

EMLICHHEIM BEVING, MAART 2024



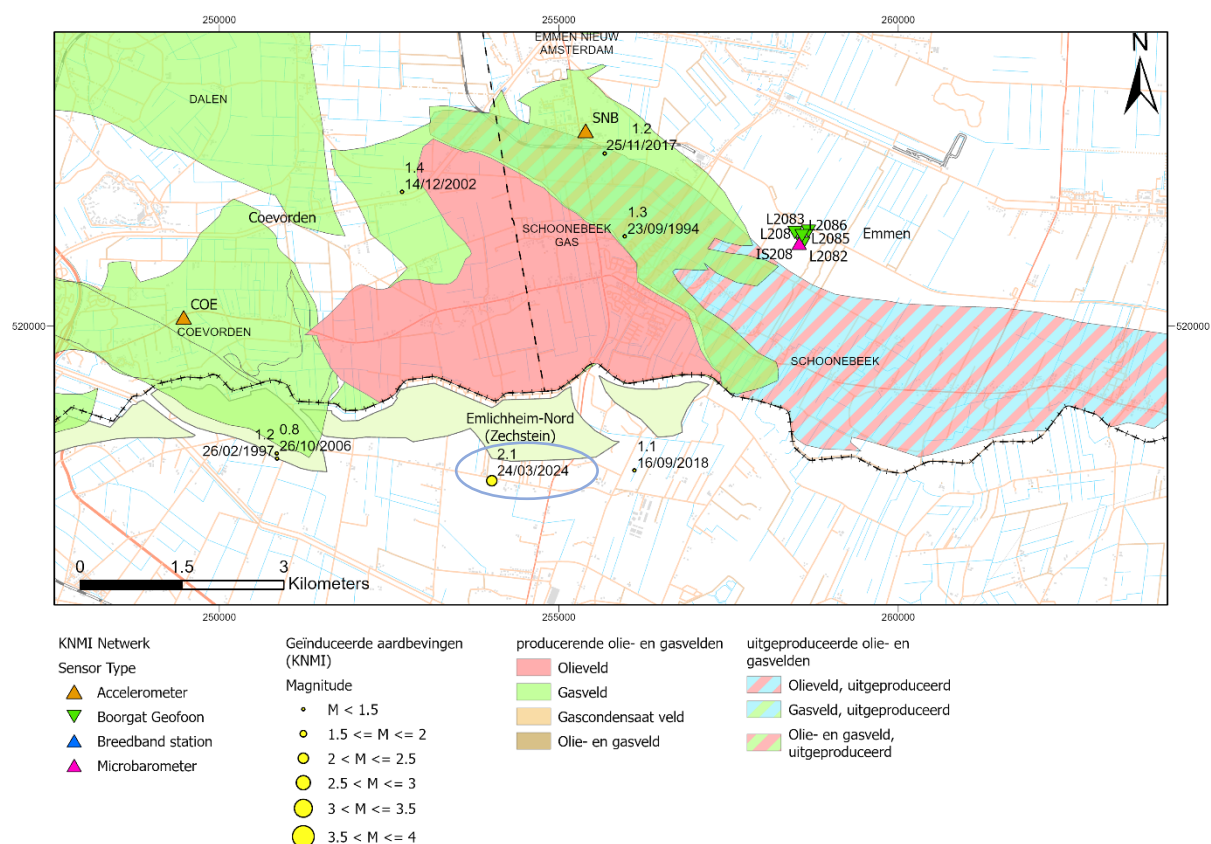
NAM

Inhoud

1	Samenvatting.....	3
2	Inleiding	4
2.1	Eerdere bevingen	4
2.2	Analyse KNMI	5
2.3	Mogelijke samenhang van de bevingen met aanwezige breuken	6
3	Geologie.....	9
4	Gasproductie en waterinjectie	10
5	Waarschijnlijk mechanisme voor breukreactivatie en aardbevingen	12
6	Referenties	13

1 Samenvatting

In de ochtend (02.57 uur) van 24 maart 2024 vond er een lichte aardbeving, met een magnitude van $M_L=2,1$ op de schaal van Richter, plaats in de buurt van het Duitse Emlichheim (Figuur 1-1). Deze beving is met grote waarschijnlijkheid ontstaan in de zuidelijke randbreuk van het Emlichheim Nord gasveld. Dit gasveld is een extensie van het Nederlandse Schoonebeek gasveld en wordt in het Duitse deel geproduceerd door Wintershall-DEA en in Nederland door NAM. Hoewel er in zowel het Duitse als in het Nederlandse deel geen productie meer plaatsvindt, lijkt het waarschijnlijk dat (vertraagde) drukdaling en de daarmee gepaarde spanningsverandering de oorzaak is van de beving. Daling van de gasdruk en/of daling van de waterdruk in de aangrenzende lagen, zorgt ervoor dat de schuifspanning toeneemt op de interne breuken en de randbreuken. In dit geval heeft dit geleid tot een aardbeving.



Figuur 1-1: kaart van de olie- en gasvelden in ZO- Drenthe. Binnen de blauwe ellips bevindt zich het epicentrum (bron: KNMI) van de $M_L=2,1$ beving.

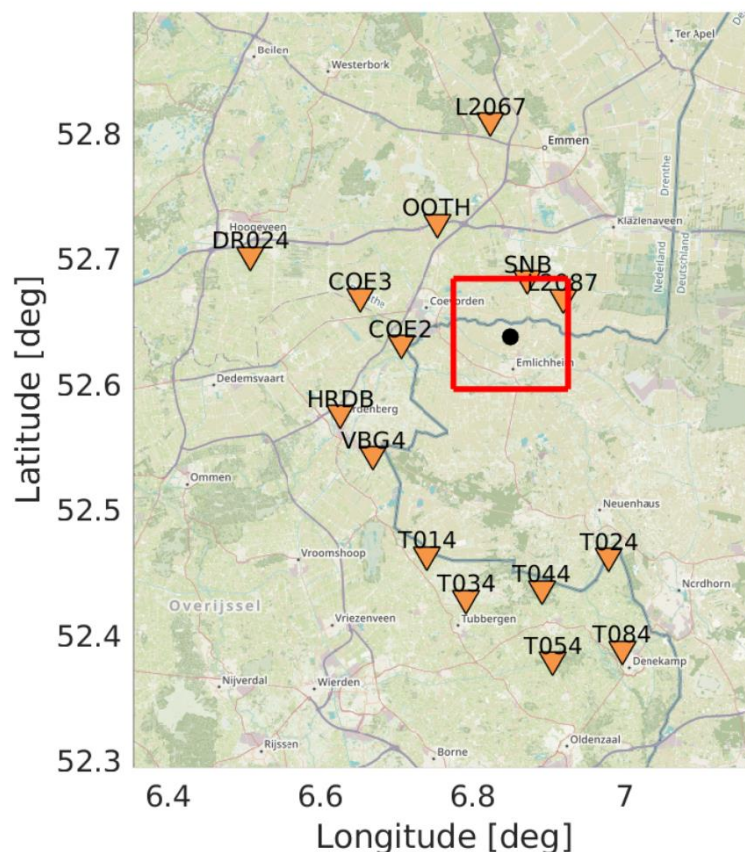
2 Inleiding

2.1. Achtergrond rapport

NAM maakt op basis van het risicobeheersplan (Referentie 1) dat o.a. hoort bij het Schoonebeek olie- en gasveld een analyse van bevingen met een magnitude groter dan 2,0. Het uitgangspunt is dat zij dit alleen doet voor bevingen in Nederland, maar gelet op het feit dat het Schoonebeek gasveld in verbinding staat met het Duitse Emlichheim Nord gasveld, heeft de NAM ook voor de beving van 24 maart 2024 een analyse uitgevoerd. Over de analyse en de uitkomsten hiervan is geen contact geweest met Wintershall DEA, de operator van het Olie- en gasveld dat in verbinding staat met het Schoonebeek olie- en gasveld.

2.1 Eerdere bevingen

De Emlichheim beving is geregistreerd op de Nederlandse seismische stations die in deze regio staan en op de seismische stations in Twente (Figuur 2-1). In Duitsland staan in deze regio geen seismische stations. De beving is gevoeld in het gebied rondom Schoonebeek. Er zijn geen meldingen bekend uit Duitsland. De gaswinning uit dit type velden hebben in het verleden meerdere bevingen veroorzaakt, waarbij de maximale beving werd geregistreerd boven het Emmen gasveld in 2015.



Figuur 2-1; Stations die de $M_L=2,1$ beving hebben geregistreerd (Referentie 2).

De maximale gemeten versnellingen en snelheden door de Emlichheim beving zijn geregistreerd door de versnellingsmeter bij Schoonebeek (Tabel 2-1) op een afstand van ongeveer 5 km. De maximale gemeten piek grondsnelheid is 0,5 mm/s op één kanaal en resulteert in een gemeten PGVmaxrot van 0,62 mm/s (Referentie 2).

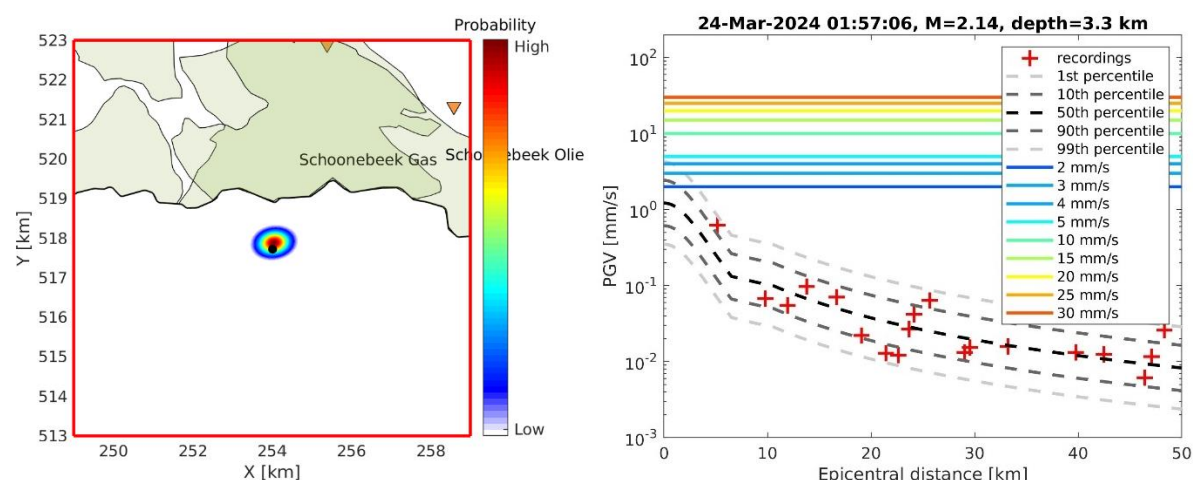
Tabel 2-1: gemeten maximale PGA en PGV-waarden van het dichtstbijzijnde station Schoonebeek (KNMI).

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 / SNB Lat: 52.684, Lon: 6.872	3.08	HG2	0.05	HG2	5.34

Volgens het KNMI¹ zijn dit geïnduceerde bevingen, wat betekent dat deze door de gaswinning in dit gebied zijn veroorzaakt.

2.2 Analyse KNMI

Het KNMI heeft een gedetailleerde analyse gemaakt van de beving (Referentie 2) De meest waarschijnlijke locatie van het epicentrum ligt volgens deze analyse enkele tientallen meters ten noorden t.o.v. de bepaling volgens de snelle hypocentrumoplossing (Figuur 2-2, links). Hiermee wordt ook de waarschijnlijkheid groter dat de $M_L=2,1$ beving heeft plaatsgevonden op de zuidelijke randbreuk van het Emlichheim Nord veld. Ook heeft het KNMI, voor deze beving, de waarnemingen op de seismische stations vergeleken met het Grond Motion Prediction Model BMR2 (Referentie 3) van het KNMI (Figuur 2-2, rechts). Dit figuur toont aan dat de gemeten waarden binnen de onzekerheid van het model vallen. Referentie 2 beschrijft ook de analyse van de mogelijke diepte van de beving. De meest waarschijnlijke diepte ligt op 4,5 km diepte met een betrouwbaarheidsinterval tussen de 3 en de 5,5 km diepte. Het gas-water contact van het gasveld ligt op 3,3 km diepte en valt net binnen dit interval. Het olievelld ligt op ongeveer 800 m diepte. Het KNMI concludeert daarom dat het uitgesloten is dat de beving is geïnduceerd in het Schoonebeek olievelld.



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 (PGVmaxrot) in vergelijking met het BMR2 GMPE model van KNMI. De metingen vallen binnen onzekerheidsband van het model (Referentie 2).

De gekleurde lijnen in dit rechter figuur tonen de PGV-grenzen die gebruikt kunnen worden voor de beoordeling van mogelijke schade. In het gebied rondom het epicentrum komen de mogelijke modelwaarden boven de laagste PGV-grenzen. Mogelijke schade wordt verder beoordeeld door de commissie mijnbouwschade.

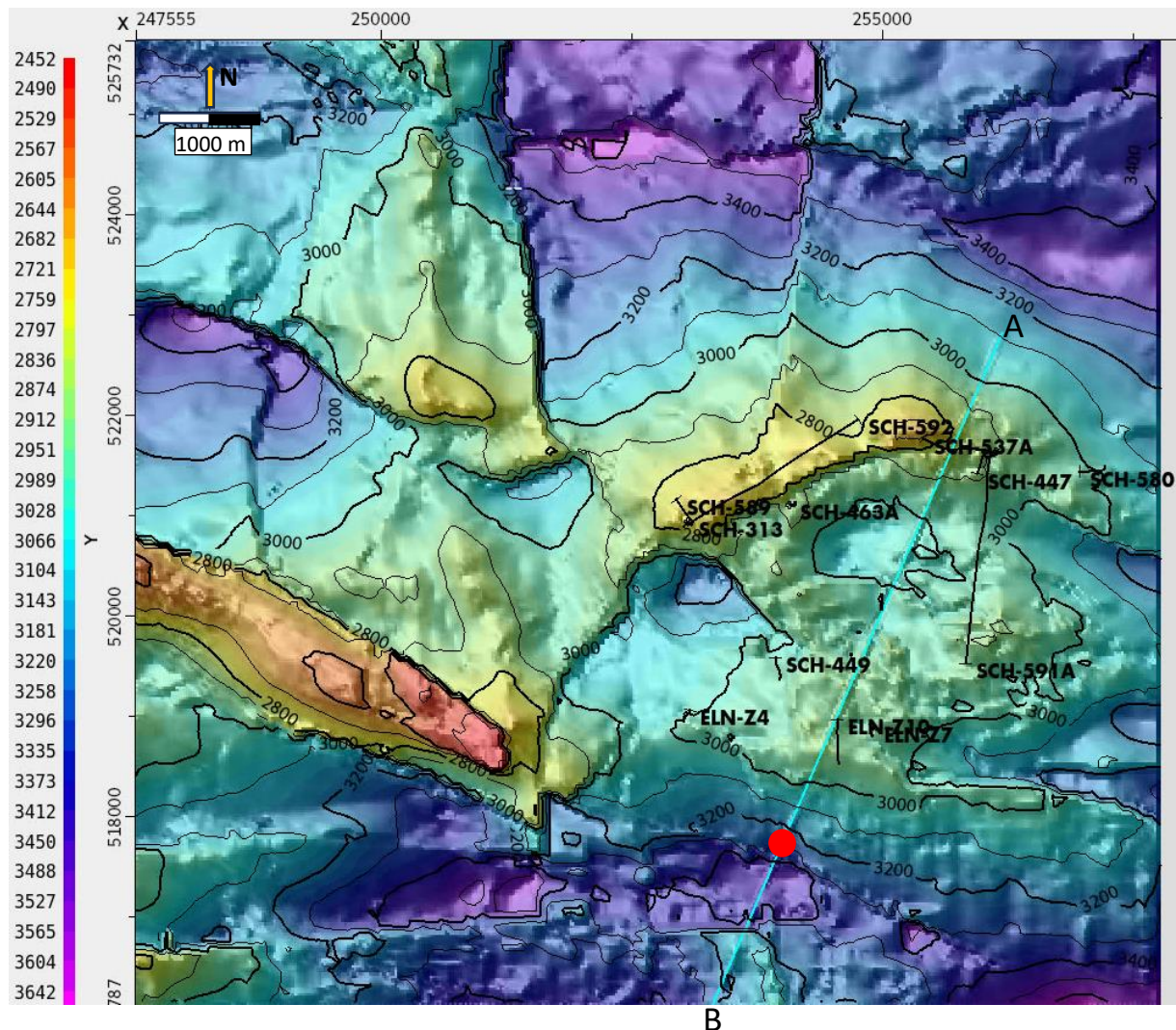
¹ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/seismologie/aardbevingen>

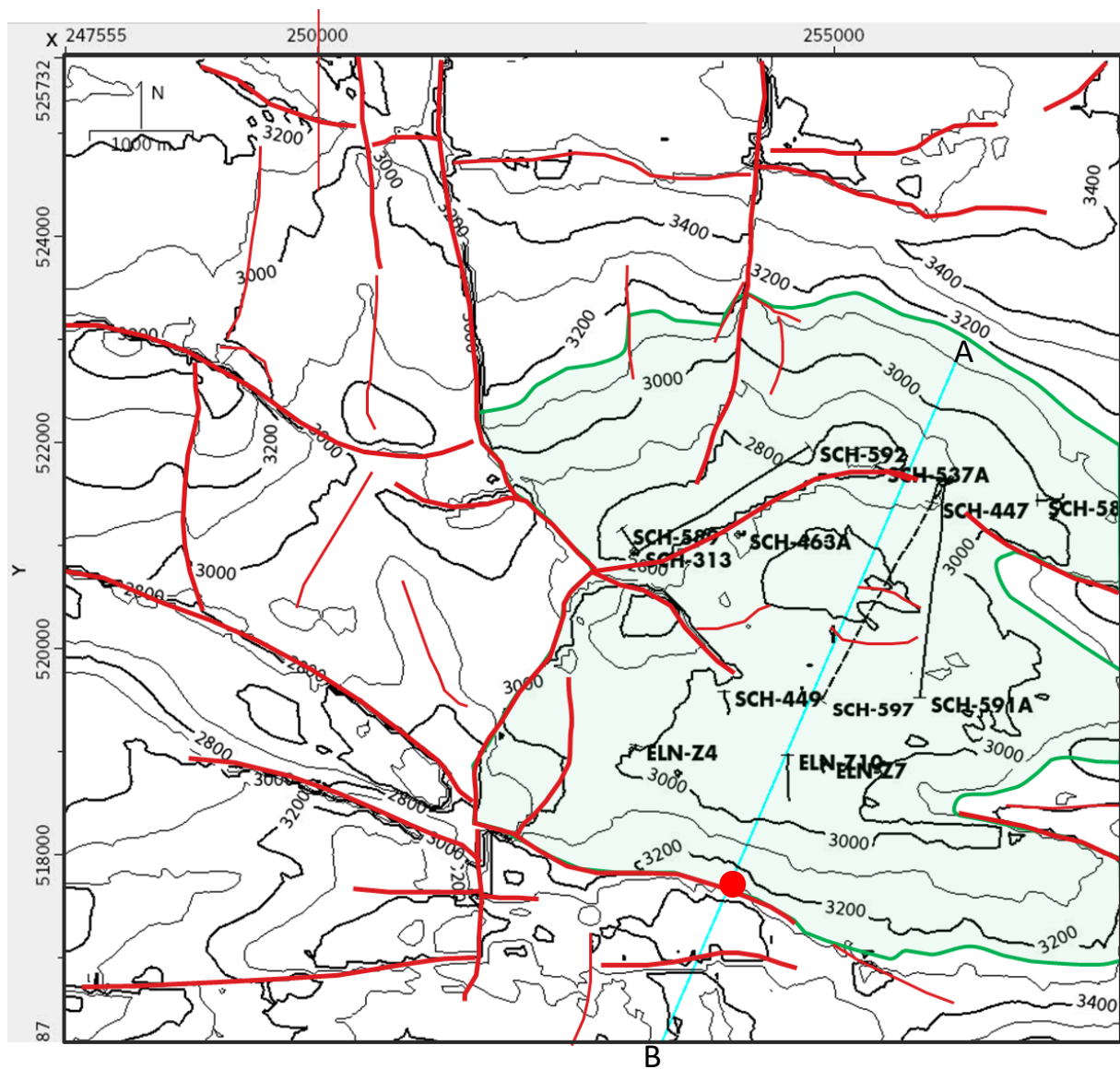
2.3 Mogelijke samenhang van de bevingen met aanwezige breuken

Figuur 2-3 toont een structurele dieptekaart van de bovenkant van de “ZEZ2A Anhydriet”, een relatief dunne afsluitende laag van enkele meters dikte van het ZEZ2C reservoir. De $M_L=2,1$ beving vond waarschijnlijk plaats op of dichtbij een oost-west lopende breuk ten zuiden van de Emlichheim Nord Zechstein-7 (ELN-Z7) waterinjectieput die de zuidelijke begrenzing van het gasveld vormt.

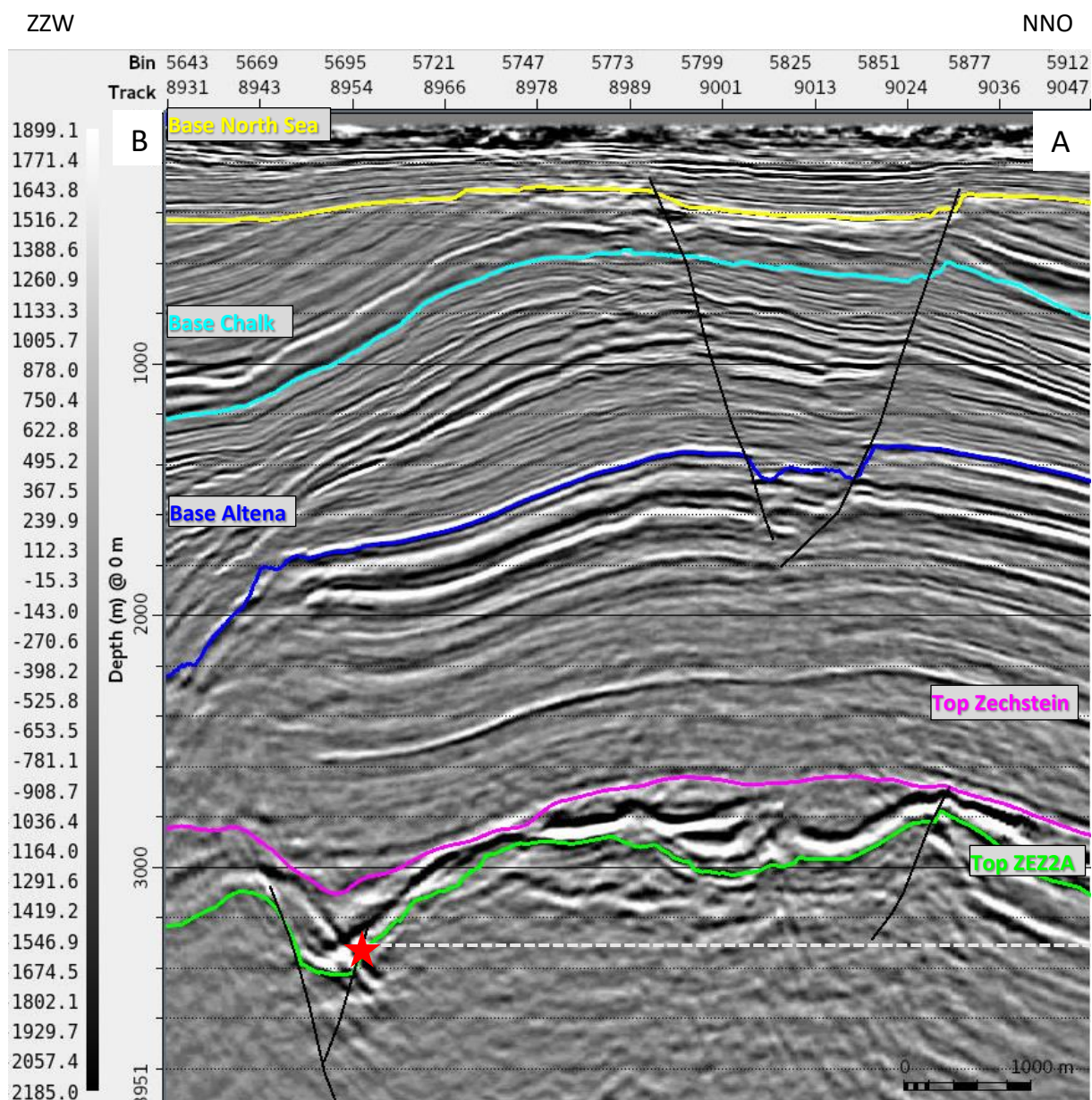
Figuur 2-4 geeft de breukvlakken aan voor hetzelfde gebied en tevens het gas-water contact van het Schoonebeek gasveld. De breukvlakken op deze kaart zijn ook representatief voor de breuken in het onderliggende ZEZ2C reservoir. De rode stip in beide figuren geeft de locatie aan van de beving volgende analyse van het KNMI (Referentie 2).

Figuur 2-5 toont een NNO-ZZW dwarsdoorsnede van het Schoonebeek gasveld en aansluitende gebieden in Duitsland. Op deze lijn is ook de waarschijnlijke positie van de beving op de breuk aangegeven.





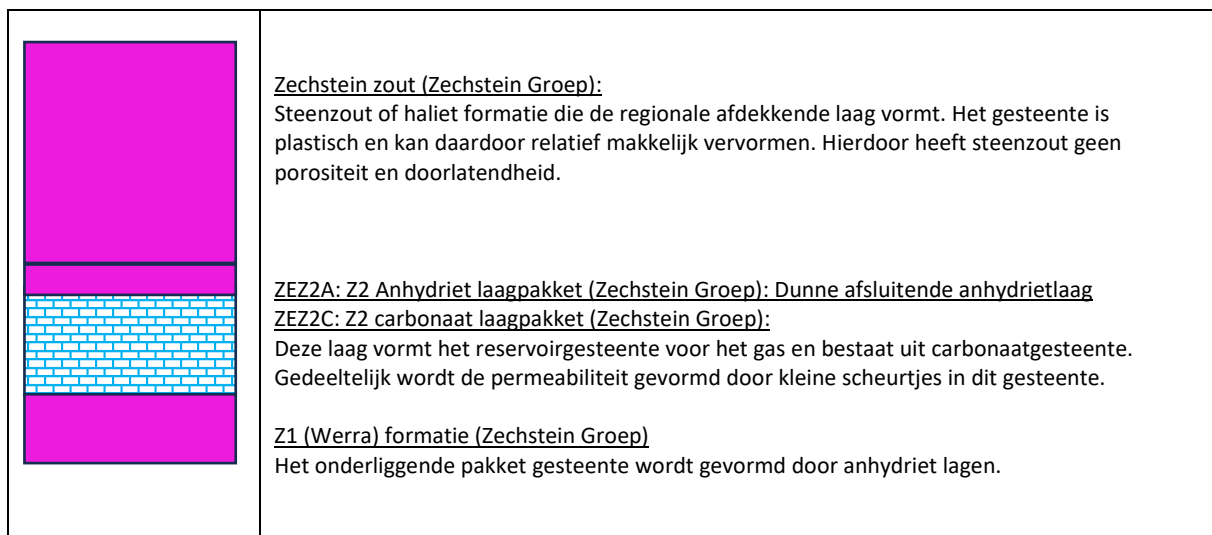
Figuur 2-4: Breukenkaart van de ZE22A Anhydriet en gas-water contact van het Schoonebeek gasveld. Locatie van dwarsdoorsnede A-B aangegeven in blauw. Rode stip geeft de locatie van de beving aan.



Figuur 2-5: Noordnoordoost - zuidzuidwest doorsnede door het Schoonebeek gasveld waar ook de waarschijnlijke positie van de aardbeving is ingetekend. De stippellijn markeert de diepte van het gas-watercontact.

3 Geologie

Onderstaande figuur (Figuur 3-1) toont de gesteenteformaties die relevant zijn voor dit gasveld. De Z2 carbonaat laagpakket behorende tot de Zechstein groep vormt de belangrijkste reservoirlaag in het gebied. Dit gesteentepakket bestaat voornamelijk uit kalkgesteente. De doorlatendheid van het gesteente wordt vaak verbeterd door de aanwezigheid van kleine scheurtjes in het gesteente. De zoutlagen en anhydrietlagen die behoren tot dezelfde Zechstein Groep vormen de afsluitende lagen.



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. Deze observatie past bij de uitkomsten van geomechanische modellen die aantonen dat de spanningsveranderingen het grootste zijn bij de breuken in en aan de rand van de reservoirlaag waaruit het gas wordt gewonnen.

4 Gasproductie en waterinjectie

Figuur 4-1 laat de historische gasproductie van de putten in het Schoonebeek gasveld zien sinds 1957, en Figuur 4-2 geeft de drukmetingen in deze putten als functie van het geproduceerde gasvolume. Over het algemeen is er een vrij stabiele drukdaling als functie van de cumulatieve productie. Dit toont aan dat het gas in de verschillende breukblokken onderling redelijk goed is verbonden en dat er geen grote drukverschillen zijn binnen het reservoir. De gasproductie is per 1/1/2023 tijdelijk ingesloten (in afwachting van goedkeuring van het winningsplan) en de waterinjectie (in put SCH-597) is per juli 2022 gestopt. De huidige reservoirdruk ligt rond de 80 bar op een datumdiepte van 3000m onder NAP. De afwijkende (hogere) drukwaarden in putten SCH-580, SCH-447 en SCH-597 zijn gerelateerd aan waterinjectie.

Het verwachte laatste jaar van productie is 2031. Dit is ook de geldigheid van het ingediende winningsplan. Tot nu toe is er 9.752 miljoen Nm³ uit het Schoonebeek veld geproduceerd. Het aangevraagde, maximaal te produceren, volume in het winningsplan is 10.095 miljoen Nm³. De huidige verwachting is dat er geen verhoging van het vergunde volume nodig zal zijn. Ook zijn er geen projecten gepland om de gasproductie te verhogen. Wel heeft NAM-vergunningen aangevraagd om nieuwe waterinjectie putten te mogen boren.

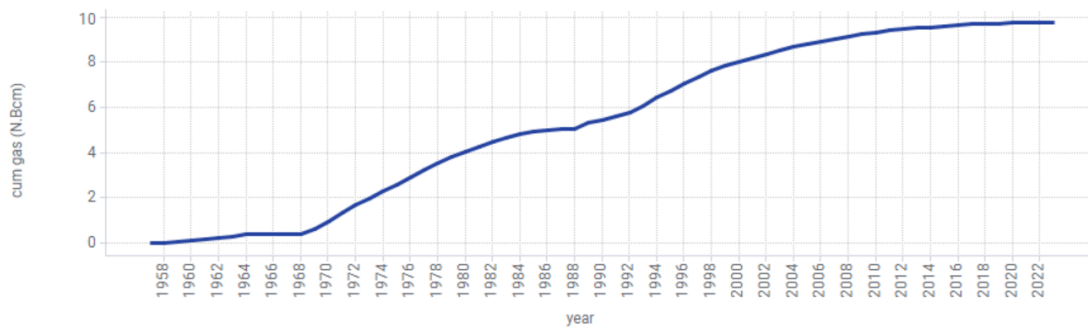
Nadat het winningsplan is goedgekeurd (aanvraag momenteel in procedure) zal de gasproductie weer worden opgestart. Sinds het insluiten van de Gas Zuiverings Installatie (GZI) bij Emmen in 2018 is het niveau van gasproductie laag door de beperkte capaciteit voor H₂S behandeling, en bedroeg de gasproductie jaarlijks zo'n 0,1% van het oorspronkelijke gasvolume in de grond, zie Figuur 4-1.

De zuidelijke extensie van de gas accumulatie heet aan de Duitse kant van de grens het Emlichheim-Nord Zechstein gasveld. Er is enige onzekerheid in de plaatsbepaling van de beving, maar het gehele onzekerheidsinterval bevindt zich in Duitsland (Figuur 2-2). Het hypocentrum van de beving bevindt zich waarschijnlijk op een randbreuk die het veld aan de zuidzijde begrensd. Zoals eerder vermeld is de onzekerheid voor de diepte van de beving groot met een meest waarschijnlijke diepte van 4,5 km, met de diepte van het gasveld nog net binnen het betrouwbaarheidsinterval. Binnen het laterale onzekerheidsinterval kan de beving ook verder binnen in de gascontour liggen (naar het noorden), of net daarbuiten in het aquifer (naar het zuiden). Tussen NAM en de operator aan de Duitse zijde zijn gegevens uitgewisseld. In het Duitse deel is tot in 2008 gas gewonnen in Duitsland. Vanaf 2013 wordt er water geïnjecteerd.

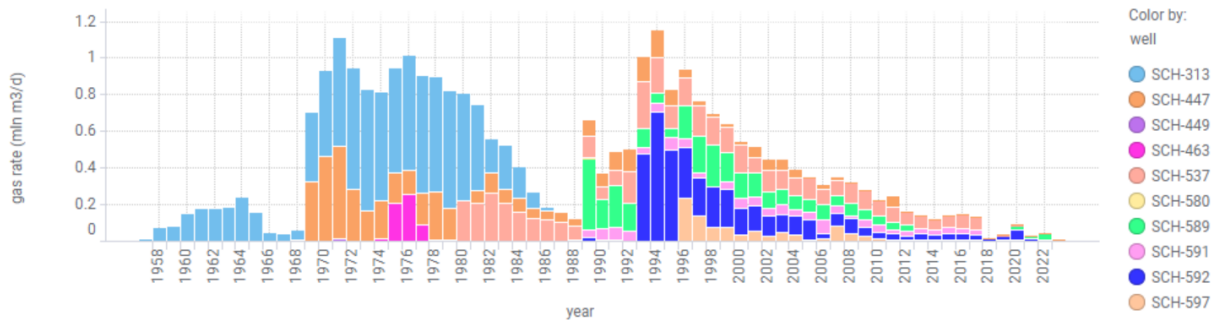
Volgens NAMs berekeningen bevindt de rand van het 95% onzekerheidsinterval van het hypocentrum van de aardbeving zich op zo'n 900m ten zuidwesten van de verwachtingswaarde voor de rand van het Duitse injectiewater, en zo'n 1100m van de ingeschatte afgekoelde zone rondom de injectieput ELN-Z7. Het is daarom niet waarschijnlijk dat waterinjectie de oorzaak is van de aardbeving. De meest waarschijnlijke verandering binnen het reservoir die de aardbeving kan hebben geïnduceerd is de na-ijlende drukdaling en mogelijke na-ijlende compactie als gevolg van de gaswinning, welke zich door het gehele gasvoorkomen uitspreidt.

NAM ziet geen aanleiding om op dit moment verdere productiemaatregelen te nemen. Alle gasproductie is momenteel ingesloten. Bij de herstart van de productie worden debieten en drukken aan de oppervlakte gemonitord middels bestaande systemen. Sinds het insluiten van de GZI zal de snelheid van de gasproductie laag blijven.

cum gas (N.Bcm) – year

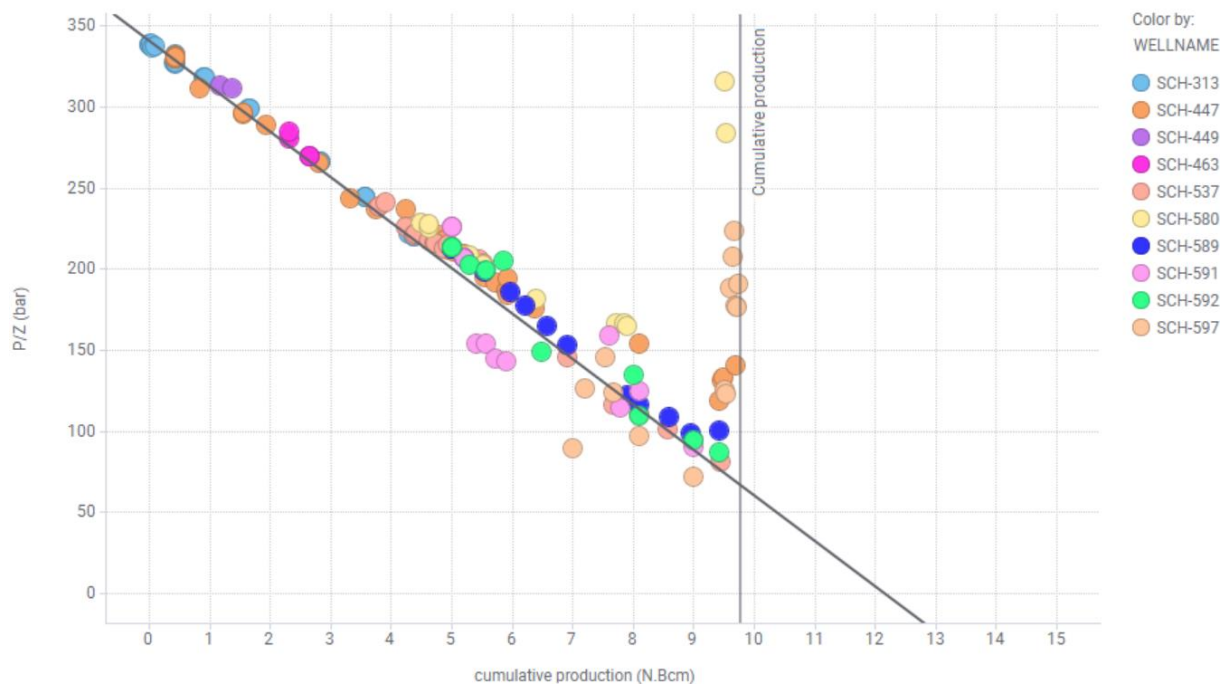


gas rate (mln m3/d) per year



Figuur 4-1: Historische gasproductie voor de putten in het Schoonebeek gasveld.

Schoonebeek-Zechstein



Figuur 4-2: Drukken (gecorrigeerd met de Z factor) voor de Schoonebeek-Zechstein putten als functie van cumulatief geproduceerd volume door de gezamenlijke putten. De huidige druk in het gasreservoir is ongeveer 80 bar.

5 Waarschijnlijk mechanisme voor breukreactivatie en aardbevingen

Het belangrijkste mechanisme voor het veroorzaken van aardbevingen is schuifspanningsverandering op een breukvlak 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, en op basis van geomechanische modeluitkomsten.

Bijna alle bevingen, die in Nederland bij gasvelden worden geregistreerd, zijn toe te schrijven aan de veldwijde drukdaling. Drukdaling zorgt voor een verhoging van de schuifspanning op het breukvlak, waardoor een bestaande breuk in de ondergrond gereactiveerd kan worden. Wanneer dit plotseling gebeurt kan dit gevoeld worden als een aardbeving.

Aardbevingen kunnen ook worden veroorzaakt door waterinjectie. Anders dan drukverandering is in dit geval het koelen van het gesteente door het injectiewater de belangrijkste veroorzaker van spanningsveranderingen. De zone van gekoeld gesteente groeit zeer langzaam als functie van de cumulatieve injectie. Voor de geothermiesector is hier al veel onderzoek naar gedaan² (Referentie 4). Bij de aanvraag voor de instemming van het winningsplan Schoonebeek gas in 2023, heeft NAM een analyse gedaan (Referentie 5) naar de historische aardbevingen in het gebied. Hierbij werd de vraag onderzocht of er een koppeling bestaat tussen de historische aardbevingen en de injectie van water die in het de reservoirlaag heeft plaatsgevonden. De belangrijkste conclusie was dat de historische bevingen waarschijnlijk zijn veroorzaakt door de gasproductie en niet door de waterinjectie.

De afgekoelde zone van de waterinjectie aan de Duitse kant lijkt ook bij deze beving te ver af te staan van het waarschijnlijke hypocentrum. Daarom zal de (vertraagde) drukdaling door de gaswinning de meest waarschijnlijke oorzaak zijn van de beving.

² <https://www.warmingup.info/documenten/duiding-bij-warmingup-rapport-buijze-et-al-quantification-of-induced-seismicity-potential-of-geothermal-operations.pdf>

6 Referenties

Referentie 1 NAM (2017) *Seismisch risico voor “kleine velden”* (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>)

Referentie 2 E. Ruigrok, J. Spetzler and P. Kruiver (2024) *PGV levels and location uncertainty for the Emlichheim 24-03-2024 event*. De Bilt, 2024 | Technical report; TR 24-02.
https://cdn.knmi.nl/system/data_center_publications/files/000/072/129/original/Tr24-02.pdf?1713786927

Referentie 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.
<https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR386.pdf>

Referentie 4 Loes Buijze, Peter A. Fokker, Brecht Wassing (2021) *Quantification of induced seismicity potential of geothermal operations Analytical and numerical model approaches*.
https://www.warmingup.info/documenten/warmingup4b1_report_r1_quantification_of_induced_seismicity_potential_of_geothermal_operations.pdf

Referentie 5 NAM (2023) *Seismic Threat Assessment for Schoonebeek-Zechstein Water Injection*. EP202304200850