

ELEVELD BEVINGEN, OKTOBER 2023



NAM

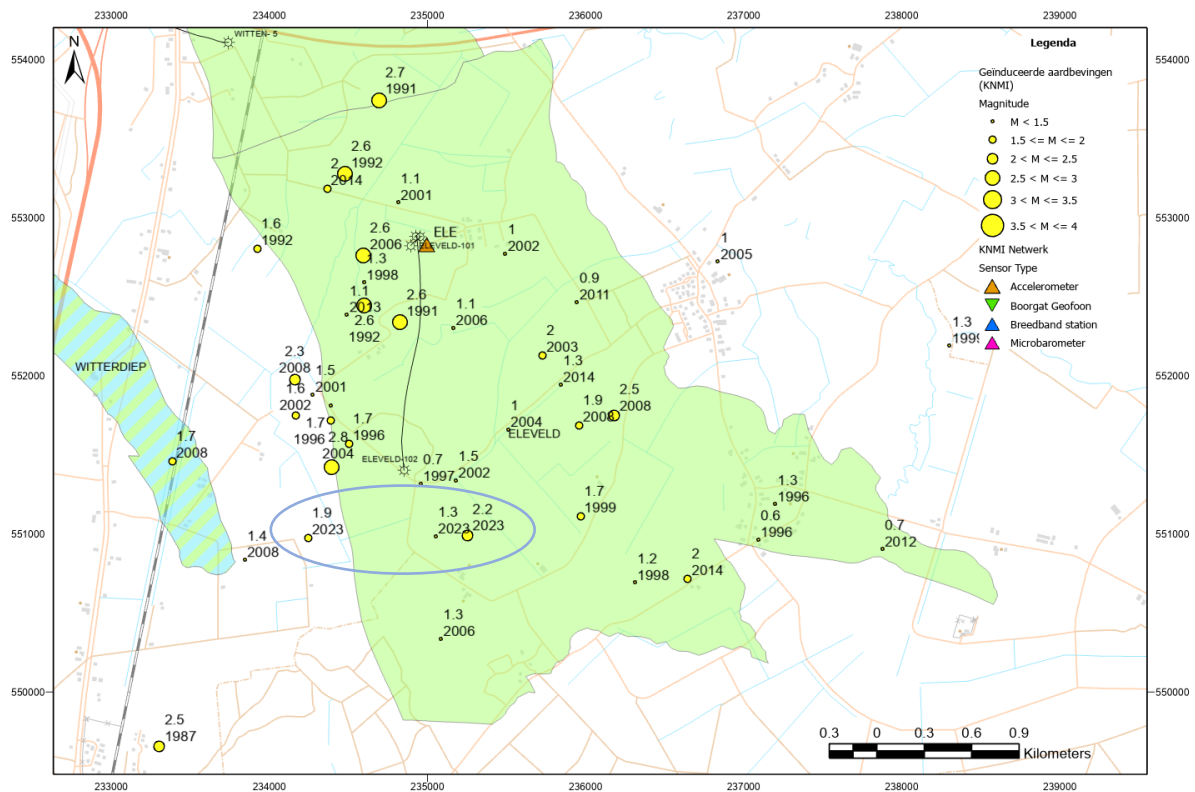
NAM-report: EP202311201134

Inhoud

1	Samenvatting.....	3
2	Inleiding	4
2.1	Mogelijke samenhang van de bevingen met de aanwezige breuken	6
3	Geologie.....	8
4	Gasproductie- en reservoirdruk	9
5	Waarschijnlijk mechanisme voor breukreactivatie en aardbevingen	12

1 Samenvatting

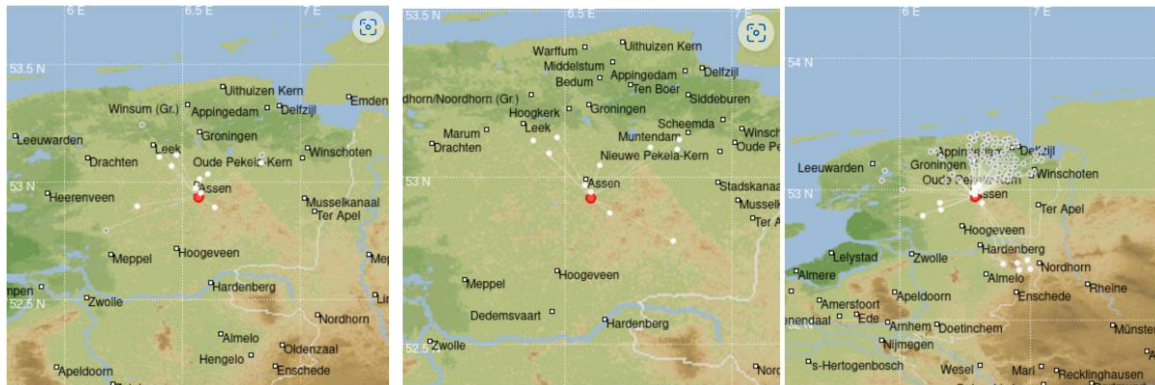
In de maand oktober 2023 vonden er drie lichte aardbevingen plaats in de buurt van Ekehaar en Hooghalen (Drenthe) met een magnitude van respectievelijk M1,9, M1,3 en M2,2 op de schaal van Richter (Figuur 1-1). Deze bevingen zijn met grote waarschijnlijkheid ontstaan in het Eleveld gasveld. De bevingen zijn veroorzaakt door de drukdaling in het gasveld waardoor de schuifspanning toeneemt op de interne breuken en de randbreuken. Het Eleveld gasveld kent sinds jaren een relatief geringe productie. De put Eleveld-102, die het dichtst bij de bevingen ligt, is sinds 2007 ingesloten.



Figuur 1-1: kaart van het veld Eleveld. Binnen de blauwe ellips bevinden zich de epicentra van de 3 bevingen.

2 Inleiding

In oktober vonden er drie lichte aardbevingen plaats in de buurt van Hooghalen en Ekehaar. De eerste beving had een kracht van $M=1,9$ op de schaal van Richter en vond plaats op zondag 1 oktober om 19.55 uur (UTC). Deze beving werd gevolgd door een beving, negen dagen later, met een magnitude van $M=1,3$ (13:15 uur UTC). De derde beving, met een magnitude van $M=2,2$, vond plaats op 29 oktober om 3.11 uur UTC. De $M=2,2$ beving is door vele stations in de verre regio geregistreerd (Figuur 2-1, rechts). De versnellingsmeter “ELE” die gestationeerd is in de buurt van Eleveld, staat op 1,9 km van het epicentrum van de $M2,2$ beving.



Figuur 2-1; Stations die de $M=1,9$ beving hebben geregistreerd (links), de $M=1,3$ beving (midden) en de stations die de $M=2,2$ beving hebben geregistreerd (rechts) (bron: KNMI).

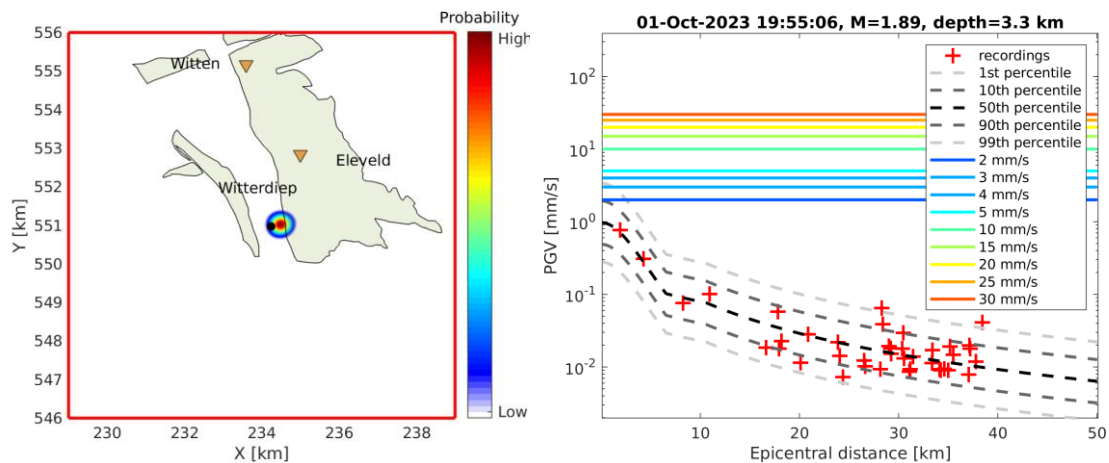
Volgens het KNMI¹ zijn dit geïnduceerde bevingen, wat betekent dat deze door de gaswinning in dit gebied zijn veroorzaakt. De epicentra van bevingen liggen binnen of net ten westen van de contour van het gasveld Eleveld, waar al eerder bevingen van vergelijkbare magnitude zijn geregistreerd (Figuur 1-1).

Het KNMI heeft een gedetailleerde analyse gemaakt van de beving bij Hooghalen op 1 oktober². De meest waarschijnlijke locatie van het epicentrum ligt volgens deze analyse ongeveer 100 m naar het oosten t.o.v. de bepaling volgens de snelle hypocentrumoplossing (Figuur 2-2, links). Hiermee wordt ook de waarschijnlijkheid groter dat de $M=1,9$ beving heeft plaatsgevonden op de westelijke randbreuk van het Eleveld veld. Tevens heeft het KNMI, voor deze beving, de waarnemingen op de seismische stations vergeleken met het Grond Motion Prediction Model BMR2 van het KNMI³.

¹ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/aardbevingen>

² <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/publicatie/pgv-levels-and-location-uncertainty-for-the-hooghalen-01-10-2023-event>

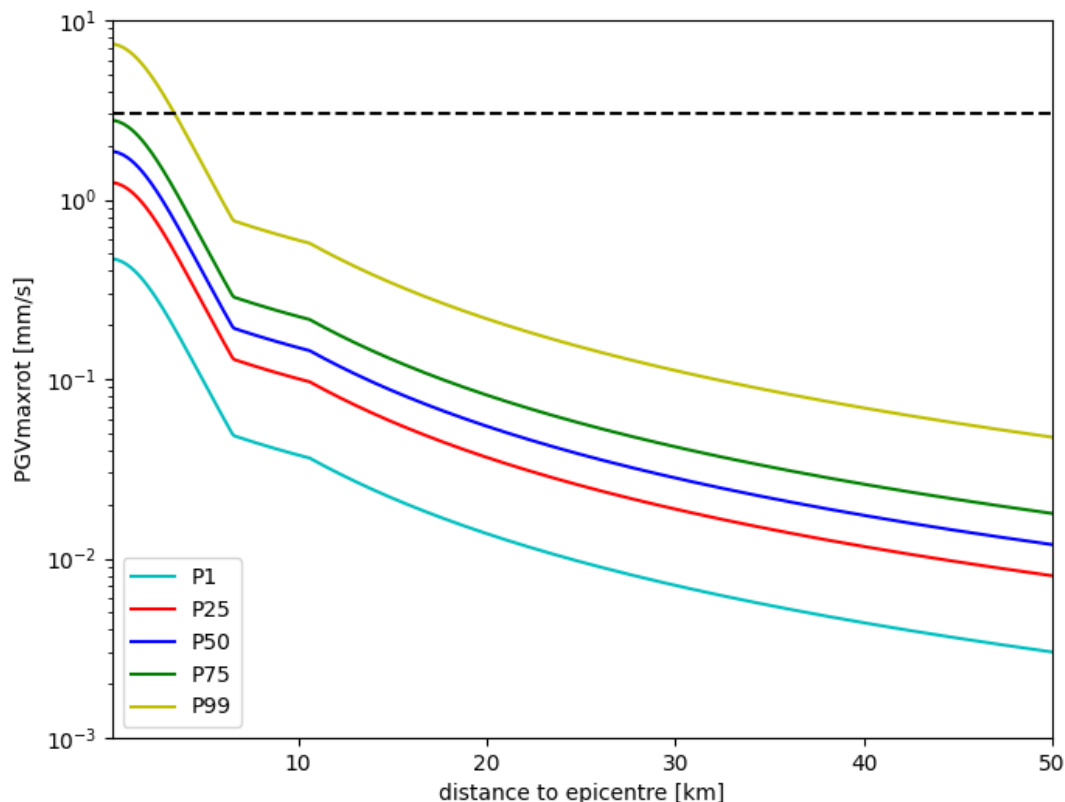
³ Ruigrok, E., and B. Dost (2020), Advice on the computation of peak-ground-velocity confidence regions for events in gas fields other than the Groningen gasveld, KNMI Technical Report, TR-386.



Figuur 2-2: links, in kleur, de onzekerheidsellips van het epicentrum volgens de uitgebreide analyse. De zwarte punt geeft de uitkomst van de eerste schatting volgens de snelle hypocentrumoplossing. Rechts: gemeten PGV-waarden (PGVrot) in vergelijking met het BMR2 GMPE model van KNMI. De recordings vallen binnen onzekerheidsband van het model (bron KNMI).

Het KNMI zal later met een nadere analyse komen van de meest waarschijnlijk locatie van het epicentrum van de M=2,2 beving bij Ekehaar. Mocht deze analyse invloed hebben op de conclusies in dit rapport, dan zal er een nieuwe versie van dit rapport gemaakt worden.

De bandbreedte voor de mogelijke PGV-waarden op basis van het BMR2 model voor de M=2,2 beving worden gegeven in Figuur 2-3. Maximale gemeten PGV-waarde in station “ELE” voor het kanaal HG1 is 1 mm/s (Tabel 2-1). Voor het station Assen op 4,5 km is dit 0,6 mm/s.



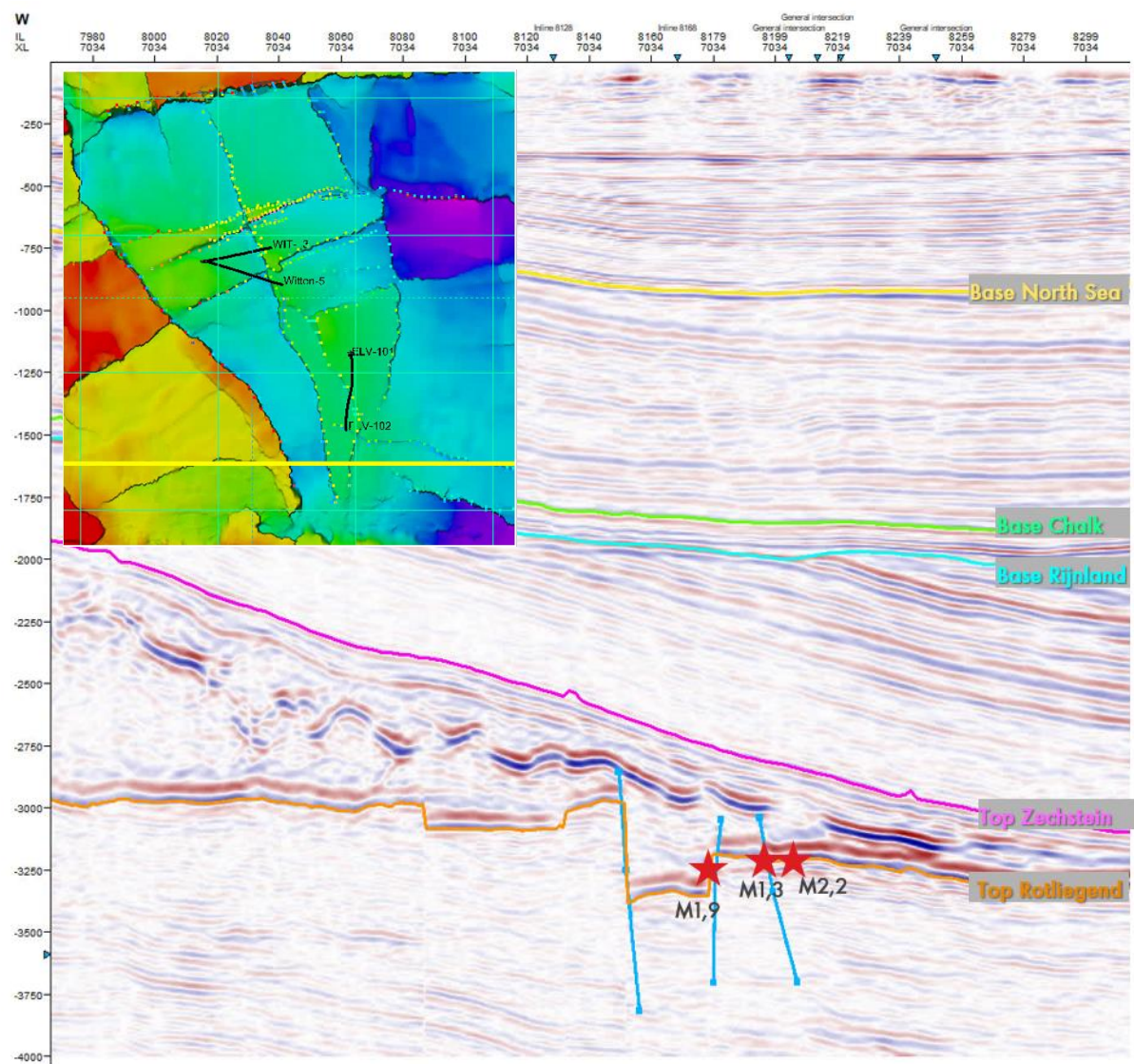
Figuur 2-3: Bandbreedte voor mogelijke PGV-waarden als functie van afstand voor de M=2,2 beving. De gestreepte lijn is de 3 mm/s waarde voor de PGV.

Tabel 2-1: gemeten PGA en PGV-waarden voor de dichtstbijzijnde stations “ELE” en “ASS1” (bron: KNMI).

Network / Station / Location (click for streams)	Max. PGA [cm/s ²]	Max. PGA channel	Max. PGV [cm/s]	Max. PGV channel	Epicentral distance [km]
NL / ELE Lat: 52.957, Lon: 6.578	10.57	HG1	0.10	HG1	1.86
NL / ASS1 Lat: 52.978, Lon: 6.557	1.99	HG1	0.06	HG2	4.49

Figuur 2-4 toont een kaart van de bovenkant van de “basis van de Zechstein Groep”. De donkere lijnen op deze kaart representeren de breuken die ook voorkomen in het Rotliegend reservoir. Deze kaart is gebaseerd op seismische informatie en laat de breukpatronen zien in de ondergrond op een diepte van ongeveer 3,2 km. De M=1,9 beving vond waarschijnlijk plaats op de westelijke randbreuk van Eleveld. Dezelfde breuk is eerder actief geweest in de periode 1992 t/m 2008. De M=1,3 beving ligt ten oosten hiervan en heeft waarschijnlijk plaats gevonden op een interne breuk in het veld. De M=2,2 beving ligt iets ten oosten van deze beving en lijkt te hebben plaatsgevonden op een kleinere breuk die lastig is te detecteren op basis van de beschikbare seismische informatie.

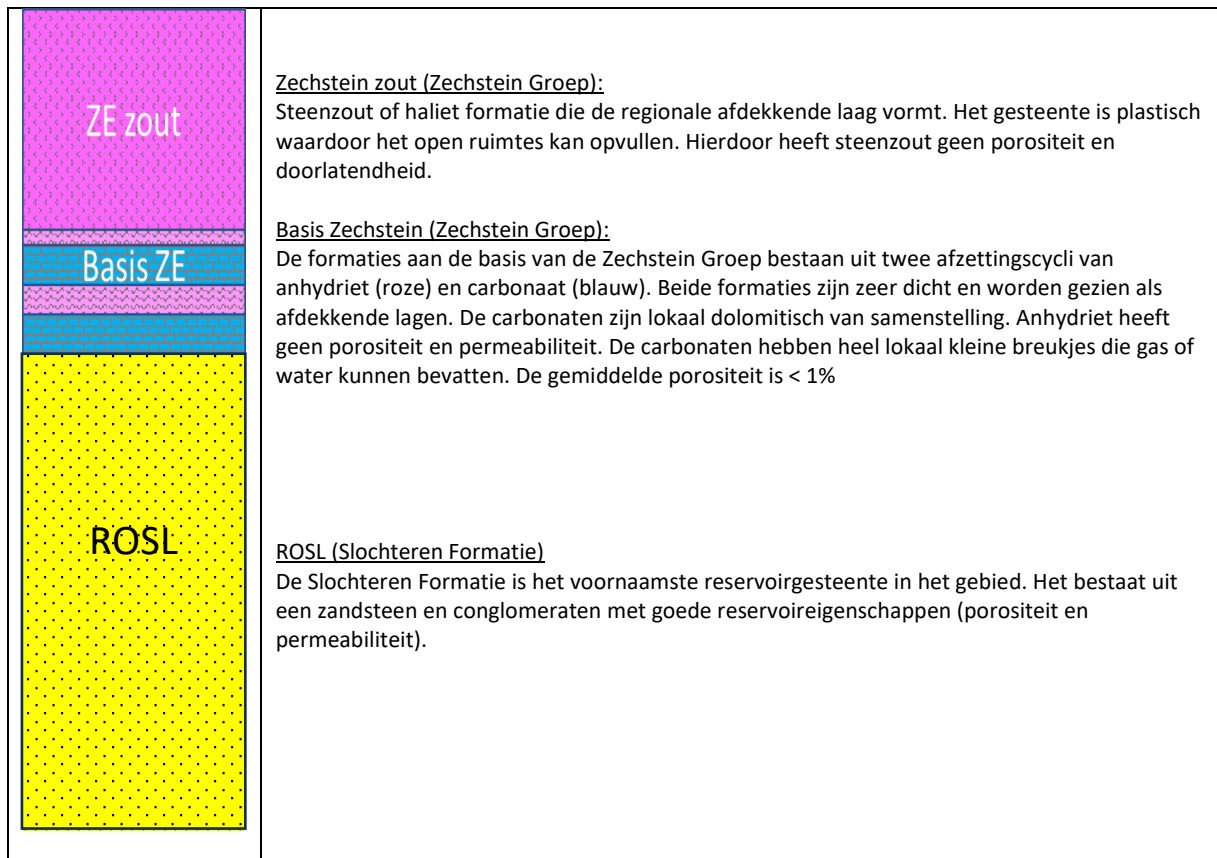
Figuur 2-4: Overzicht van de bevingen boven Eleveld.



Figuur 2-5: Doorsnede door het veld Elefeld op west-oost lijn waarop ook de epicentra van de bevingen liggen.

3 Geologie

Onderstaande figuur (Figuur 3-1) toont de gesteenteformaties die relevant zijn voor dit gasveld. De zandsteenpakketten van de Slochteren Formatie vormen het belangrijkste reservoirgesteente in het gebied. Deze formatie wordt opgevolgd door de gesteenteformaties van de Zechstein Groep. De basis van deze opeenvolging bestaat uit een ongeveer 50 meter dik pakket van carbonaat- en anhydrietlagen met slechte reservoir eigenschappen. Daarbovenop volgt een dik pakket haliet (steenzout). Dit evaporietgesteente heeft geen porositeit, is niet doorlatend en vormt de afsluitende laag voor het gas.



Figuur 3-1: stratigrafie van het reservoir en bovenliggende pakketten.

Uit metingen en analyses in het Groningen veld blijkt dat de meeste geïnduceerde plaatsvinden in en direct rondom de reservoirlaag waaruit het gas gewonnen wordt (ROSL). Voor de Eleveld bevingen is aangenomen dat dit ook het geval is. Het veld ligt ongeveer op een diepte van 3200 m.

4 Gasproductie- en reservoirdruk

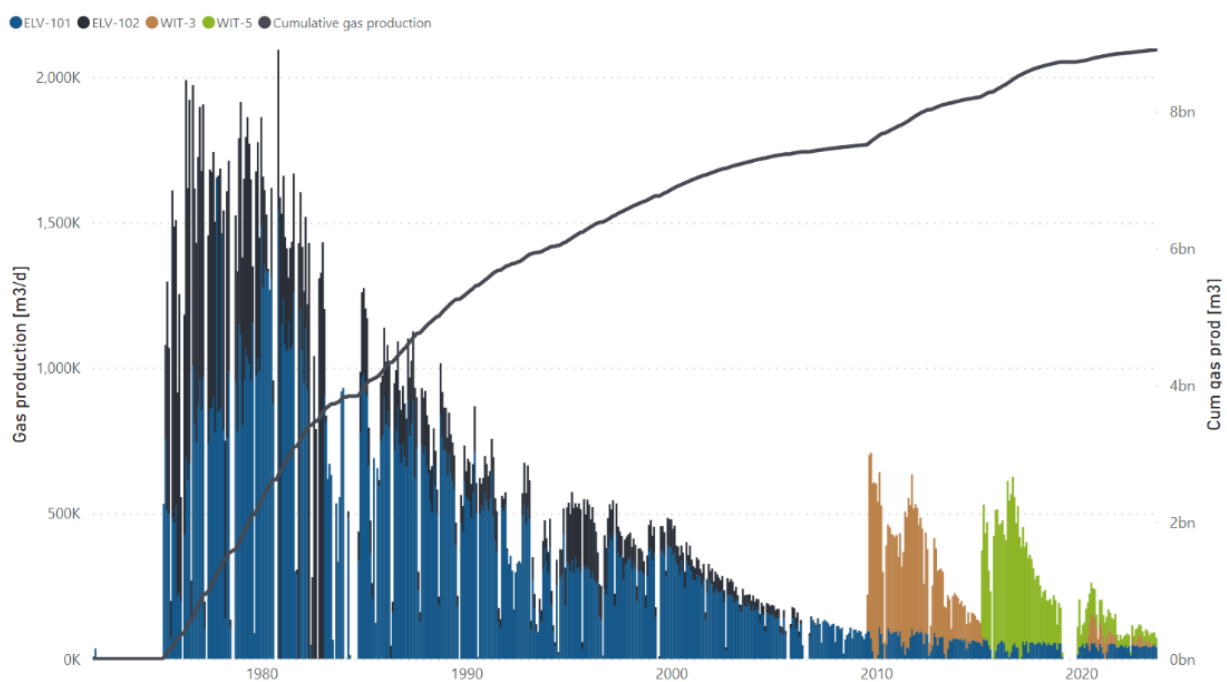
De drie bevingen in oktober 2023 hebben plaatsgevonden in het zuidwestelijke deel van het Eleveld veld. In dit breukblok bevinden zich twee putten: ELV-101 en ELV-102, zie Figuur 4-3. Figuur 4-1 laat de historische gasproductie van deze putten zien.

Put ELV-101 bevindt zich in het midden van het breukblok. Deze put prikt de top van het gasreservoir door op een diepte van 3168 meter onder NAP. De productie van deze put is in 2023 ongeveer 50.000 Nm³/dag. Ten tijde van de laatste beving was productie tijdelijk gestopt i.v.m. geplande onderhoudswerkzaamheden vanaf 15 oktober 2023. Omdat de bevingen ook in oktober voor de start van de onderhoudswerkzaamheden plaatsvonden, is het niet aannemelijk dat er een causaal verband is tussen de onderhoudswerkzaamheden en de bevingen.

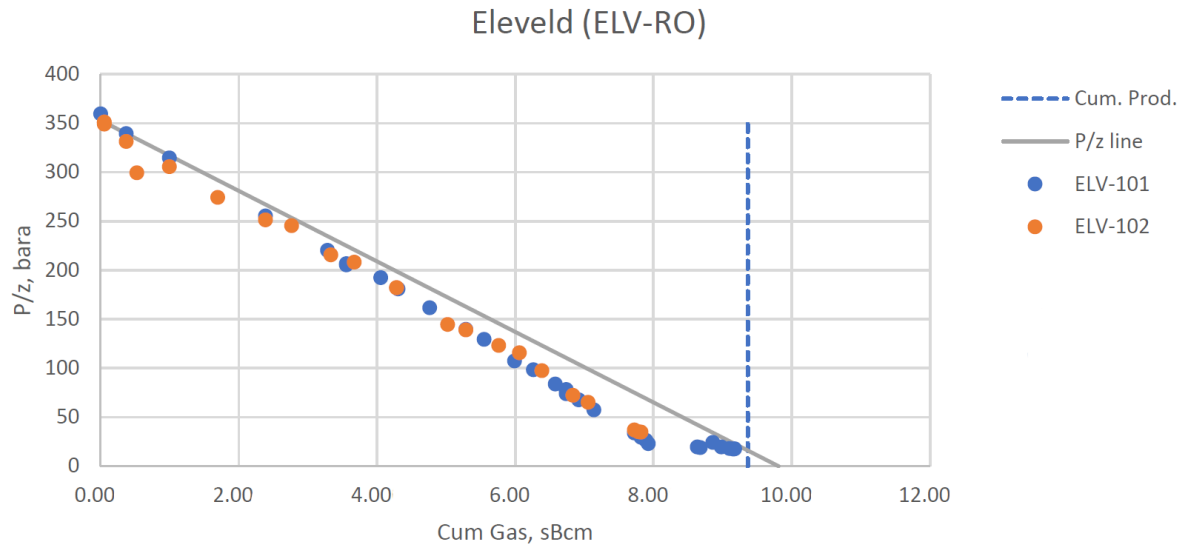
ELV-102 ligt aan de rand van het gasreservoir en prikt de top van het reservoir op een dieper punt door: 3204 m onder NAP. Put ELV-102 is ingesloten sinds 2007 als gevolg van verhoogde waterproductie: door drukdaling in het reservoir stijgt het gas-watercontact. Omdat put ELV-102 een kleinere gaskolom heeft dan put ELV-101, is het logisch dat het water als eerste door put ELV-102 wordt geproduceerd.

Figuur 4-2 laat zien dat de drukmetingen voor ELV-101 en ELV-102 nagenoeg gelijk zijn. Dit toont aan dat het gas in dit breukblok goed is verbonden en er geen grote drukverschillen zijn binnen het breukblok. De reservoirdruk in dit breukblok ligt rond de 18 bar op een datumdiepte van 3150 m onder NAP.

Uit de breukblokken ten noorden van het hoofdblok, genaamd Eleveld-Noord en Eleveld-Noordnoord (zie Figuur 4-3), wordt geproduceerd met putten WIT-3 en WIT-5. De productie van deze putten is weergegeven in Figuur 4-1. Gezien de locatie waar de bevingen hebben plaatsgevonden, is het niet aannemelijk dat de productie uit deze breukblokken gerelateerd is aan de recente bevingen.



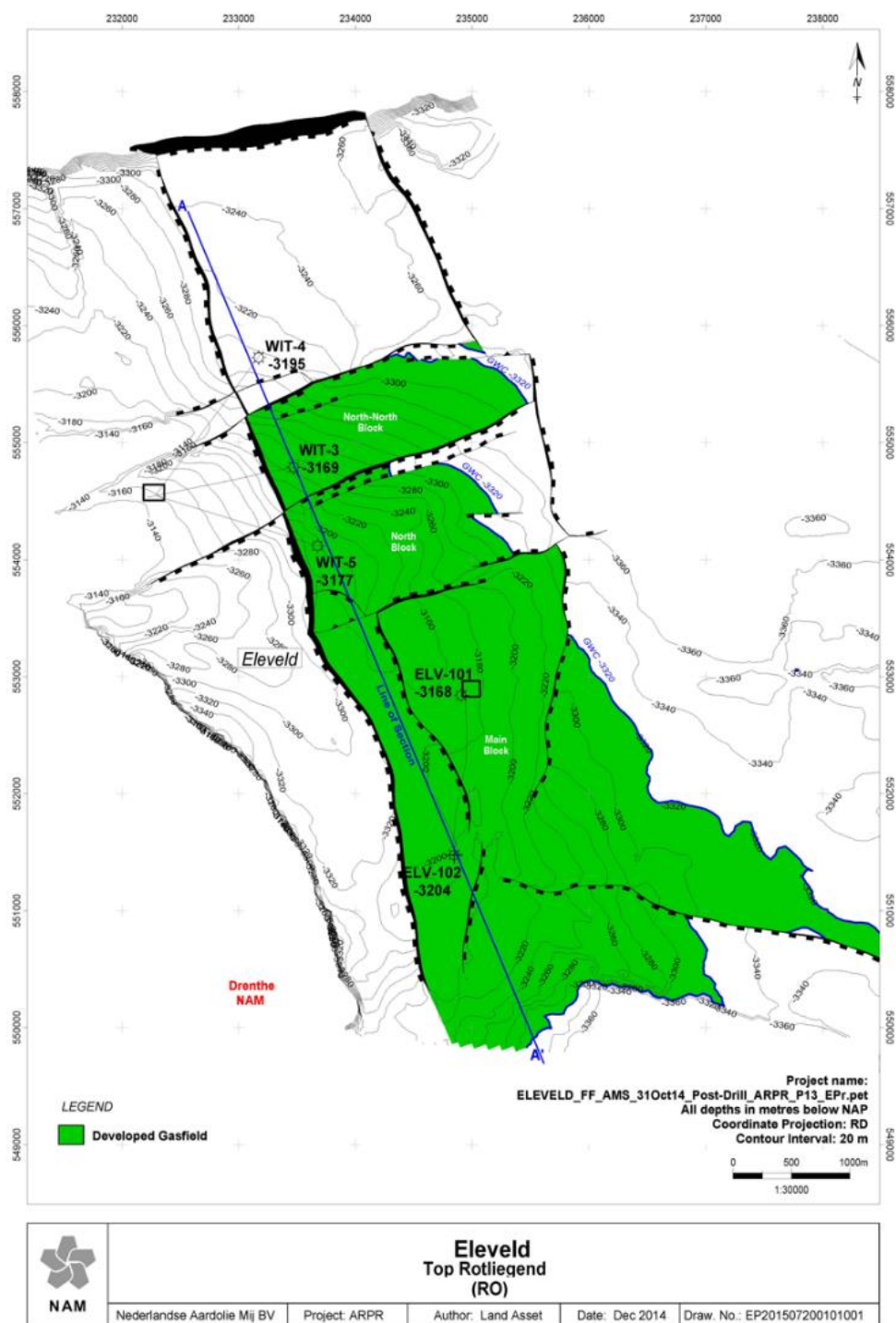
Figuur 4-1: Historische gasproductie voor de putten ELV-101, ELV-102, WIT-3 en WIT-5 in het Eleveld veld.



Figuur 4-2: Drukken (gecorrigeerd met de Z factor) voor de Eleveld putten ELV-101 en ELV-102 als functie van cumulatief geproduceerd volume door beide putten. De huidige druk in het gasreservoir is ongeveer 18 bar.

Nadat de onderhoudswerkzaamheden zijn uitgevoerd (gepland in de eerste week van november 2023) wordt de productie van de 3 putten ELV-101, WIT-3 en WIT-5 geleidelijk opgestart. Vlak voor het opstarten van de putten zullen drukmetingen worden uitgevoerd om recente reservoirdrukken te kunnen bepalen. Tijdens de productie worden debieten en drukken aan de oppervlakte gemonitord middels bestaande systemen. NAM ziet geen aanleiding om op dit moment verdere productiemaatregelen te nemen.

Het verwachte laatste jaar van productie is 2028. Dit is ook de geldigheid van het winningsplan. Tot nu toe is er 8.900 miljoen Nm³ uit het Eleveld veld geproduceerd. Het vergunde, maximaal te produceren, volume is 10.399 miljoen Nm³. De huidige verwachting is niet dat een verhoging van het vergunde volume nodig zal zijn. Ook zijn er geen projecten gepland om de gasproductie te verhogen: er worden geen nieuwe putten gepland en er worden ook geen projecten gepland om de druk aan de oppervlakte te verlagen.



Figuur 4-3: Kaart van het Eleveld veld met de Top Rotliegend contourlijnen voor de diepte en de locaties van de putten.

5 Waarschijnlijk mechanisme voor breukreactivatie en aardbevingen

Het belangrijkste mechanisme voor het veroorzaken van aardbevingen is schuifspanningsverandering op de breuk door drukdaling. De drukdaling hoeft niet verschillend te zijn aan weersijden van breuk om een aardbeving te genereren. Deze uitspraak is gebaseerd op de waarnemingen in Groningen waar er nauwelijks drukverschillen aan weersijden van de breuken bestaan.

Bijna alle bevingen, die in Nederland bij gasvelden worden geregistreerd, zijn toe te schrijven aan de veldwijde drukdaling. Druk daling zorgt voor een verhoging van de schuifspanning op de breuk, waardoor een bestaande breuk in de ondergrond gereactiveerd kan worden. Wanneer dit plotseling gebeurt kan dit gevoeld worden als een aardbeving. Aardbevingen kunnen ook optreden in clusters, zoals de aardbevingen beschreven in dit rapport. Bij een aardbeving worden spanningen gerelaxeerd op het deel van de breuk waar de aardbeving plaatsvindt. De verplaatsing van het breukdeel tijdens de aardbeving kan ervoor zorgen dat de spanningen juist kunnen worden opgebouwd op een ander deel van de breuk of in een nabijgelegen breuk. Hierdoor kunnen nieuwe aardbevingen ontstaan.