – Mei 2022	juni 2022
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2022	dec 2022
Rapportage Seismiciteit Groningen – Mei 2023	juni 2023
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2023	dec 2023
Rapportage Seismiciteit Groningen – Mei 2024	juni 2024
Rapportage Seismiciteit Groningen – Eerste helft 2024	juli 2024
Rapportage Seismiciteit Groningen – November 2024	nov 2024
Rapportage Seismiciteit Groningen – Kalenderjaar 2024	jan 2025
Rapportage Seismiciteit Groningen – Eerste helft 2025	juli 2025
Rapportage Seismiciteit Groningen – Kalenderjaar 2025	jan 2026

Appendix B – Aardbevingencatalogus (door KNMI) voor kalenderjaar 2025

Tabel B Aardbevingen geregistreerd door het seismisch monitoringsnetwerk in 2025 (huidige en de voorafgaande rapportage periodes).

Plaats	Datum	Time (UTC) hh:mm:ss	Magnitude	Diepte km	Easting	Northing
Eerste helft 2025						
Kantens	12-jan-25	20:22:50	0,3	3	240108	599494
Haren	27-jan-25	23:11:03	0,6	3	236818	577619
Usquert	12-feb-25	23:22:28	2,2	3	234277	601843
Oosterwijtwerd	25-feb-25	16:25:36	0,4	3	249179	595211
Westeremden	15-mrt-25	02:53:56	0,3	3	243624	595641
Wagenborgen	18-mrt-25	17:42:02	0,7	3	257993	585039
Zuidwolde	19-mrt-25	23:06:34	0,2	3	236865	586636
Zuidwolde	26-mrt-25	00:04:45	0,3	3	236202	586403
Farmsum	18-apr-25	01:21:21	1,0	3	259869	590869
Stedum	29-apr-25	04:02:14	0,2	3	241111	591831
Stedum	2-mei-25	11:44:37	0,9	3	242569	592303
Middelstum	7-mei-25	01:41:20	0,1	3	238198	594451
Termunterzijl	10-mei-25	03:47:13	0,7	3	264659	591421
Woldendorp	10-mei-25	07:30:22	0,4	3	262448	588922
Oldenzijl	14-mei-25	22:26:14	1,2	3	243866	601455
Warffum	18-mei-25	20:57:23	2,1	3	232810	602042
Schildwolde	26-mei-25	09:27:33	1,4	3	251763	582683
Loppersum	13-jun-2025	15:52:41	1,4	3	242997	594426
Tweede helft 2025						
Zandeweer	13-jul-2025	13:23:01	1,1	3	240699	599950
Garrelsw eer	23-jul-2025	09:45:00	1,1	3	246727	591045
Oosterwijtwerd	13-aug-2025	09:07:56	0,7	3	250655	594684
Garm erwolde	18-sep-2025	11:14:11	0,9	3	238912	584112
Wirdum	21-okt-2025	00:24:40	1,6	3	247963	592627
Loppersum	29-okt-2025	00:00:25	1,1	3	246338	593932
Zeerijp	14-nov-2025	00:16:40	3,4	3	247284	596733
Zeerijp	14-nov-2025	05:39:24	2,1	3	247628	596183
Garrelsw eer	19-nov-2025	08:07:00	0,8	3	247327	591056
Zeerijp	19-nov-2025	22:14:13	1,0	3	247288	596510
Westerwijtwerd	29-nov-2025	09:55:42	1,6	3	238453	595124
Woudbloem	16-dec-2025	12:18:23	2,0	3	245674	583232
Woudbloem	16-dec-2025	22:33:47	0,5	3	245678	583010
Garrelsw eer	21-dec-2025	18:54:21	0,6	3	247539	590392