



AANVRAAG INSTEMMING GEWIJZIGD WINNINGSPLAN SCHOONEBEEK GAS





AANVRAAG INSTEMMING GEWIJZIGD WINNINGSPLAN SCHOONEBEEK GAS

Versie 2.0
Juli 2023

1 SAMENVATTING

Achtergrond winningsplannen – algemeen

Het winnen van aardgas uit een gasveld wordt vastgelegd in een winningsplan. Kort gezegd beschrijft het winningsplan de technische aspecten van de winning van het gas (met nadruk op de ondergrond, zoals de geologie) en de mogelijke risico's en effecten met betrekking tot bodemdaling en bodemtrilling, inclusief eventuele mitigerende maatregelen.

De winning van gas kan alleen plaatsvinden indien de staatssecretaris Mijnbouw (ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK)) instemt met het winningsplan. Het uitgangspunt hierbij is de Mijnbouwwet, waaraan voldaan moet worden. De procedure om tot een winningsplan te komen bevat de volgende stappen:

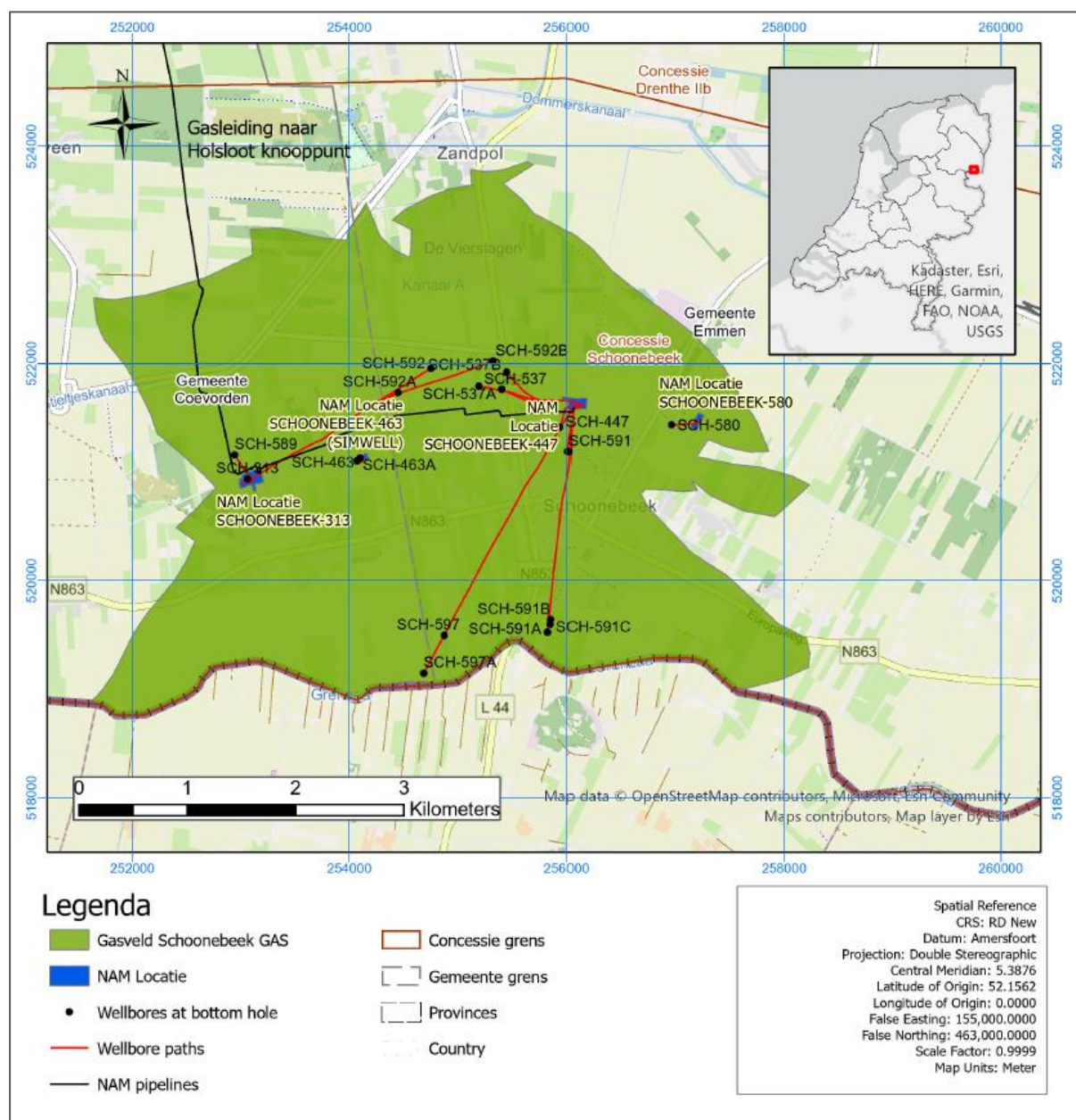
- NAM dient een winningsplan in bij EZK en vraagt om instemming.
- EZK vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), Technische commissie bodembeweging (Tcbb), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp besluit van de staatssecretaris Mijnbouw.
- Het ontwerp besluit ligt vervolgens voor een periode van 6 weken ter inzage. Iedereen kan in deze fase reageren door een zienswijze in te dienen.
- Vervolgens worden deze zienswijzen behandeld en stelt EZK een definitief besluit op. Uiteindelijk zal de staatssecretaris al dan niet instemmen met het winningsplan. Er kunnen ook aanvullende voorschriften worden gesteld.
- Het definitieve besluit gaat vervolgens nog 6 weken ter inzage voor beroep. Alleen belanghebbenden kunnen in deze fase nog beroep aantekenen.
- Indien er beroep is ingediend dan zal de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State hierover oordelen.
- Bij instemming met het winningsplan verloopt de gaswinning verder volgens het besluit.
- Indien er afwijkingen zijn zal NAM een actualisatie van het winningsplan moeten indienen. Het winningsplan dat nu ingediend wordt voor Schoonebeek Gas is zo'n actualisatie.

Naast het winningsplan kunnen nog diverse andere vergunningen noodzakelijk zijn, zoals een milieuvergunning en bouwvergunning. Voor meer informatie zie ook www.hoewerktgaswinnen.nl en www.mijnbouwvergunningen.nl

Achtergrond winningsplannen – Schoonebeek gas

Dit winningsplan heeft betrekking op het Schoonebeek gasveld. Het gasveld (ook wel "voorkomen" genoemd in winningsplannen) bevindt zich in de gemeenten Coevorden en Emmen in de provincie Drenthe. Het gas uit het veld wordt vanaf de locaties Schoonebeek-313 (SCH313) en Schoonebeek-447 (SCH447) gewonnen. Het gewonnen gas wordt via bestaande infrastructuur naar het landelijke Gasunie netwerk getransporteerd. Winning in dit gebied vindt sinds 1957 plaats.

De redenen voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur van het gasveld. Daarbij is opnieuw het seismisch risico bepaald voor de gaswinning en zijn er nieuwe bodemdalingsberekeningen gemaakt, waarbij ook is gekeken naar de mogelijke effecten hierop van de (voorgenomen en bestaande) waterinjectie. Er is geen aanpassing nodig van het maximale totale productievolume ten opzichte van het vigerende winningsplan.



Figuur 1-1: Overzicht van de in dit winningsplan genoemde voorkomens, inclusief infrastructuur. Pijpleidingen zijn aangegeven in het zwart, putten in rood.

Hoeveel gas kan er gewonnen worden?

Tot eind 2022 is in totaal 9752 miljoen Nm³ aardgas uit het Schoonebeek gas voorkomen geproduceerd. NAM verwacht nog tussen de 33 tot 343 miljoen Nm³ aardgas te winnen over de periode 2023-2031, afhankelijk van het productiescenario. De daadwerkelijke productie hangt af van hoe goed de putten kunnen blijven produceren. Hydraulische stimulatie zal niet nodig zijn in de putten die uit het Schoonebeek gas voorkomen produceren. Het gaat hier dus om de laatste productievolumes van de reeds bestaande gaswinning. Tevens bestaat er de kans dat de winning eerder gestopt zal worden als gevolg van economische omstandigheden of vanwege een mogelijk ander gebruik van het Schoonebeek gasveld. Momenteel wordt, naast gasproductie, het gasveld ook gebruikt voor de injectie van productiewater dat meekomt met de productie van het Schoonebeek gas voorkomen en uit andere gasvelden. De NAM is daarnaast voornemens om ook productiewater te injecteren in het Schoonebeek gas voorkomen dat vrijkomt bij de winning van olie uit het Schoonebeek olieveld. Deze injectie kan effect hebben op de gasproductievolumes en de tijdsduur van de resterende gaswinning uit het gasveld.

Bodemdaling door gaswinning

Door de winning van gas uit diepe gesteentelagen neemt de druk van het gas in het gesteente langzaam af. Het gewicht van kilometers dikke gesteentelagen boven het gasveld zorgt ervoor dat de gashoudende gesteentelaag iets wordt samengeperst. Dit kan aan de oppervlakte tot lichte bodemdaling leiden. Dit is een zeer geleidelijk proces, dat over decennia plaatsvindt en zich over een groot gebied uitstrekt. Om een beeld te geven; de 'helling' die ontstaat door bodemdaling door gaswinning is typisch een paar centimeter over de lengte van een kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van één vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en www.nlog.nl/bodemdaling.

Dit winningsplan bevat een overzicht van de gemeten bodemdaling tot nu toe en een prognose van de bodemdaling door gaswinning aan het einde van de winning. Voor het meten van bodemdaling worden vaste peilmerken gebruikt die al sinds 1952 om de 3 tot 5 jaar worden gemeten. De meest recente grootschalige meting is gedaan in 2019 (deze metingen zijn het resultaat van zowel de bodemdaling door gas- en oliewinning). De bodemdaling in het gebied wordt gemeten op meerdere punten in het gebied. Om een bepaling te krijgen van de gehele bodemdalingssituatie, wordt gebruik gemaakt van een bodemdalingmodel dat gekalibreerd wordt aan de metingen.

De nog te verwachten bodemdaling zal maximaal 2 cm zijn. Dit is de bodemdaling door gaswinning gecombineerd met de effecten van waterinjectie inclusief na-ijlperiode. Inmiddels heeft de huidige olie- en gaswinning gezorgd voor maximaal 12 cm bodemdaling in het diepste punt van de bodemdalingssituatie. Mocht injectie van productiewater uit het olieveld in het gasveld niet plaatsvinden dan zal de toekomstige gaswinning maximaal 4 cm bodemdaling veroorzaken. De extra waterinjectie heeft naar verwachting volgens de modellen een dempend effect op de totale cumulatieve bodemdaling van ca 2 cm.

Bodemdaling is een langzaam proces en vindt plaats over een groot gebied. Hierdoor kunnen waterpeilen door het waterschap Vechtstromen worden aangepast om mogelijke schade te mitigeren. NAM is aansprakelijk voor eventuele meerkosten van bijvoorbeeld het peilbeheer als gevolg van bodemdaling door gaswinning.

Risico van aardbevingen

In 2014 is een rapport van de Onderzoeksraad voor de Veiligheid verschenen met een duidelijke boodschap: er moet meer aandacht komen voor de veiligheid bij gaswinning. Dit heeft geleid tot aanpassing van de Mijnbouwwet. In de tussentijd is door SodM een methodiek ontwikkeld om het risico van aardbevingen beter in kaart te brengen. Bedrijven als NAM moeten deze methodiek gebruiken in de winningsplannen. In voorliggend winningsplan is het risico van aardbevingen volgens deze nieuwe methodiek uitgewerkt. Op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie is bepaald wat de waarschijnlijkheid is dat een gasveld zou kunnen beven. Daarnaast wordt op basis van de specifieke geologische eigenschappen een inschatting gemaakt van de sterkst mogelijke beving waar theoretisch gezien rekening mee gehouden moet worden. Ook is rekening gehouden met andere elementen, zoals de opbouw van de ondiepe ondergrond en bevolkingsdichtheid. Velden waar mogelijk aardbevingen in voor kunnen komen worden ingedeeld in 3 categorieën, waarbij categorie 1 de lichtste en 3 de zwaarste categorie is. Afhankelijk van de risicocategorie gelden er voor een veld monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen. Alleen het Groningen gasveld valt in categorie 3. Het Schoonebeek gasveld valt in categorie 1, de laagste risicocategorie. Tevens is er gekeken is in hoeverre er mogelijk sprake is van cumulatieve seismische effecten met de waterinjectie. Dit is beschreven in Bijlage E.

Boven het Schoonebeek gas voorkomen zijn in het verleden aardbevingen geregistreerd met een maximale magnitude van $M=1,4$. Deze aardbevingen zijn niet of nauwelijks voelbaar en zijn zeer waarschijnlijk veroorzaakt door de gaswinning. Schade door mogelijk sterkere aardbevingen kan niet worden uitgesloten en NAM is volgens het Burgerlijk Wetboek aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt. Mochten omwonenden schade denken te ondervinden als gevolg van bodembeweging, dan kan dat gemeld worden bij de commissie mijnbouwschade (www.commissiemijnbouwschade.nl).

Inhoud

1	SAMENVATTING	3
	INHOUD	6
	FORMULIER AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN	8
2	INLEIDING	10
2.1	Doel van het Winningsplan	10
2.2	Leeswijzer	10
3	PLAATS VAN WINNING	12
3.1	Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s)	12
3.2	Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas	13
4	BORINGEN	15
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put	15
4.2	Overzicht boring(en)	16
4.3	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	17
4.4	Putstimulatie	17
5	ONDERGROND	19
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten	19
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	19
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen	20
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	23
6	ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN	24
6.1	Inleiding	24
6.2	Historische gasproductie	24
6.3	Onzekerheden	25
6.4	Winningsstrategie en reservoirmanagement	25
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	26
6.6	Duur van de gaswinning	27
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning	27
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefaakte koolwaterstoffen	28
6.9	Stoffen die jaarlijks worden meegeproduceerd	28
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	28

7	BODEMDALING	30
7.1	Samenvatting	30
7.2	Hoe komt bodemdaling tot stand	30
7.3	Eerdere voorspellingen van de bodemdaling in de regio Schoonebeek	32
7.4	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning	33
7.5	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	38
7.6	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	39
8	BODEMTRILLING	40
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand	40
8.2	Historische bevingen in het Schoonebeek gasveld	40
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse	41
8.4	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Schoonebeek gasveld	41
8.5	Mogelijke cumulatieve effecten van waterinjectie	42
8.6	Monitoring van bodemtrillingen	42
8.7	Afhandeling van schade	43
8.8	Seismisch risicobeheersplan	44
9	OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN	45
10	VERKLARENDE WOORDENLIJST	48
11	BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	49
12	BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO VOOR GASWINNING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	51
12.1	Seismische Risico Analyse voor het Schoonebeek Gas voorkomen	53
13	BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN	61
14	BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR VOOR HET HOOG, MIDDEN EN LAAG SCENARIO	63
15	BIJLAGE E: MOGELIJKE BEVINGEN ALS GEVOLG VAN WATERINJECTIE	65

Formulier aanvraag instemming winningsplan

ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken

Directie Energie & Omgeving

mijnbouwaanvragen@minez.nl

Artikel	Onderwerp	Beschrijving
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor winningsplan Schoonebeek gas	☐ Een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ Een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust De wijziging / actualisatie bestaat uit een aangepaste productieduur en een actualisatie van de seismische risicoanalyse en bodemdalingsvoorspellingen.
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 2800 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	
	<i>E-mail</i>	@shell.com
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunninggebied(en) Liggende Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) - Schoonebeek (KB 3/5/1948, laatstelijk gewijzigd d.d. 31 oktober 2005 bij besluit E/EP/5708689) - Gemeente: Emmen en Coevorden - Provincie: Drenthe
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	☐ Schoonebeek Zechstein 2 Carbonate (SCH-ZEZ2C)
Mb 24 lid 1a	Soort koolwaterstof die wordt gewonnen	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☒ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat
Mr 1.2.1 lid 3	Bestaande of nieuwe winning	☒ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☐ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 34 lid 7	Coördinatie vergunningen	☐ ja: te weten met: ☐ Omgevingsvergunning ☐ Watervergunning ☐ Mijnbouwmilieuvergunning ☐ Anders, namelijk: ☒ nee (n.v.t.)

	Bedrijfs- en productiegegevens	Paragraaf
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	3, 4
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, putten	3.1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	3.1
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	4.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	4.3
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	3.2
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.4
Mb 24 lid 2	Productiefilosofie	6.4
Mb 24 lid 2	Reservoir management	6.4
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	6.5
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	6.6
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden meegeproduceerd	6.9
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	6.7
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefaakte koolwaterstoffen	6.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.10
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	5.4
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.3 Bijlage A, D
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.5
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.5
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	8.1, 8.2, 8.5
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	8.3, 8.4, Bijlage B, E
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	8.4
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.6, 8.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.7, 8.8
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	9.1
Ondertekening  Naam:  Functie: NAM Asset Manager Onshore South NL		Datum: Juni 2023 Plaats: Assen Mb24 lid I Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk".

2 INLEIDING

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Schoonebeek. Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

Dit winningsplan omvat het gasveld Schoonebeek gas wat geproduceerd wordt door middel van de productieputten op de locaties Schoonebeek-313 en Schoonebeek-447.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan is enkel de verlengde levensduur.

Dit winningsplan bevat een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen en een nieuwe seismische risicoanalyse. Dit is de tweede actualisatie van het winningsplan Schoonebeek gas. De reden voor de vorige actualisatie in 2011 was het langer kunnen produceren. De actualisatie die in 2011 is ingediend is het **vigerend winningsplan** voor Schoonebeek gas tot aan instemming met dit aangepaste winningsplan. Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties:

DATUM (INDIENEN WINNINGSPLAN)	DOCUMENT
2003	Originele winningsplan
2011	Eerste actualisatie
2022 - 2023	Deze (tweede) actualisatie

Het oorspronkelijk winningsplan en besluiten voor Schoonebeek gas zijn te vinden onder veldcode SCHG (Schoonebeek gas) op <https://www.nlog.nl>.

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen wordt, de geologie en de eigenschappen van het ondergrondse gas voorkomen en de voorspelde productiehoeveelheden, mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen.

- Hoofdstuk 1 - Samenvatting - geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details.
- Hoofdstuk 3 - Plaats van winning - en Hoofdstuk 4 - Boringen - geven meer informatie over de locaties en putten.
- Hoofdstuk 5 - Ondergrond - geeft een beschrijving van de ondergrond, en met name de geologie.
- Hoofdstuk 6 - Ontwikkelingsvooruitzichten - gaat in op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor het Schoonebeek gas voorkomen.
- Hoofdstuk 7 - Bodemdaling - beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).
- Hoofdstuk 8 - Bodemtrilling - gaat verder in op de seismische risicoanalyse. De seismische risicoanalyse laat zien dat het gas voorkomen in dit winningsplan in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I).
- Hoofdstuk 9 - Overige omgevingsaspecten - beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrilling en bodemdaling op natuur en milieu.

NAM heeft het winningsplan zo bedoeld dat zij binnen de grenzen van het plan opereert als:

- A.** de totale productie uit het veld niet uitkomt boven de maximale totale voorspelde productie in het 'hoog scenario' van sectie 6.5 van dit winningsplan, onafhankelijk van welke putten of infrastructuur hierbij gebruikt wordt. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit het veld gaat uitkomen boven de uiteindelijke cumulatieve productie in het 'hoog scenario', zal NAM het winningsplan dienen aan te passen;
- B.** de gaswinning niet langer duurt dan 2031. Als NAM de winning langer wil voortzetten, zal een verzoek tot wijziging in het instemmingsbesluit moeten worden ingediend of een aangepast winningsplan;
- C.** de gemeten bodemdaling door gaswinning niet groter is dan voorspeld in hoofdstuk 7 van het winningsplan (inclusief de aangehouden onzekerheidsmarges). Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen;
- D.** de voorkomens die zijn behandeld in dit winningsplan blijven ingedeeld in de laagste seismische risicocategorie, zoals in hoofdstuk 8 berekend. NAM zal het winningsplan dienen aan te passen als op basis van nieuwe gegevens of inzichten het seismisch risico van een van de voorkomens in dit plan groter blijkt te zijn;

Eventuele toekomstige activiteiten op de locatie of in het reservoir (bijvoorbeeld activiteiten gerelateerd aan putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

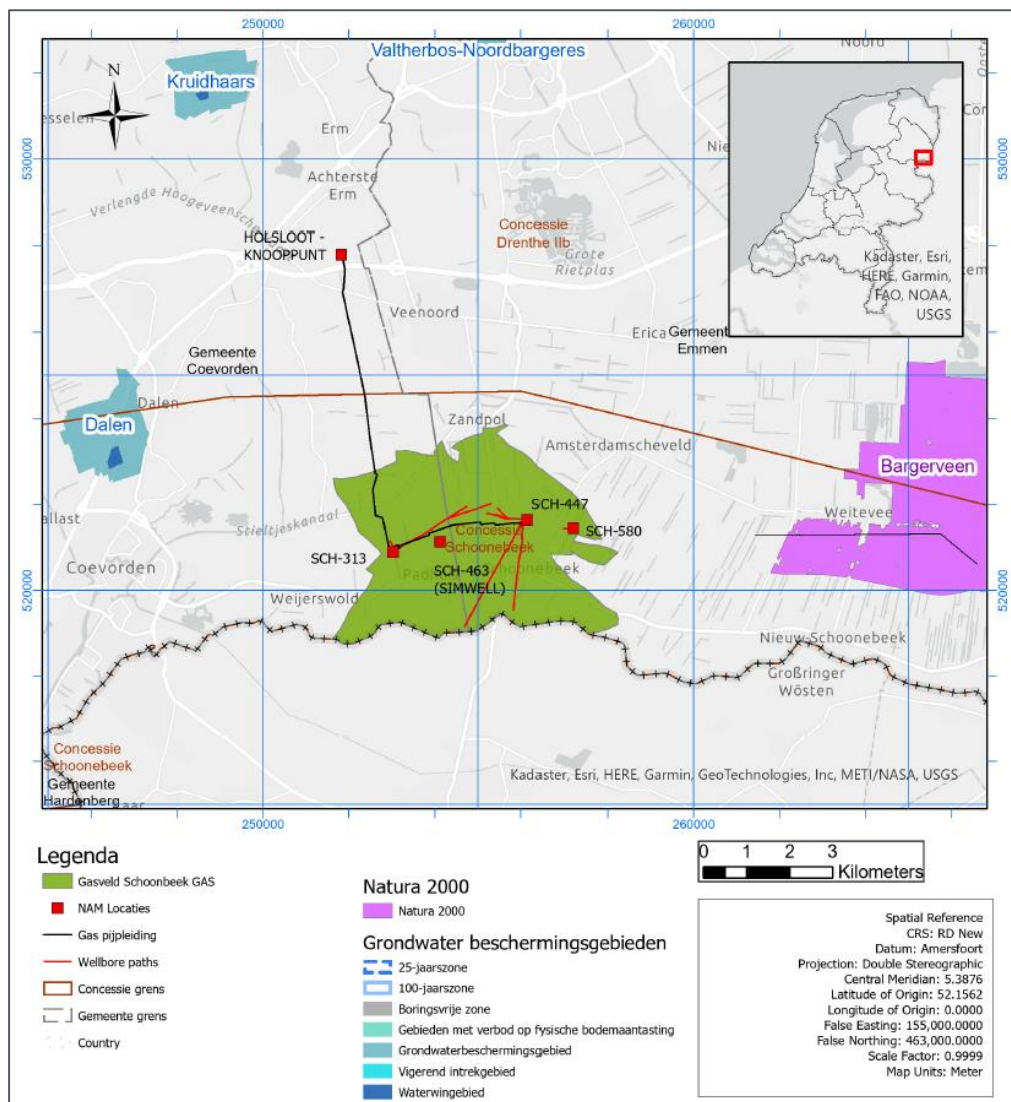
Een klein onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentiepositie van NAM in gevaar zou kunnen brengen is dit onderdeel niet openbaar.

3 PLAATS VAN WINNING

3.1 Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s)

Figuur 3-1 is een topografische kaart met de locatie van het voorkomen, de putten, de oppervlaktelocaties en pijpleidingen. De waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden, de beschermde natuurgebieden (inclusief Natura 2000) zijn aangegeven. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied is Dalen en deze ligt op 4,5km van het Schoonebeek gasveld. Het dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied is Bargerveen en deze ligt op 3,5 km. Bestaande geothermieputten komen in dit gebied niet voor.

Het gas voorkomen bevindt zich in de gemeentes Coevorden en Emmen in de provincie Drenthe en valt onder de winningsvergunning (concessies): Schoonebeek. Het gehele winningsgebied van dit winningsplan valt onder het waterschap Vechtstromen.



Figuur 3-1: Kaart met de locatie van het Schoonebeek GAS voorkomen, putten, oppervlaktelocaties, en pijpleidingen. Inclusief (in de buurt gelegen) waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden en beschermde Natura 2000 gebieden. Er zijn geen bestaande geothermieputten in de directe omgeving.

Het voorkomen wordt geproduceerd vanaf de locaties Schoonebeek-313, welke in de gemeente Coevorden ligt, en Schoonebeek-447, welke in de gemeente Emmen ligt. Luchtfoto's van de productielocatie zijn getoond in Figuur 3-2. Hoofdstuk 4.2 gaat dieper in op welke boringen in het Schoonebeek gas voorkomen zijn gedaan.



Schoonebeek-313



Schoonebeek-447

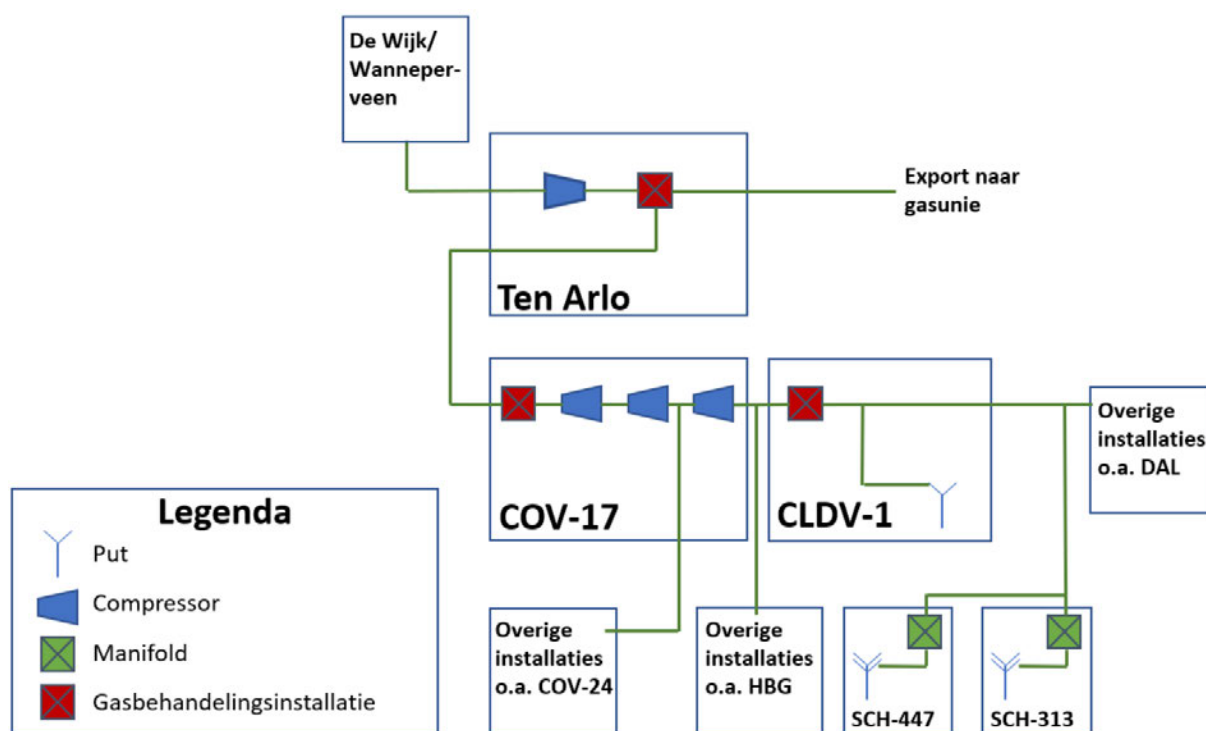
Figuur 3-2: Luchtfoto's van de productielocaties

De bestaande en reeds vergunde waterinjectie betreft het water dat wordt mee geproduceerd met de gaswinning. Dit wordt momenteel via put SCH-597 op de Schoonebeek-447 locatie geïnjecteerd in het zuiden van het Schoonebeek gas voorkomen. De voorgenomen waterinjectie betreft het water dat wordt mee geproduceerd als onderdeel van de olieproductie uit de Bentheim zandsteen formatie op grofweg 800m diepte en vervolgens wordt geïnjecteerd in de Zechstein carbonaat laag van het gas voorkomen op grofweg 3km diepte (Figuur 5-1). Hiervoor worden in totaal 4 nieuw te boren injectieputten gepland in het noorden van het Schoonebeek gas voorkomen. Deze nieuwe putten zullen geboord worden vanaf bestaande locaties in het gebied. Er zullen geen nieuwe locaties aangelegd worden.

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas

Figuur 3-3 geeft een schematische weergave van (een deel van) de gasstromen in het productiesysteem. Alle gasstromen vanuit het Schoonebeek gasveld worden via de productielocaties Schoonebeek-313 en Schoonebeek-447 behandeld op de locaties Collendoornerveen-1, Coevorden-17 en Ten Arlo. Tevens wordt het gas gecomprimeerd op de locatie Coevorden-17. Op de locaties Coevorden-17 en Ten Arlo wordt het gas samengevoegd aan de gasstromen uit onder andere de Coevorden-24 installatie, de putten op deze locaties en het gas uit de De Wijk en Wanneperveen voorkomens. Uiteindelijk wordt het gas geleverd aan het landelijk Gasunie netwerk vanaf de Ten Arlo locatie.

Bij de behandeling van het aardgas komt een vloeistofstroom vrij, namelijk productievloeistof. Productievloeistof bestaat voornamelijk uit aardgascondensaat en formatiewater. Nadat het aardgascondensaat is afgescheiden, wordt het resterende productiewater geïnjecteerd in de diepe ondergrond.



Figuur 3-3: Schematische weergave gasbehandeling en afvoer.



Coevorden-17



Collendoornerveen-1

Figuur 3-4: Luchtfoto's van de behandlingsinstallaties

4 BORINGEN

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een gasproductieput. Hieronder volgt een korte beschrijving van hoe de putten in het verleden geboord zijn en de belangrijkste onderdelen van een put.

Het boren van een put gebeurt met een boortoren. Voordat de boortoren op een locatie wordt geplaatst wordt er een buis ("conductor") in de grond geheid, ongeveer 50 meter diep. De boortoren wordt daarna op deze buis opgebouwd, met een boorpijp wordt door de buis de put geboord. Deze boorpijp bestaat (van onder naar boven) uit een beitel, motor, stabilisatoren, meetapparatuur en boorpijpen tot naar de boortoren.

Tijdens het boorproces wordt er gebruik gemaakt van een boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en de koeling van de beitel en de boorpijp. Ook levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om vloeistof-instroom te voorkomen.

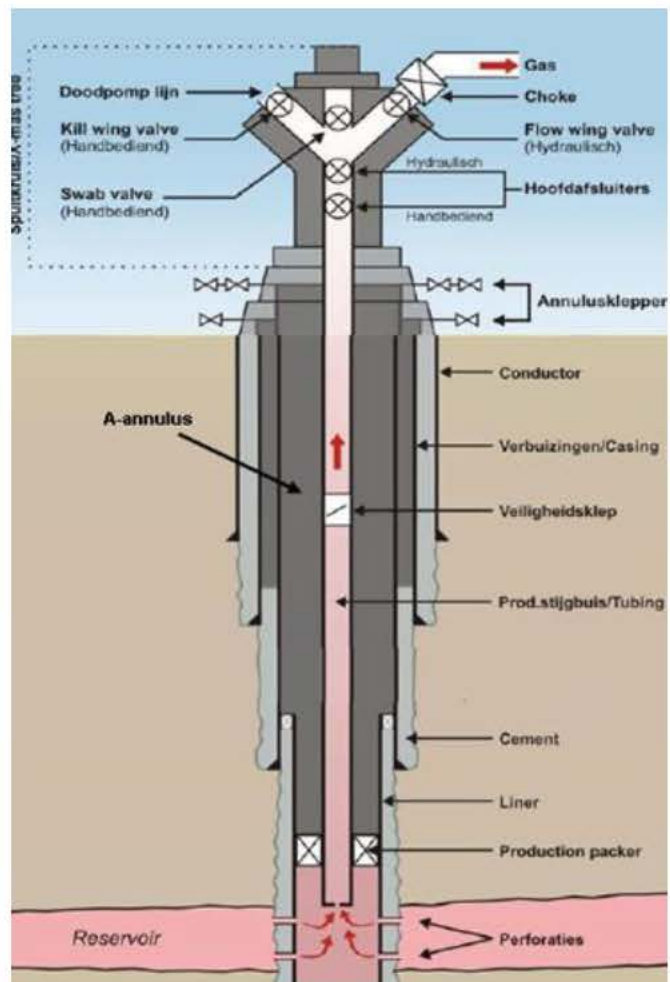
Bovenop het boorgat staat een metalen installatie, bestaande uit verschillende afsluiters die tijdens het boorproces geactiveerd kunnen worden: dit is de BOP ("blow out preventer").

Het boren van een put door de verschillende grondlagen gebeurt in secties waarvan de diameter afneemt met de diepte. Het boorgat wordt verstevigd door middel van een metalen buis: verbuizing ofwel 'casing'. De casing wordt in het boorgat vast gecementeerd waardoor een sterke en stabiele put ontstaat. Dit geeft bescherming en isolering van de bovenliggende grondlagen en het grondwater. Het boren van secties en zetten van een casing herhaalt zich meerdere keren totdat het gasveld is bereikt.

Voor de gasproductie wordt een aparte productie-stijgbuis ('tubing') gebruikt. Deze verbuizing zorgt ervoor dat het aardgas gecontroleerd omhoog kan stromen. De tubing is dus een buis in de casing en is zodoende een extra barrière voor het gas.

De ruimte tussen de tubing en de casing wordt 'A-annulus' genoemd. De druk in deze annulus wordt voortdurend gemonitord om de goede staat, de integriteit, van de put te kunnen waarborgen. De tubing beschikt ook over verschillende veiligheidskleppen.

Als de tubing is geïnstalleerd, worden er perforaties aangebracht in de casing ter hoogte van de gasvoerende lagen en kan het gas door de tubing omhoog stromen.



Figuur 4-1: Schematische weergave van een generieke productieput. De tekening is niet op schaal (sterk verticaal ingekort).

Aan de oppervlakte is de 'X-mas tree' of spuitkruis de verbinding tussen de tubing en de bovengrondse leidingen. Deze 'X-mas tree' is zichtbaar op de locaties en bevat diverse kleppen die nodig zijn om de put te bedienen. In de X-mas tree en in de installatie op de putlocatie zijn speciale meters aanwezig waarmee druk, temperatuur, en stroomsnelheid continu gemeten kunnen worden.

4.2 Overzicht boring(en)

In Tabel 4-1 zijn de boringen met verdere algemene informatie weergegeven. In totaal zijn er 10 putten geboord in het Schoonebeek gasveld. Op dit moment produceren drie putten gas uit het ZEZ2C reservoir. Ook wordt er momenteel in een put water uit het Ten Arlo systeem geïnjecteerd.

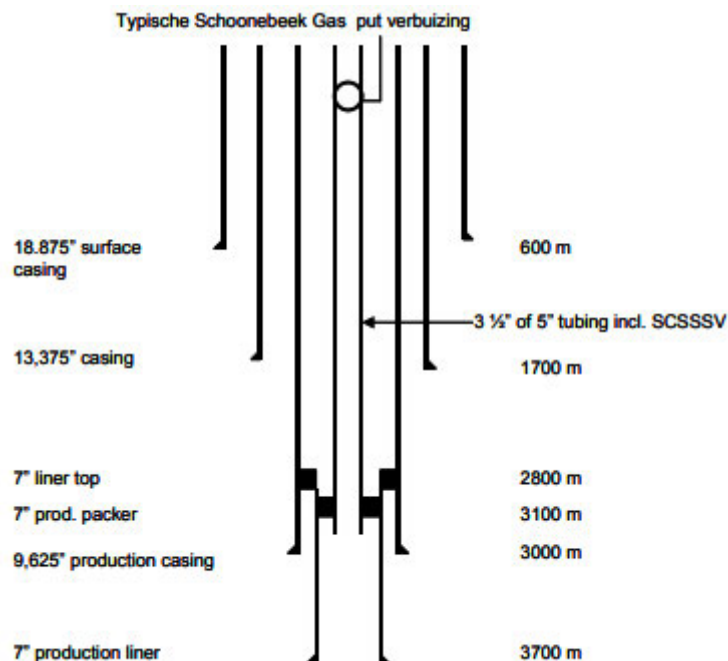
Zie verder hoofdstuk 6 voor de ontwikkelingsvooruitzichten.

Tabel 4-1: Lijst van bestaande boringen in het Schoonebeek gasveld. Alle boringen zijn geperforeerd in de SCH-ZE.

Locatie	Putnaam	Putvorm	Status:
Schoonebeek-313*	SCH-313	Verticaal	Geabandonneerd
	SCH-589	Gedevieerd	Producerend
	SCH-592	Gedevieerd	Producerend
Schoonebeek-447*	SCH-447	Gedevieerd	Gesuspendeerd/Geabandonneerd
	SCH-537-S2	Gedevieerd	Producerend
	SCH-591-S3	Horizontaal	Producerend
	SCH-597-S1	Horizontaal	Producerend/Injectie
Schoonebeek-449	SCH-449	Gedevieerd	Geabandonneerd
Schoonebeek-463	SCH-463-S1	Gedevieerd	Geabandonneerd
Schoonebeek-580*	SCH-580	Gedevieerd	Gesuspendeerd

*Mogelijke uitbreiding op locatie met nieuw te boren injectieputten

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)



Figuur 4-2: Schematische weergave van de typische putverbuizing van de Schoonebeek gasputten. Dieptes zijn aangegeven langs de put (m AH), gemeten vanaf de vloer van de boorinstallatie. De meeste putten worden gedevieerd geboord en in dat geval is de verticale diepte t.o.v. de boorvloer (m TVDRT) altijd minder dan de 'along hole' diepte (m AH).

4.4 Putstimulatie

Indien de productieprestatie van de put vermindert kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken (*clean-out*) of om opnieuw te perforeren.

Gedurende het leven van een put kan het voorkomen dat er aanslag (zgn. *scaling*, bijv. kalk of zout) optreedt aan de binnenkant van de verbuizing en in de perforaties. Om deze *scaling* te verwijderen kan het voorkomen dat de put met zuur behandeld wordt. Dit is een routine-handeling waarbij geen overdruk gebruikt wordt. Deze ontkalking duurt ongeveer een dag en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig).

Daarnaast kunnen er nieuwe perforaties gemaakt worden om een iets groter deel van het gesteente met de put in communicatie te brengen. Deze activiteit duurt ongeveer een dag of twee en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig). Gedurende de levensduur van de put kan het nodig zijn de tubing te vervangen. Tenslotte zullen er gedurende de levensduur van een put diverse andere onderhoudshandelingen plaatsvinden aan verbuizingen, kleppen, etc. Het zal niet nodig zijn om de gasproductieputten in het Schoonebeek gas voorkomen hydraulisch te stimuleren.

Integriteit van de afdekkende lagen

Het reservoir in het Schoonebeek gas voorkomen bestaat uit het Z2 Carbonaat Laagpakket in de Z2 Formatie, in de Zechstein Groep. In de Zechstein groep ligt de belangrijkste afdekkende laag die het gas voorkomen afsluit. De afsluitende laag wordt gevormd door de bovenliggende Zechstein laagpakketten - dit is een dik pakket van voornamelijk impermeabel zout (haliet & anhydriet) met een aantal eveneens impermeabele (zout)kleipakketten. De dikte van deze afdekkende laag is over het grootste deel van het veld in totaal meer dan 50 meter. Put SCH-537B en put SCH-592 bevinden zich in een blok dat aan de bovenkant is geërodeerd. Daarbij is de afdekkende laag van de Zechstein zouten gereduceerd tot een dikte

van minder dan 10 meter. Over het gehele Schoonebeek gas voorkomen ligt als extra afsluitende laag het laagpakket van de Zechstein Boven-Kleisteel Formatie en het Hoofdkleisteel laagpakket uit de Trias met een totale laagdikte van meer dan 200 meter. Zie ook Hoofdstuk 5.

Aangezien er geen overdruk gebruikt wordt bij de routinebehandelingen ten behoeve van het herstel van de put productiviteit, bestaat er geen risico op negatieve effecten van de behandeling op de integriteit van de afdekkende lagen. Voor wat betreft de effecten van de waterinjectie in het Schoonebeek gasveld op de integriteit van de put wordt verwezen naar de WABO-vergunning.

Tabel 4-2: Schematische aanduiding van het gashoudende gesteente (Z2 formatie) van het Schoonebeek gasveld waaruit geproduceerd en waarin geïnjecteerd wordt (aangemerkt met *) en de verschillende lagen daarboven. Namen van afdekkende lagen zijn in **rode** tekst aangegeven. De dieptes geven de bovenkant van de desbetreffende laag aan en zijn bij benadering, gebaseerd op put SCH-589. Zie Hoofdstuk 5 voor de volledige geologische beschrijving inclusief overliggende lagen.

GROEP	FORMATIE	LAAG	DIEPTE TV (m onder NAP)
Onder-Germaans Trias	Onder Bontzandsteen	Hoofdkleisteel	2.509
Zechstein (ZE)	Zechstein boven Kleisteel		2.698
	Z4	Pegmatiet-Anhydriet	2.727
		Rode Zoutklei	2.729
	Z3	Zout	2.734
		Hoofdanhydriet	2.763
		Carbonaat	2.757
		Grijze Zoutklei	2.779
	Z2	Dakanhydriet	2.782
		Zout	2.784
		Basale Anhydriet	2.827
		Carbonaat*	2.831

5 ONDERGROND

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de ondergrond voor het Schoonebeek gas voorkomen, vanaf de oppervlakte tot aan de diepte waarop het gas voorkomen zich bevindt.

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

Voor het in beeld brengen van de ondergrond worden een groot aantal metingen uitgevoerd en modellen gemaakt die helpen om het voorkomen beter te begrijpen en een voorspelling te kunnen doen hoeveel gas er geproduceerd zal worden. Doordat de omvang van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij bestaande putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en de andere eigenschappen van het gasveld. Voorspellingen zullen daardoor altijd een onzekerheidsmarge hebben. Die onzekerheidsmarge verschilt per parameter en zal dus een verschillende invloed op de voorspellingen hebben.

De omvang en diepte van het veld worden bepaald uit de analyse van geluidsgolven (zgn. seismiek). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden in de gesteentelagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen bekend waar een put het gasreservoir binnengaat, dus op een beperkt aantal plaatsen. Het gevolg daarvan is dat er enige onzekerheid is over de omvang en exacte diepte van het veld. De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van reservoir-eigenschappen als porositeit, saturatie en doorlatendheid (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald met boorgatmetingen door meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

De eigenschappen van de gesteenten verder weg van de boorgaten worden verkregen door correlatie tussen de verschillende boorgaten met behulp van een geologisch model van de ondergrond. Dit introduceert extra onzekerheid, omdat de eigenschappen van de gesteenten lateraal kunnen variëren, en metingen op een klein aantal locaties over grotere afstand of zelfs naar een naburig veld geëxtrapoleerd moeten worden.

Het gevolg is dat er onzekerheden bestaan over de diverse aspecten van het gasveld, zoals de hoeveelheid gas, de productiesnelheid en het verloop daarvan in de tijd, maar ook over de uiteindelijke bodemdaling. Dat leidt ertoe dat voorspellingen van onzekerheidsmarges voorzien zullen zijn.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

In deze sectie worden de geologische formaties beschreven, zowel die waarin het voorkomen zich bevindt als de bovenliggende formaties. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar *Geology of the Netherlands*, geschreven door Wong et al. in 2007.

Het ontstaan van gas voorkomens

Plantaardig en ander organisch materiaal dat aan het aardoppervlak gevormd wordt kan in de loop van de geologische geschiedenis worden begraven onder soms kilometers dikke lagen gesteente. Door de daarmee gepaard gaande hoge druk en temperatuur kan uit die organische bestanddelen aardgas worden gevormd. De gasmoleculen bewegen vanwege hun lage dichtheid door de poriën van het gesteente naar boven richting aardoppervlak. Als onderweg een ondoordringbare gesteentelaag wordt aangetroffen hoopt het gas zich op in de poriën van het gesteente direct onder de afsluitende laag. Als ook de zijwaartse verspreiding wordt verhinderd ontstaat er een gasreservoir. Zijwaartse begrenzingen worden vaak gevormd door breuken in het gesteente als gevolg van bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten.

Reservoirformaties en bron koolwaterstoffen

Het gasvoerende reservoir van het Schoonebeek gasveld behoort tot de Zechstein Groep die gevormd is tijdens het Boven-Perm tijdperk. Deze groep bestaat uit evaporitische lagen welke voornamelijk bestaan uit anhydriet en haliet, en kalksteenlagen, een afwisseling van calciet en dolomiet. De kalksteenlagen van de Z2 Carbonaat Formatie vormen het reservoir. Het gas is gevormd in de steenkoollagen van de Limburg groep en via bovenliggende poreuze zandsteenlagen en breuken gemigreerd naar de bovenliggende kalksteenlagen. Het Schoonebeek gasveld bevindt zich in een complexe anticlinale structuur die is opgedeeld in een aantal breukblokken, Figuur 5-1.

Reservoireigenschappen

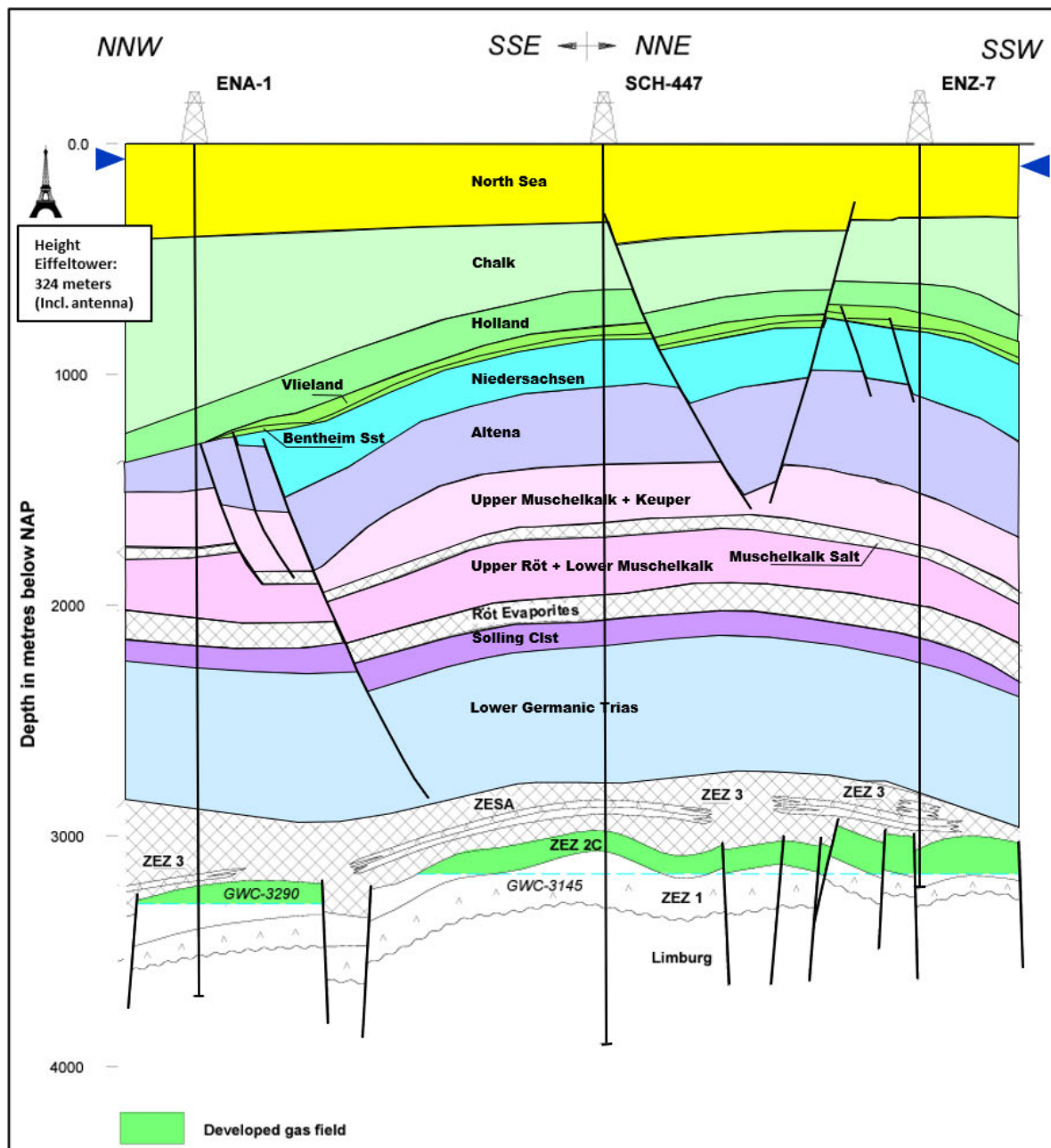
In Tabel 5-1 zijn de gemiddelde reservoireigenschappen van het producerende reservoirgesteente weergegeven. De verhouding van de hoeveelheid gesteente met reservoirkwaliteit (doorlatend en gasvoerend) ten opzichte van klei (ondoorlatend en niet producerend) wordt aangegeven met Net-to-Gross. De verhouding van het (gashoudend) poriënvolume ten opzichte van het totale gesteentevolume is aangegeven met de porositeit. De mate van doorlatendheid van het gesteente wordt aangeduid met permeabiliteit. In het geval van de ZE22 Carbonaat betreft dit de permeabiliteit van de matrix. Hiernaast is er van nature een breuknetwerk aanwezig die de produceerbaarheid domineert. Hierbij moet ook vermeld worden dat het in de tabel om gemiddelde waarden gaat. Het totaal van alle gemeten waarden laat een grote range zien. In bijlage C zijn een schematische doorsnede en geologische kaart van het Schoonebeek Gas voorkomen weergegeven.

Tabel 5-1: Lengte van de gaskolom in verticale meters, gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit (Por) en permeabiliteit (Perm) van dat net reservoir in het voorkomen.

Voorkomen	Producerende formatie	Gas Kolom (m TV)	NtG (v/v)	Porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Schoonebeek Gas	Zechstein 2 Carbonaat	150	1	5	1

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

In Tabel 5-2 worden de bovenliggende lagen genoemd, inclusief de belangrijkste eigenschappen van deze lagen.



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir van het voorkomen Schoonebeek Gas. Rechtsboven is met een blauwe wig de typische diepte voor waterwinning weergegeven (tot ~70m). De boortorens zoals die hier ingetekend staan zijn niet op schaal. De Eiffeltoren is wel op schaal getekend.

Tabel 5-2: Geologische tijdschaal voor het gebied rond het Schoonebeek Gas voorkomen.

Ouderdom	Groep	Formatie	Laag	Afkorting	Doorstroming	
Tertiair	North Sea (NS)	Boven		NS		
			Ieper	NILFFY	Ondoorlatend	
			Basale Tuffiet van Dongen	NILFFT		
			Klei van Landen	NILFC	Ondoorlatend	
Krijt	Krijtkalk (CK)	Ommelanden		CKGR		
		Texel		CKTX		
	Rijnland (KN)	Holland	Boven-Holland Mergel	KNGLU	Ondoorlatend	
			Midden-Holland Kleisteen	KNGLM	Ondoorlatend	
		Vlieland	Hoofd-Vlieland Kleisteen	KNNCM	Ondoorlatend	
			Bentheim Zandsteen	KNNSP		
			Bentheim Kleisteen	KNNCV	Ondoorlatend	
	Jura	Nedersaksen	Coevorden	Boven-Coevorden	SKCFU	
				Midden-Coevorden	SKCFM	
				Onder-Coevorden	SKCFL	
			Weiteveen	Serpuliet	SKWFF	
				Weiteveen Boven-Mergel	SKWFE	
				Weiteveen Boven-Evaporiet	SKWFD	Ondoorlatend
Weiteveen Onder-Mergel		SKWFC				
		Weiteveen Onder-Evaporiet	SKWFB	Ondoorlatend		
		Weiteveen Basale Klastica	SKWFA			
		Altena (AT)	Aalburg		ATAL	
	Sleen			ATRT		
Trias	Boven-Germaanse Trias (RB)	Keuper	Dolomitische Keuper	RNKPDP		
			Rode Keuper Kleisteen	RNKPDP		
			Rode Keuper Evaporiet	RNKPPE		
			Midden-Keuper Kleisteen	RNKPMP		
			Hoofd-Keuper Evaporiet	RNKPSP		
			Onder-Keuper Kleisteen	RNKPPL		
		Muschelkalk	Boven-Muschelkalk	RNMUU		
			Midden-Muschelkalk Mergel	RNMUA		
			Muschelkalk Evaporiet	RNMUE	Ondoorlatend	
			Onder-Muschelkalk	RNMUL		
		Röt	Boven-Röt Kleisteen	RNROU		
			Boven-Röt Evaporiet	RNRO2		
			Tussen-Röt Kleisteen	RNROM		
			Hoofd-Röt Evaporiet	RNRO1		
		Solling	Solling Kleisteen	RNSOC		
			Basale Solling Zandsteen	RNSOB		
	Onder Trias (RB)	Detfurth	Detfurth Kleisteen	RBMDP	Ondoorlatend	
			Onder-Detfurth Zandsteen	RBMDL		
		Volpriehausen	Volpriehausen Klei-Siltsteen	RBMVC	Ondoorlatend	
			Onder-Volpriehausen Zandsteen	RBMVL		
		Onder Bontzandsteen	Rogenstein	RBSHR		
			Hoofdkleisteen	RBSHM		
Perm	Zechstein (ZE)	Zechstein Boven-kleisteen		ZEUC		
		Z4	Z4 Zout	ZEZ4H		
			Z4 Pegmatiet-Anhydriet	ZEZ4A		
			Rode Zoutklei	ZEZ4R		
		Z3	Z3 Zout	ZEZ3H		
			Z3 Hoofdanhydriet	ZEZ3A		
			Z3 Carbonaat	ZEZ3C		
			Grijze Zoutklei	ZEZ3G		
		Z2	Z2 Dakanhydriet	ZEZ2T		
			Z2 Zout	ZEZ2H		
			Z2 Basale Anhydriet	ZEZ2A		
			Z2 Carbonaat	ZEZ2C	Reservoir	
	Zechstein (ZE)	Z1	Z1 Boven-Anhydriet	ZEZ1T		
			Z1 Zout	ZEZ1H		
			Z1 Onder-Anhydriet	ZEZ1W		
			Z1 Carbonaat	ZEZ1C		
			Koperschalie	ZEZ1K	Ondoorlatend	
Carboon	Limburg (DC)	De Lutte		DCHL		
		Tubbergen		DCDT	Bron	

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee Groep, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt in het winningsgebied tussen de 50 en 150m diepte. Daaronder is al het grondwater of formatiewater van nature zout tot zeer zout. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied is Dalen en deze ligt op 4,5 km van het Schoonebeek gasveld (zie Figuur 3-1). Door de grote afstand is er geen interactie tussen de gas voorkomens en het waterwingebied. Boor- en productie-activiteiten zullen geen effect op de samenstelling van het zoete grondwater hebben.

Naast waterwinning wordt ook warmte-energie of geothermische energie uit de ondergrond gewonnen. Een onderscheid wordt gemaakt tussen "bodemwarmte" en "aardwarmte".

Bodemwarmte haalt men tot enkele honderden meters diep uit de bodem en wordt gebruikt voor verwarming van woningen, gebouwen en kassen. Dit soort projecten wordt veel toegepast in Nederland. Omdat bij bodemwarmteprojecten het boren zich beperkt tot de bovenste ~300m is er geen interactie met olie- en gaswinning.

Aardwarmte maakt gebruik van energie dieper uit de aarde zodat er dieper geboord moet worden (vaak meer dan 2 kilometer diep, afhankelijk van de locatie). Een dergelijk geothermieproject bestaat doorgaans uit een producerende put (deze pompt warm water uit het reservoir) en een injecterende put (deze brengt het afgekoelde water weer terug in hetzelfde reservoir). In de directe nabijheid van het Schoonebeek gasveld zijn dergelijke geothermie projecten nog niet uitgevoerd. Gezien de rol van geothermie in de energietransitie is het waarschijnlijk dat dit in de toekomst wel gaat gebeuren. SodM is toezichthouder op zowel olie- en gaswinning als geothermie.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland uit verschillende zoutcavernes, maar niet in de nabijheid van Schoonebeek Gas

Gasopslag of ander gebruik van de diepe ondergrond is niet voorzien in dit gebied.

Waterinjectie vindt reeds plaats in het Schoonebeek gas voorkomen en NAM is voornemens dit verder uit te breiden.

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN

6.1 Inleiding

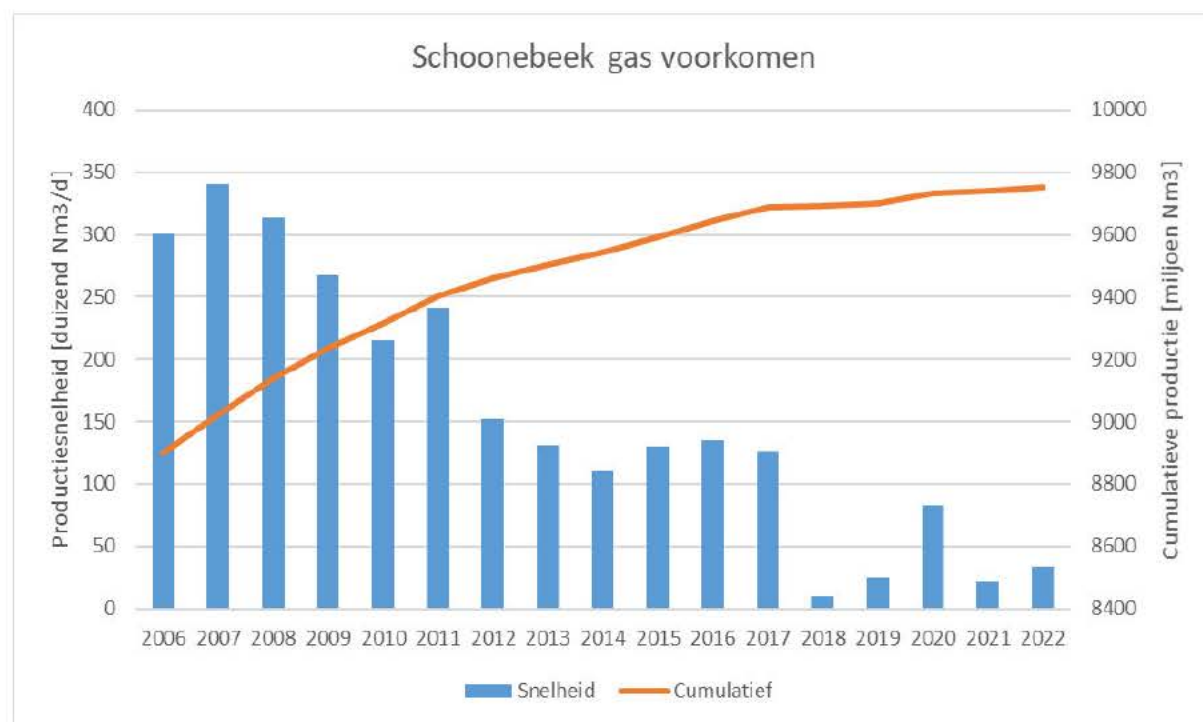
Het Schoonebeek gasveld is in 1957 aangeboord en in 1958 in productie genomen. Het gas wordt uit de Zechstein (ZE) formatie gewonnen dat zo'n 2 km onder het Schoonebeek oliereservoir ligt (Bentheim formatie).

6.2 Historische gasproductie

Tabel 6-1 geeft de historische gasproductie getalsmatig weer en Figuur 6-1 geeft de productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer. Sinds 2018 is de gaszuiveringsinstallatie (GZI) in Emmen gesloten en wordt het gasveld via de Collendoornerveen (CLDV) locatie geproduceerd, waar het gas wordt behandeld om het zuurgehalte te verlagen (ontzwavelen).

Tabel 6-1: Historische productie uit het Schoonebeek gas voorkomen.

Productie [in miljoen Nm ³]	Productie t/m 2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Productie t/m 2022
Schoonebeek gas	8899	124	115	97	79	88	55	48	40	47	49	46	4	9	30	8	12	9752



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie van het Schoonebeek gas voorkomen.

6.3 Onzekerheden

De onzekerheid in de toekomstige productie van het Schoonebeek gasveld wordt bepaald door verschillende factoren:

- De hoeveelheid formatiewater die met het gas zal worden meegeproduceerd (sectie 6.9)
- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande put
- De minimale productiesnelheid die de bestaande put nodig heeft om stabiel te produceren
- Het vermogen om de meegeproduceerde H₂S uit het gas te verwijderen
- Interactie tussen de gasproductie en de voorgenomen injectie van productiewater dat wordt meegeproduceerd met de Schoonebeek oliewinning (sectie 6.10)
- De onderhoudskosten van het productiesysteem ten opzichte van de opbrengsten

Door monitoring van de bestaande putten en van het reservoirgedrag kunnen deze onzekerheden verkleind worden.

6.4 Winningsstrategie en reservoirmanagement

De winning vindt plaats doordat gas naar de put stroomt als gevolg van de aanwezige reservoirdruk in combinatie met het verlagen van de druk aan het oppervlak door compressie. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut. Het Schoonebeek gas voorkomen wordt ook benut voor het injecteren van het productiewater dat vrijkomt bij de gaswinning van diverse regionale gasvelden inclusief het eigen gasveld, zie paragraaf 6.10. Het volume van dit zogenaamde 'gas-water' is beperkt en injectie hiervan op de Schoonebeek-447 locatie heeft geen significante invloed op de gasproductie.

De NAM is voornemens om ook injectiewater afkomstig van de olieproductie uit het Schoonebeek veld te injecteren in het Schoonebeek gasvoorkomen. De injectie van het water afkomstig van de olieproductie in Schoonebeek op de SCH447 locatie is aangevraagd middels een Wabo veranderingsvergunning met aanvraagnummer 7641649 (gedateerd 21-04-2023). Aanvragen voor extra putten worden momenteel voorbereid. Deze injectie is nog niet vergund, maar de voor dit winningsplan relevante effecten worden wel alvast meegenomen in deze aanvraag.

Gewenst is om in totaal 33 miljoen m³ volume aan te vragen in de benodigde omgevingsvergunningen op basis van de gecreëerde ruimte door de gasproductie. Echter, de injectie wordt begrensd door druklimieten, zowel voor de maximale reservoirdruk als voor de maximale injectiedruk (om de integriteit van de afdekkende lagen te waarborgen), waardoor de cumulatieve injectie lager kan uitvallen bij tegenvallende intra-reservoir communicatie.

Het aangevraagde injectiedebiet van het olie-water is zo'n twee ordegrottes hoger dan het injectiedebiet van het gaswater, waardoor het risico op waterdoorslag als gevolg van de olie-waterinjectie ook hoger is. Hier staat tegenover dat de injectielocaties zodanig gekozen zijn dat het risico op waterdoorslag met name naar de beste gasproductieput (SCH-537) beperkt is: de reservoirlocaties voor de nieuwe injectieputten bevinden zich zo'n 100 tot 200m dieper op de structuur, en op minstens enkele honderden meters laterale afstand. Ook kan de waterinjectie juist productieverhogend werken: als gevolg van injectie zal de druk in het gasreservoir oplopen waar de gasproductieputten baat bij hebben. Een derde voordeel van deze locaties is dat de waterinjectie verder van de bestaande breuken zal plaatsvinden. Hiermee wordt de kans op aardbevingen verminderd.

In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De "Statische GIIP" geeft de hoeveelheid gas aan die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. Het "Midden scenario" en "Hoog scenario" verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het "winningspercentage" is gedefinieerd op basis van de totale winning als percentage van het oorspronkelijke aanwezige gas.

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

- Water-, condensaat- en gasproductiemetingen (kunnen op afstand uitgelezen worden).
- Regelmatige drukmetingen aan het oppervlak en wanneer noodzakelijk onder in de put.

Op basis van voorgenoemde monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, mogelijke compartimentalisatie in het reservoir en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage per voorkomen.

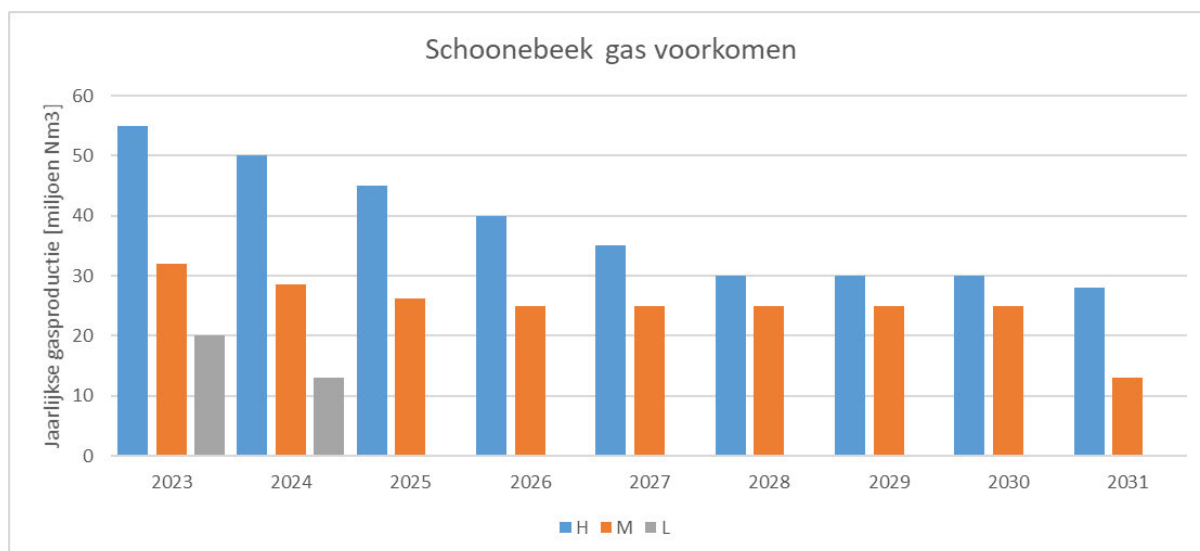
Voorkomen	Totale winning tot eind 2022	Statische GIIP (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (MIDDEN)	Verwacht winningspercentage (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (HOOG)	Verwacht winningspercentage (Hoog)
	[miljoen Nm ³]	[miljoen Nm ³]	[miljoen Nm ³]	[%]	[miljoen Nm ³]	[%]
Schoonebeek gas	9752	12665	9977	79	10095	80

6.5 Winingssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

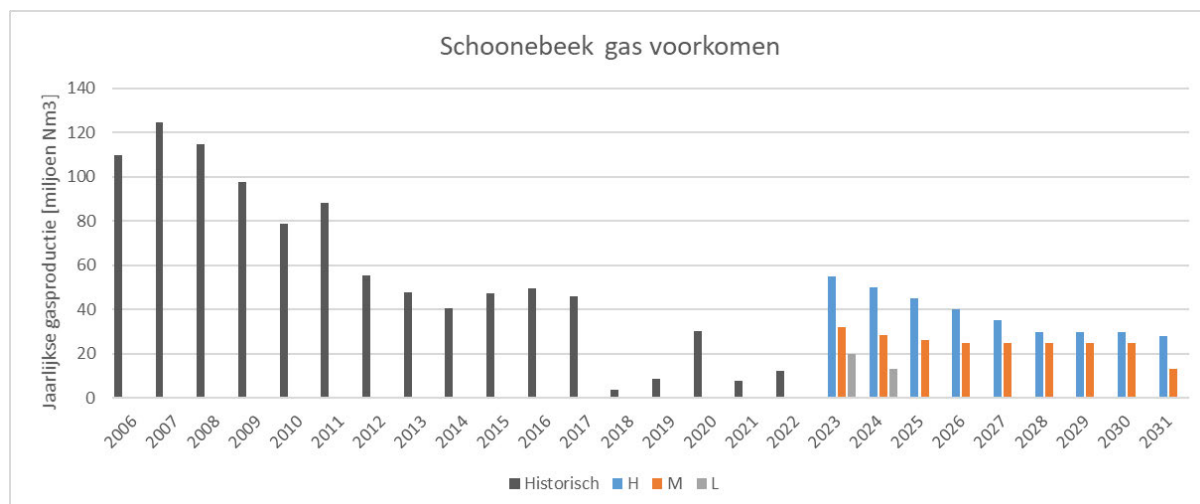
Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van het Schoonebeek gas voorkomen weer. Er zijn drie productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de productie in de drie profielen geeft aan welke onzekerheid er verwacht wordt in de verdere productie uit het gasveld. De daadwerkelijke gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen in Tabel 6-3.

Tabel 6-3: Verwachte jaarlijkse productie.

Productie [in miljoen Nm ³]	Scenario	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Schoonebeek gas	H	55	50	45	40	35	30	30	30	28
	M	32	29	26	25	25	25	25	25	13
	L	20	13							



Figuur 6-2: Verwachte jaarlijkse productie.



Figuur 6-3: Verwachte jaarlijkse productie met historische productie.

6.6 Duur van de gaswinning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Naar verwachting zal de productie uiterlijk tot 2031 duren (op basis van het hoog scenario). Het einde van de productie zou eerder kunnen plaatsvinden als gevolg van onverwachte technische of andere oorzaken. In het bijzonder kan het in de eindfase gebeuren dat een put onverwacht stopt met produceren en dat het door de lage reservoirdruk niet meer mogelijk is de productie te herstellen.

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

De geschatte hoeveelheid gas voor eigen gebruik is rond de 1,1 miljoen Nm³ per jaar. Dit wordt op de Coevorden-17, Ten Arlo en Collendoornerveen-1 behandelingslocaties gebruikt. Op deze locaties wordt ook het gas uit andere voorkomens behandeld die niet in dit winningsplan beschreven staan, zie ook Figuur 3-3. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit 2021 (Tabel 6-4) en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de latere jaren.

Tabel 6-4: Overzicht eigen gebruik per behandelingslocatie in 2021.

Behandelingsinstallatie	Eigen gebruik in [Nm³]
Coevorden-17	578.229
Collendoornerveen-1	219.314
Ten Arlo	331.342

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Tijdens normale productie wordt geen gas afgefakkeld of afgeblazen.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden meegeproduceerd

Met het gas wordt formatiewater en condensaat meegeproduceerd en vervolgens gescheiden van de gasstroom. De samenstelling van het condensaat en gas is weergegeven in Tabel 6-5. De hoeveelheid water, uitgedrukt in de water-gas ratio (WGR), ligt voor Schoonebeek gas grofweg tussen de 400 en 800 m³ / mln Nm³, doordat water zich een weg vindt vanuit de aquifer (beneden het gas-water-contact) naar de productieputten, via het fracture netwerk. Dit wordt gemitigeerd door intermitterend te produceren, waardoor het water weer wegzakt en de WGR relatief stabiel blijft.

Tabel 6-5: Overzicht gassamenstelling

	Schoonebeek Gas
Initiële condensaat-gas ratio (sm³/mln Nm³)	1
Condensaat dichtheid (kg/Sm³)	800
Relatieve Gas Dichtheid (lucht=1)	0,64
Verbrandingswarmte van het gas (MJ/Nm³)	35,6
Wobbe index gas (MJ/Nm³)	44,5
C₁ (mol%)	88,2
H₂S (mol%)	0,01
CO₂ (mol%)	6,1
N₂ (mol%)	5,1

6.10 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen

De waterinjectie op de SCH447 locatie is vergund middels een Wabo vergunning met kenmerk DGETM-EM/14054621 (gedateerd 08-04-2014), bijbehorende beschikking met kenmerk DGETM-EO/17091711 (gedateerd 27-06-2017) en DGKE-WO/19117739 (gedateerd 08-05-2019). In deze vergunning is het voorschrift opgenomen dat NAM jaarlijks een rapportage dient op te stellen met daarin onder andere de hoeveelheid geïnjecteerd water en injectiedrukken. De samenstelling en hoeveelheden van de stoffen die jaarlijks bij de winning in het gasveld teruggebracht worden zijn ook opgenomen in de vigerende wabo-vergunning van SCH447. Hierin is aangegeven dat de maximale jaarlijkse hoeveelheden injectiewater die via SCH313 op de locatie WPS aankomen 300.000 m³ bedraagt. De capaciteit is aanwezig om deze gehele stroom van 300.000 m³ per jaar in waterinjectieput SCH-597 te injecteren. In Tabel 6-6 is de kwantitatieve samenstelling van het injectiewater weergegeven zoals is vergund (zie ook kolom "verwachte maximale waarde" in tabel 6-6).

Tabel 6-6: Kwantitatieve samenstelling injectiewater.

Parameter	Eenheid	Gemiddelde waarde	Verwachte maximale waarde
pH (eenheden)	-	6,0	4,0 – 9,0
Temperatuur	°C	30	40
Natrium (Na⁺)	mg/l	48000	90000
Calcium (Ca²⁺)	mg/l	22000	40000
Magnesium (Mg²⁺)	mg/l	1325	5000
Barium (Ba²⁺)	mg/l	30	100
IJzer (totaal: Fe²⁺ en Fe³⁺)	mg/l	40	200
Kalium (K⁺)	mg/l	1200	3000
Strontium (Sr²⁺)	mg/l	950	2000
Mangaan (Mg)	mg/l	12	50
Chloride (Cl)	mg/l	115000	200000
Sulfaat (SO₄²⁻)	mg/l	170	2500
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,01	1
Cobalt (Co)	mg/l	<0,1	1
Chroom (Cr)	mg/l	0,045	1
Koper (Cu)	mg/l	<0,03	5
Kwik (Hg)	mg/l	0,002	1
Lood (Pb)	mg/l	0,13	10
Nikkel (Ni)	mg/l	<0,03	0,5
Zink (Zn)	mg/l	10	200
Glycolen	mg/l	351	5000
Methanol	mg/l	296	32000
Koolwaterstoffen inclusief aromaten	mg/l	740	5000
Koolwaterstoffen exclusief aromaten	mg/l	407	5000
Schuimmiddel	mg/l	100	2000
Schuimafbreker	mg/l	10	500
Corrosieremmer	mg/l	140	1000
Anti-aanslagvloeistof	mg/l	127	1000
Biocide	mg/l	<10	2000
Zwavelwaterstofbinder	mg/l	500	5000
Zuurstofbinder	mg/l	100	1000
Splitser	mg/l	26	500
Paraffine remmer	mg/l	0	100

7 BODEMDALING

7.1 Samenvatting

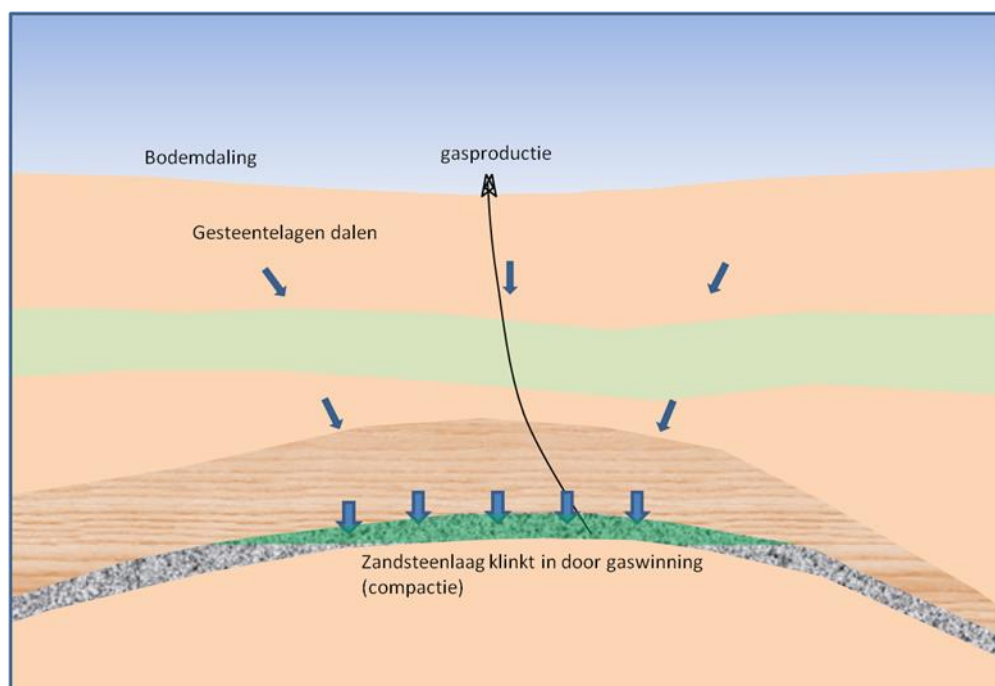
In dit winningsplan wordt de bodemdaling geanalyseerd en gerapporteerd voor een aantal verschillende periodes waarbij gekeken is naar de gemodelleerde bodemdaling in vergelijking met de metingen en naar de toekomstige daling. De bodemdaling boven Schoonebeek wordt veroorzaakt door het Schoonebeek gasveld (dit winningsplan) en het Schoonebeek olieveld (winningsplan uit 2008). De bodemdaling in het gebied wordt gemeten op meerdere punten in het gebied. Om een bepaling te krijgen van de gehele bodemdaling, wordt gebruik gemaakt van een bodemdalingsmodel dat gekalibreerd wordt aan de metingen.

De nog te verwachten bodemdaling zal maximaal 2 cm zijn ("Midden bodemdaling scenario"). Dit is de bodemdaling door gaswinning gecombineerd met de effecten van waterinjectie inclusief na-ijlperiode. Inmiddels heeft de huidige olie- en gaswinning gezorgd voor maximaal 12 cm bodemdaling in het diepste punt van de bodemdaling. Mocht injectie van productiewater uit het olieveld in het gasveld niet plaatsvinden dan zal de toekomstige gaswinning maximaal 4 cm bodemdaling veroorzaken ("Hoog bodemdaling scenario"). De extra waterinjectie heeft naar verwachting volgens de modellen dus een dempend effect op de totale cumulatieve bodemdaling van ca 2 cm (zie ook het verschil tussen Figuur 7-9 en 9-2).

Bodemdaling is een langzaam proces en vindt plaats over een groot gebied. Om mogelijke schade te mitigeren kan het wenselijk zijn dat het waterschap Vechtstromen de waterpeilen aanpast. NAM is aansprakelijk voor eventuele meerkosten van bijvoorbeeld het peilbeheer als gevolg van bodemdaling door gaswinning.

7.2 Hoe komt bodemdaling tot stand

In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente van deze gasvoerende laag langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Deze samendrukking wordt ook wel compactie genoemd en hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 7-1). Deze compactie bedraagt over het algemeen 0,1 tot 0,2 % van de dikte van de gasvoerende laag bij de maximale drukdaling (depletie) in het gasveld. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveld-niveau is onder meer afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij een klein gasveld zoals Schoonebeek gas, zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak een fractie zijn van de compactie in de gasvoerende laag. Het volume van de bodemdaling is ongeveer even groot als de volumeverandering van het gasreservoir, waarbij de oppervlakte van de kom groter zal zijn dan de oppervlakte van het reservoir; aan alle kanten van de reservoiromtrek komt er een afstand bij van ongeveer 1 à 2 maal de diepte van het reservoir. Figuur 7-1 geeft dit schematisch weer. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kan er een overlap ontstaan van de verschillende bodemdalingen.



Figuur 7-1: Drukdaling in het reservoir zal leiden tot (beperkte) bodemdaling. (Let op: figuur niet op schaal).

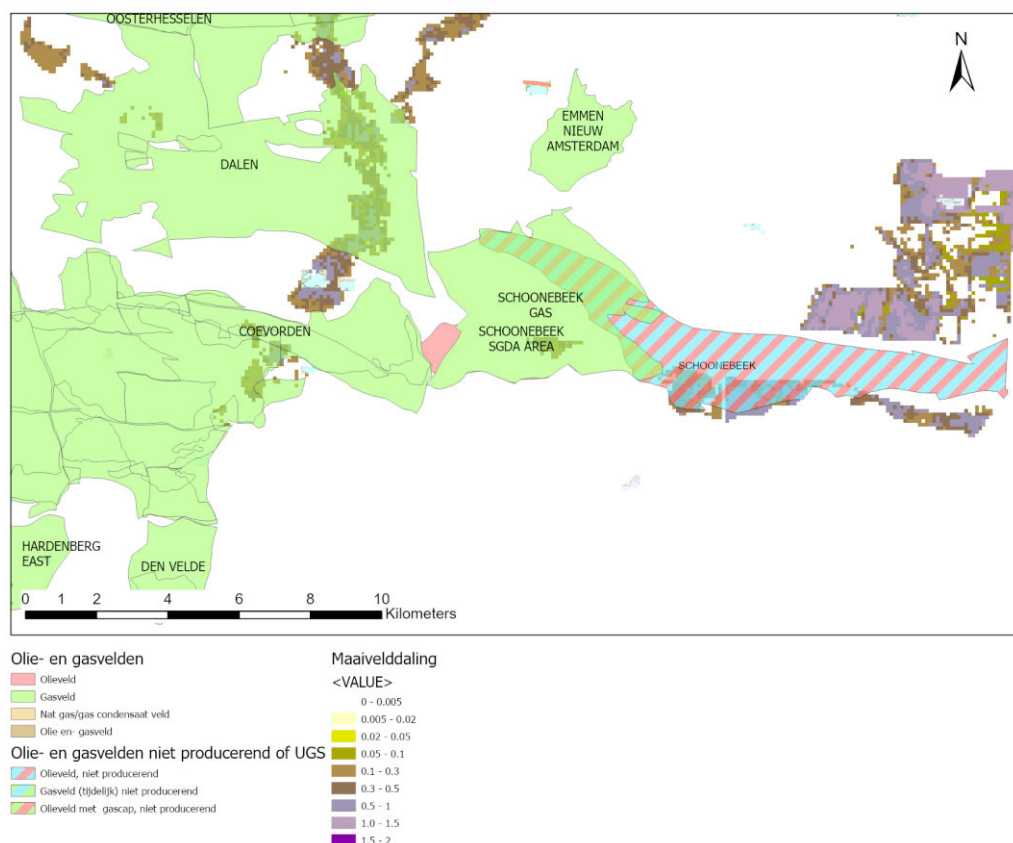
Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gas- of oliewinning zijn er ook andere oorzaken, onafhankelijk van de gaswinning, die leiden tot bodemdaling. Deze zijn samengevat onder de term autonome bodemdaling. Veenoxidatie en veen/klei inklinking zijn in Nederland de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. De mate van autonome daling kan worden bepaald aan de hand van metingen en/of modelvoorspellingen. In deze modellen wordt oxidatie en inklinking berekend waarbij gebruik wordt gemaakt van laboratoriumgegevens en het voorkomen van bepaalde grondsoorten in de ondiepe ondergrond. Tegelijkertijd worden deze modellen gevalideerd en gekalibreerd door bodemdalingmetingen. Voorspellingen van autonome bodemdaling gaan uit van bepaalde grondwaterscenario's. Dit zijn aannames over het toekomstig waterpeilbeheer door de waterschappen. Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050 (Deltares en PBL¹, 2011, Hopman et al. 2013²). De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Geconcludeerd wordt dat de autonome bodemdaling in dit gebied op basis van deze aannames over het algemeen klein is, maar lokaal kan oplopen tot 100 cm in 50 jaar.

De metingen van de bodemdaling in dit gebied zijn gedaan op gefundeerde punten (peilmerken) en daarmee is aangenomen dat de metingen representatief zijn voor de bodemdaling door gas- en oliewinning.

¹ Deltares en PBL, 2011, Deltascenario's Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, Deltares rapport 1205747-000

² Victor Hopman, Ger de Lange, Laura Vonhogen, Pauline Kruiver, Freek van Leijen, Raluca Ianoshi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013

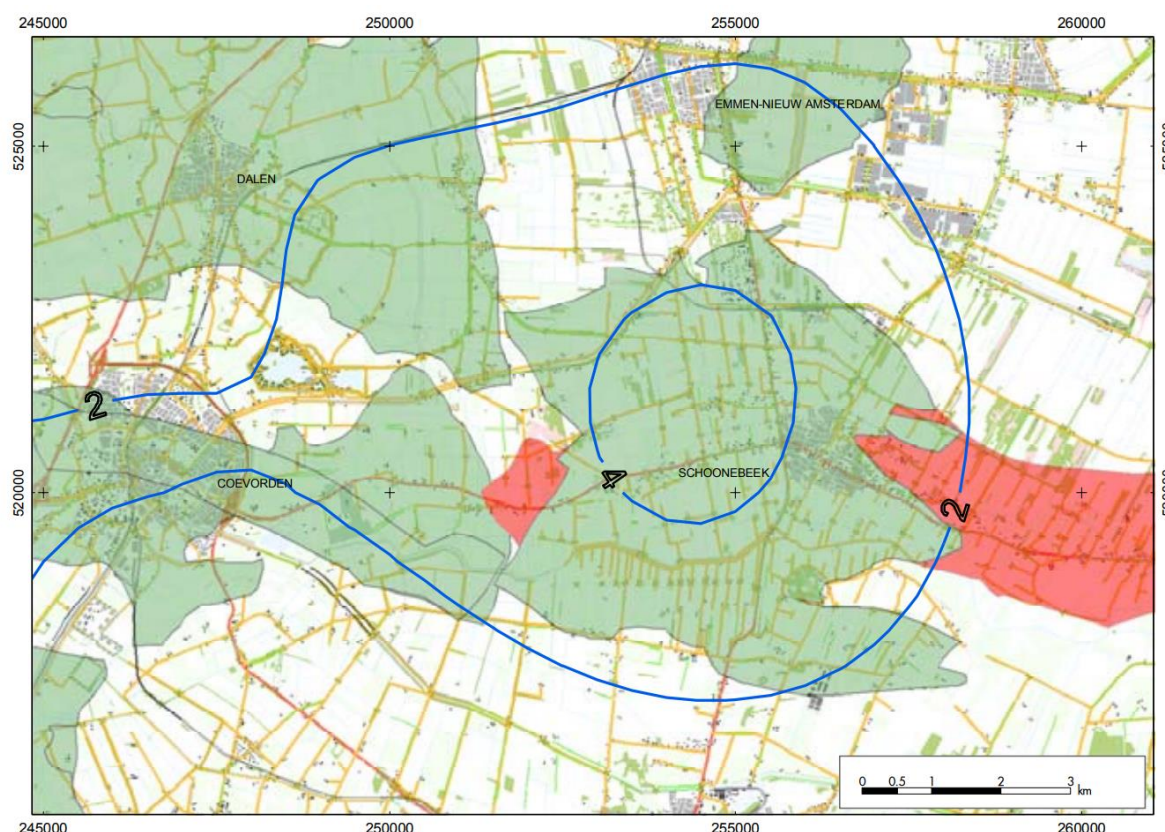


Figuur 7-2: Maaiveldddaling (m) over een periode van 50 jaar bij handhaving van huidige drooglegging bij huidig klimaat. De waarden op deze kaart geven slechts een eerste orde schatting van de mogelijke autonome daling.

7.3 Eerdere voorspellingen van de bodemdaling in de regio Schoonebeek

De gaswinning en oliewinning die plaatsvindt en heeft plaatsgevonden in de regio Schoonebeek heeft geleid tot bodemdaling. Het Schoonebeek gas winningsplan uit 2003 voorspelde een totale cumulatieve bodemdaling in de regio van minder dan 6 cm bodemdaling (Figuur 7-3). Bij de kalibratie van het toenmalige bodemdalingsmodel met de metingen werd het mogelijke effect van het in die tijd ingesloten Schoonebeek olieveld niet meegenomen. De maximale bodemdaling boven het Schoonebeek gas voorkomen werd toentertijd dus geheel toegeschreven aan de gasproductie.

In de actualisatie van het Schoonebeek gas winningsplan uit 2011 werd dezelfde voorspelling aangehouden als in 2003 voor het jaar 2022, het toenmalig ingeschatte einde van de gasproductie. Het model uit 2003 maakte gebruik van een lineair compactiemodel. Dit model wordt in de huidige aanvraag vervangen door een model dat ook de na-ijlende bodemdaling beschrijft; het zogenaamde "rate type compaction model (RTCiM)", zie ook Bijlage A.



Figuur 7-3: Bodemdalingsprognose voor 2006 (einde productie) volgens het winningsplan Schoonebeek Gas uit 2003³.

In de volgende paragrafen wordt de herziene kalibratie van het bodemdalingsmodel aan de meest recente metingen beschreven. Met dit gekalibreerde model wordt vervolgens voorspeld wat de meest waarschijnlijke bodemdaling wordt na het beëindigen van de productie. Het bodemdalingsmodel dat gebruikt wordt in dit winningsplan houdt rekening met een na-ijl periode van de bodemdaling na het stoppen van de productie. Daarom is gekozen om een jaartal (2100) ver na de beëindiging van de productie te kiezen zodat inzicht wordt verkregen in de totale daling die wordt veroorzaakt door de gaswinning.

De totale cumulatieve bodemdaling in dit gebied is uiteindelijk de optelsom van de daling door gaswinning, de stijging door injectie van productiewater in het Schoonebeek gasveld en de daling die wordt veroorzaakt door de oliewinning volgens het winningsplan uit 2008⁴. Volgens het nieuwe gekalibreerde model is de totale bodemdaling die door de gaswinning uit het Schoonebeek gasveld wordt veroorzaakt meer dan werd aangenomen in 2003 en 2011. De gevolgen van deze additionele bodemdaling zijn beperkt. De onderbouwing hiervan staat in paragraaf 7.5 en hoofdstuk 9.

7.4 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Metten van bodemdaling

Voor alle delen in Nederland waar gas wordt gewonnen moet een *meetplan* worden opgesteld. Dit meetplan geeft inzicht in hoe de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gas voorkomen wordt gemeten. Dat gebeurt door waterpassing op een reeks punten in een *meetnet*, boven en rondom het voorkomen, vaak aangevuld met GNSS (GPS)-metingen op specifieke locaties. Steeds vaker worden de

³ <https://www.nlog.nl/field-web/rest/field/document/279932937>

⁴ <https://www.nlog.nl/field-web/rest/field/document/359822129>

traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde 'Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw'⁵ wordt gevolgd. De frequentie van de metingen, en de dichtheid en uitgebreidheid van het meetnet, worden gekozen in overleg met SodM en de Technische Commissie Bodembeweging (Tcbb). Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van EZK.

Historische bodemdaling

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1952 gemeten. De totale bodemdaling is het gevolg van productie uit het olieveld, gasveld en de autonome daling. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2019. De gemeten daling is getalsmatig in cm weergegeven naast de blauwe punten ("peilmerken") in Figuur 7-5. De reden dat er bij een aantal punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1952 of 2019) niet gemeten is. Bij het kalibreren van het bodemdalingmodel worden vanzelfsprekend alle metingen gebruikt.

Berekenen van bodemdaling

De metingen gebeuren worden dus uitgevoerd op puntniveau. Om een beter inzicht te verkrijgen in de totale verspreiding van de bodemdaling wordt een bodemdalingmodel gemaakt. Dit model wordt gekalibreerd aan de metingen. Het gekalibreerde model wordt ook gebruikt om prognoses te maken van de bodemdaling in de toekomst.

De bodemdaling door gaswinning wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie paragraaf 7.2). Het huidige bodemdalingmodel voor het Schoonebeek gasveld maakt gebruik van het RTCiM compactiemodel, zoals dit nu ook gebruikt wordt voor Noord-Nederland⁶.

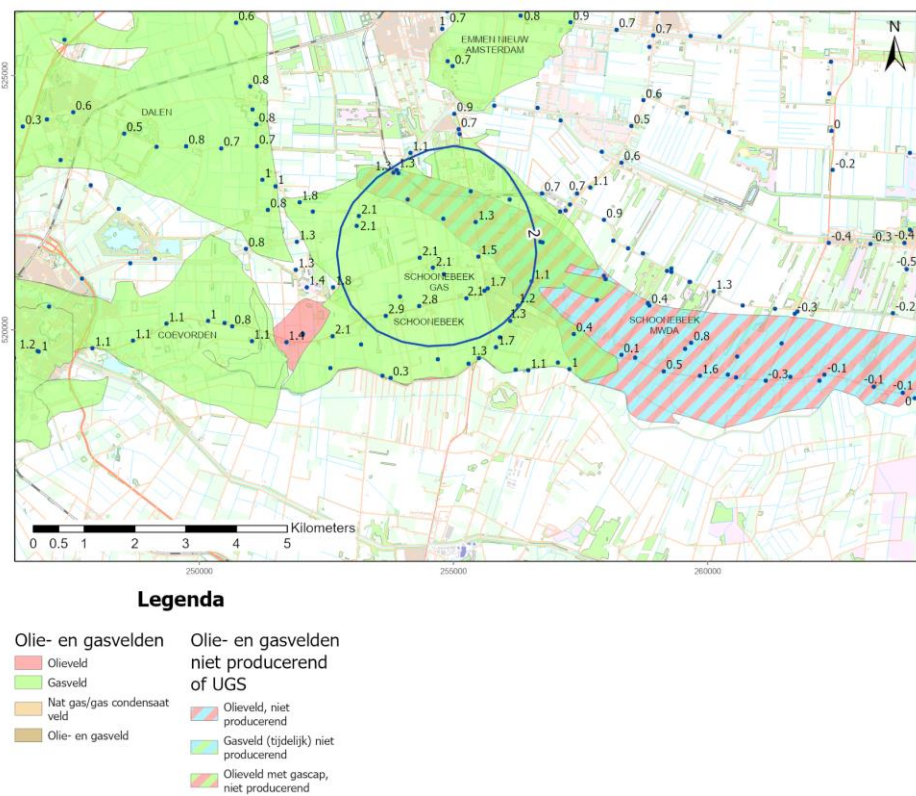
Meer informatie over het model en de berekening van de onzekerheid is ook terug te vinden in Bijlage A. De bodemdaling boven Schoonebeek is dus een gevolg van zowel de olie- als gaswinning. Om het model voor gaswinning te kalibreren moet een periode worden gevonden waarbij er geen oliewinning heeft plaatsgevonden. Dit is het geval voor de periode tussen 2000 en 2010 (Figuur 7-4). De bodemdaling in deze tijd wordt geheel toegeschreven aan de productie uit het gasveld. De gemeten bodemdaling was in deze periode maximaal 2 cm. Met dit gegeven en de gemodelleerde bodemdaling van de oliewinning volgens het vigerende (2008) winningsplan is het "gasmodel" verder gekalibreerd aan alle metingen. Het model dat het best past bij de metingen tussen 1952 en 2019 berekent een bodemdaling door gas- en oliewinning die maximaal 12 cm is in 2019. De resultaten van dit model worden getoond in Figuur 7-5. Voor de bijdrage van de oliewinning aan de bodemdaling wordt het bodemdalingmodel aangehouden uit het vigerende winningsplan het Schoonebeek olie voorkomen uit 2008.

In Figuur 7-6 is tevens de bodemdaling getoond voor de periode tussen 1975 in 2019. Het jaar 1975 is voor veel voorkomens uit de regio de nulmeting.

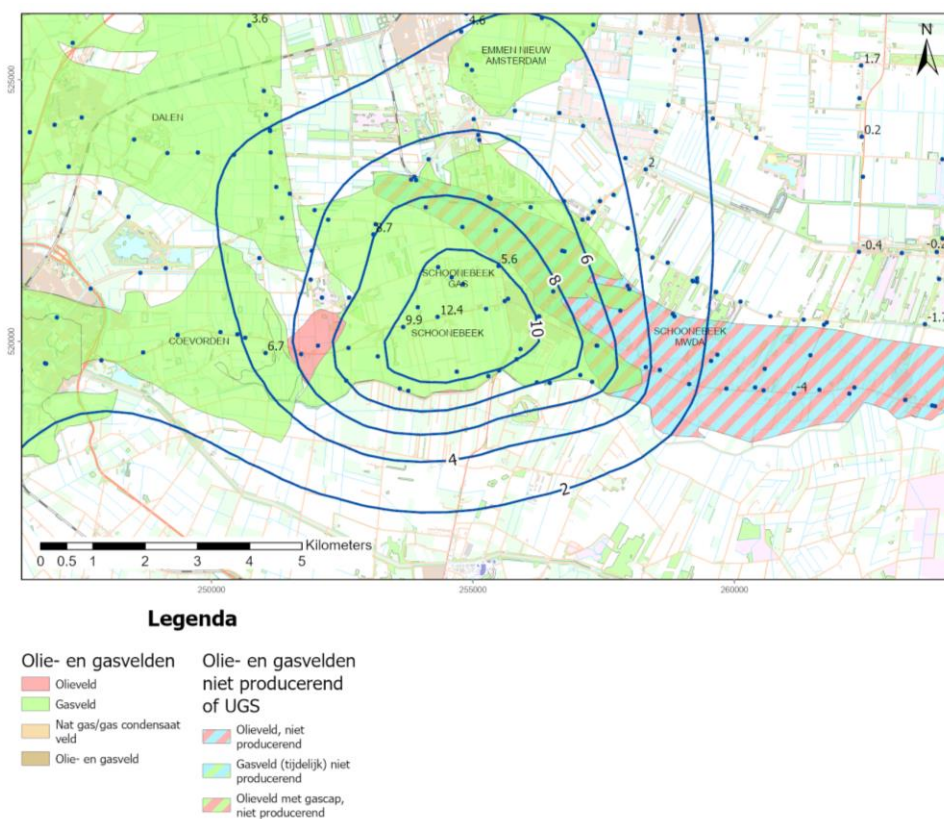
⁵ <https://www.tcbb.nl/file/download/57087366/Industrieleidraad%20Geodetische%20basis%20voor%20mijnbouw%20-%20V1.pdf>

⁶ NAM (2020) Bodemdaling door aardgaswinning - Statusrapport 2020 en Prognose tot het jaar 2080 (december 2020).

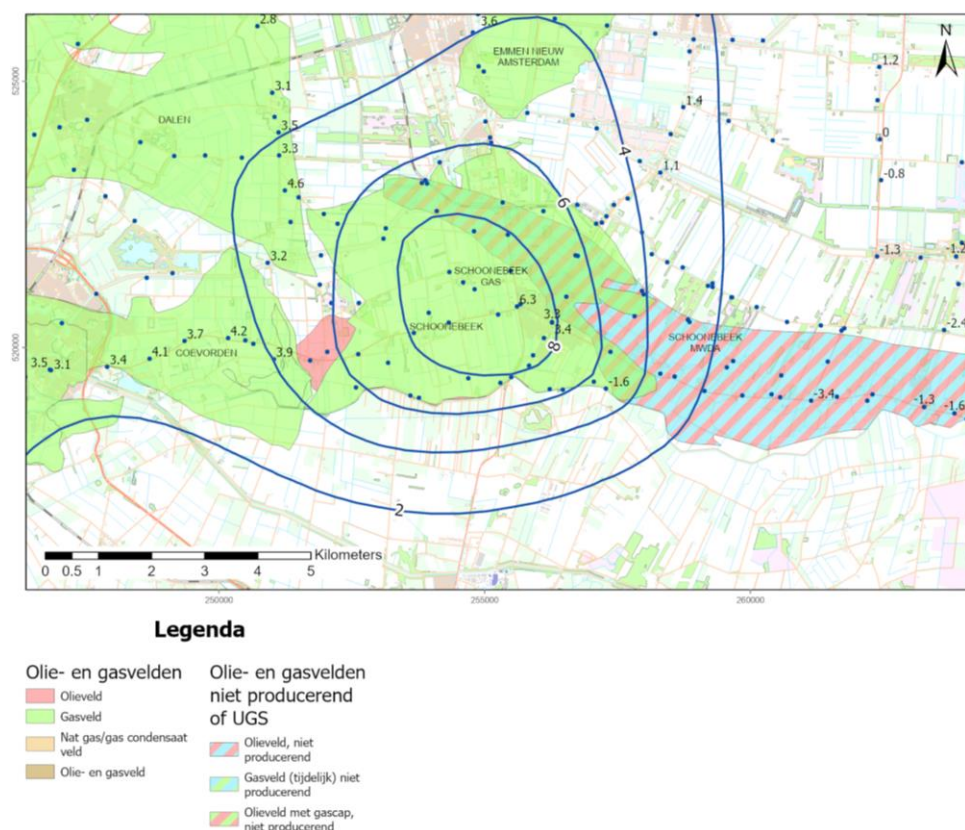
<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/bodemdaling/nl/aa0e05c7-704a-4f9f-a02c-ea7ece904905>



Figuur 7-4: Op peilmerken gemeten bodemdaling (in cm) vergeleken met gemodelleerde bodemdaling voor de periode tussen 2000 en 2010. In dit figuur zijn de contouren om de 2 cm getoond.



Figuur 7-5: Op peilmerken (punten) gemeten bodemdaling (in cm) tussen 1952 en 2019 vergeleken met gemodelleerde bodemdaling (contourlijnen) als gevolg van productie uit het Schoonebeek gas- en olievel.



Figuur 7-6: Op peilmerken (punten) gemeten bodemdaling (in cm) tussen 1975 en 2019 vergeleken met gemodelleerde bodemdaling (contourlijnen) als gevolg van productie uit het Schoonebeek gas- en olieveld.

Toekomstige bodemdaling door gaswinning en het effect van waterinjectie

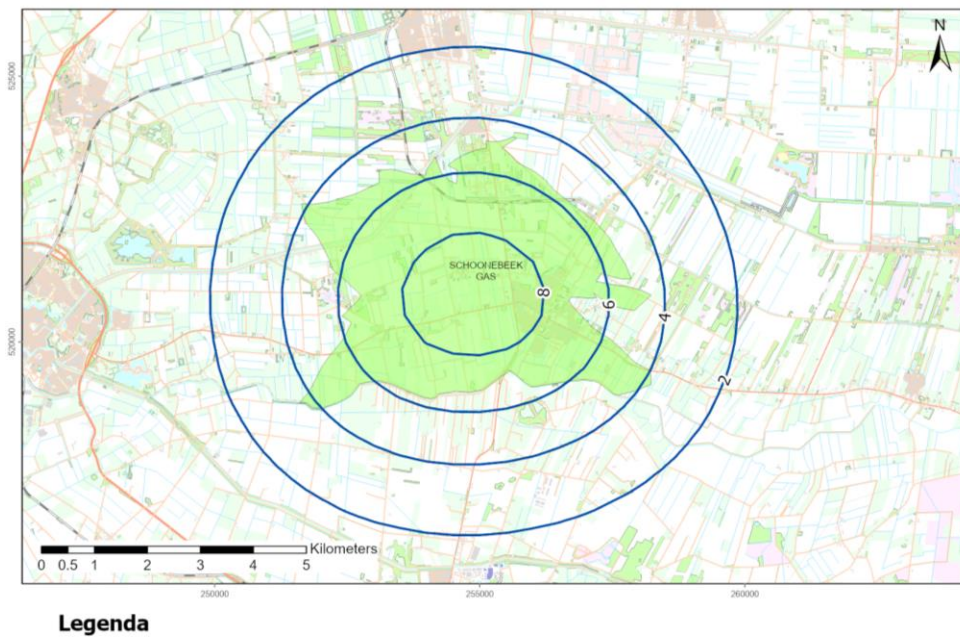
Het merendeel van de bodemdaling door gaswinning heeft al plaatsgevonden. De nog te verwachten bodemdaling wordt voornamelijk veroorzaakt door de na-ijlende bodemdaling en resterende gasproductie. De waterinjectie zal zorgen voor drukstijging en zal daarmee de toekomstige bodemdaling beperken. De verwachting is dat de toekomstige bodemdaling in Schoonebeek gas maximaal 2 cm zal zijn. De totale bodemdaling veroorzaakt door *alleen* het Schoonebeek gas voorkomen wordt getoond in Figuur 7-7. Vanwege het na-ijlen wordt een contourkaart getoond voor de bodemdaling in 2100. De totale bodemdaling is volgens verwachting maximaal 10 cm.

De verwachte totale *cumulatieve* bodemdaling zal minder dan 14 cm zijn waarvan ongeveer 5 cm is veroorzaakt door de productie uit het Schoonebeek olieveld (volgens vigerend winningsplan). Omdat er na-ijling wordt verwacht van de bodemdaling na het stoppen van de productie zijn er meerdere figuren gemaakt die de contouren tonen van de bodemdaling op verschillende tijdstappen.

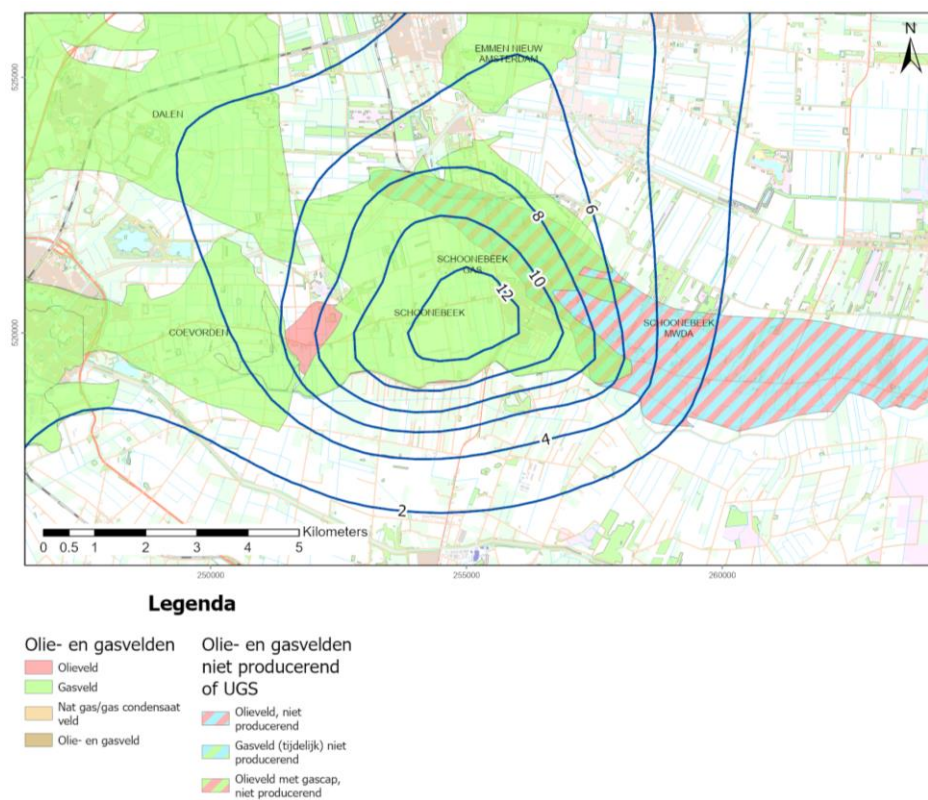
Figuur 7-8 laat de totale cumulatieve bodemdaling zien, ruim na afloop van de winning van zowel het gas- als olieveld in 2050. Tenslotte laat Figuur 7-9 de verwachte totale cumulatieve bodemdaling zien in 2100. Tabel 7-1 geeft een overzicht van de mogelijke bodemdaling voor de verschillende scenario's.

Tabel 7-1: Bodemdalingsscenario's voor de toekomstige en totale daling.

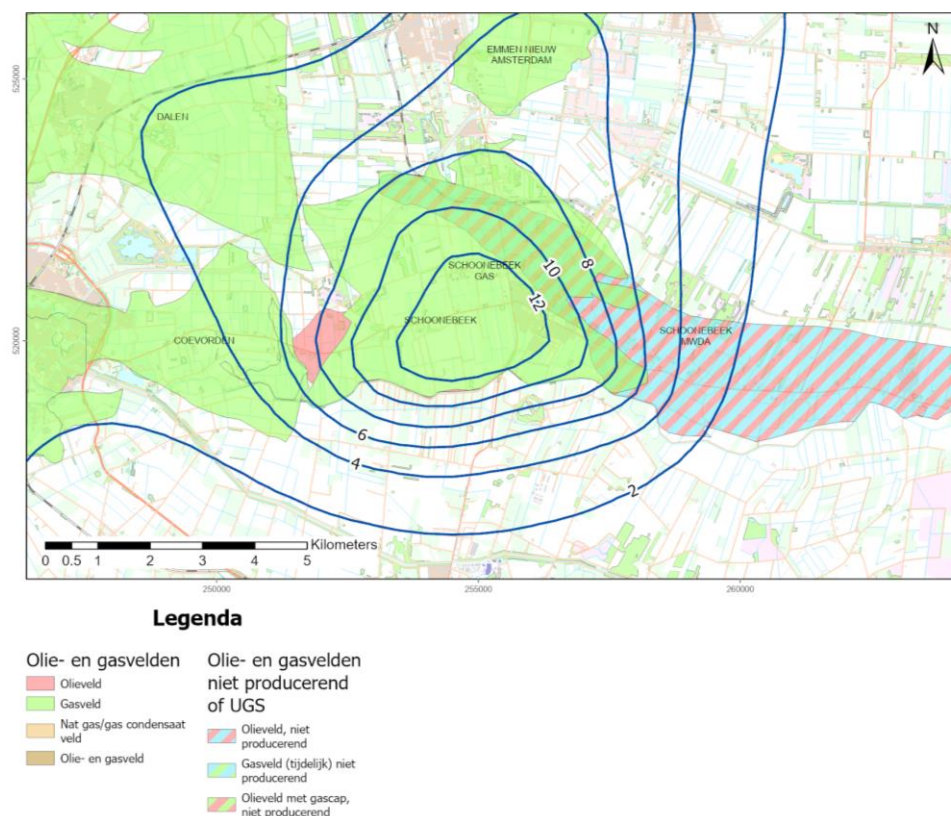
Scenario	Toekomstige daling	Totale daling
Bodemdaling door Schoonebeek gas	Maximaal 4 cm	Maximaal 12 cm
Bodemdaling door Schoonebeek gas en waterinjectie	Maximaal 2 cm	Maximaal 10 cm
Bodemdaling door Schoonebeek gas plus omliggende velden (cumulatief zonder waterinjectie)	Maximaal 4 cm	Maximaal 16 cm
Bodemdaling door Schoonebeek gas en waterinjectie plus omliggende velden	Maximaal 2 cm	Maximaal 14 cm



Figuur 7-7: Prognose van de totale bodemdaling in 2100 door productie en injectie uit en in *alleen* het Schoonebeek gasveld. De maximale bodemdaling in het midden van de bodemdalingssom bedraagt minder dan 10 cm.



Figuur 7-8: Prognose van de *cumulative* totale bodemdaling in 2050 door productie en injectie uit en in het Schoonebeek gasveld in samenhang met de bodemdaling veroorzaakt door andere voorkomens in de regio



Figuur 7-9: Prognose van de totale *cumulative* bodemdaling in 2100 door productie en injectie uit en in het Schoonebeek gasveld in samenhang met de bodemdaling veroorzaakt door andere voorkomens in de regio

Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling door gasproductie en waterinjectie uit en in het Schoonebeek gasveld is minder dan 2 cm. Om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen is de onzekerheid in drukdaling gecombineerd met de onzekerheid in de waarden voor de geomechanische parameters in het compactiemodel. Deze analyse wordt verder beschreven in Bijlage A. In het maximale drukdalingsscenario wordt uitgegaan van een situatie waarbij er alleen gas wordt gewonnen en er geen injectie plaatsvindt. Inclusief de onzekerheid in de geomechanische parameterwaarden wordt de maximale toekomstige bodemdaling in dit scenario minder dan 4 cm.

7.5 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals eerder is beschreven bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomen minder dan 2 cm. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar "Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987". Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade beschrijven boven de Norg UGS en Groningen bevestigen dit beeld⁷. Mogelijke andere effecten door bodemdaling worden beschreven in hoofdstuk 9.

⁷ [Rapport diepe bodemdaling en stijging gepubliceerd \(schadedoormijnbouw.nl\)](https://schadedoormijnbouw.nl/)

7.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning (in combinatie met de voorgenomen injectie van het water dat wordt meegeproduceerd met de Schoonebeek oliewinning) volgens dit winningsplan is minder dan 2 cm over een periode van ongeveer 80 jaar. Dit is een beperkte daling waardoor er verder geen maatregelen worden getroffen om de gevolgen van de bodemdaling te voorkomen dan wel te beperken. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Zuidoost Drenthe worden gemonitord.

8 BODEMTRILLING

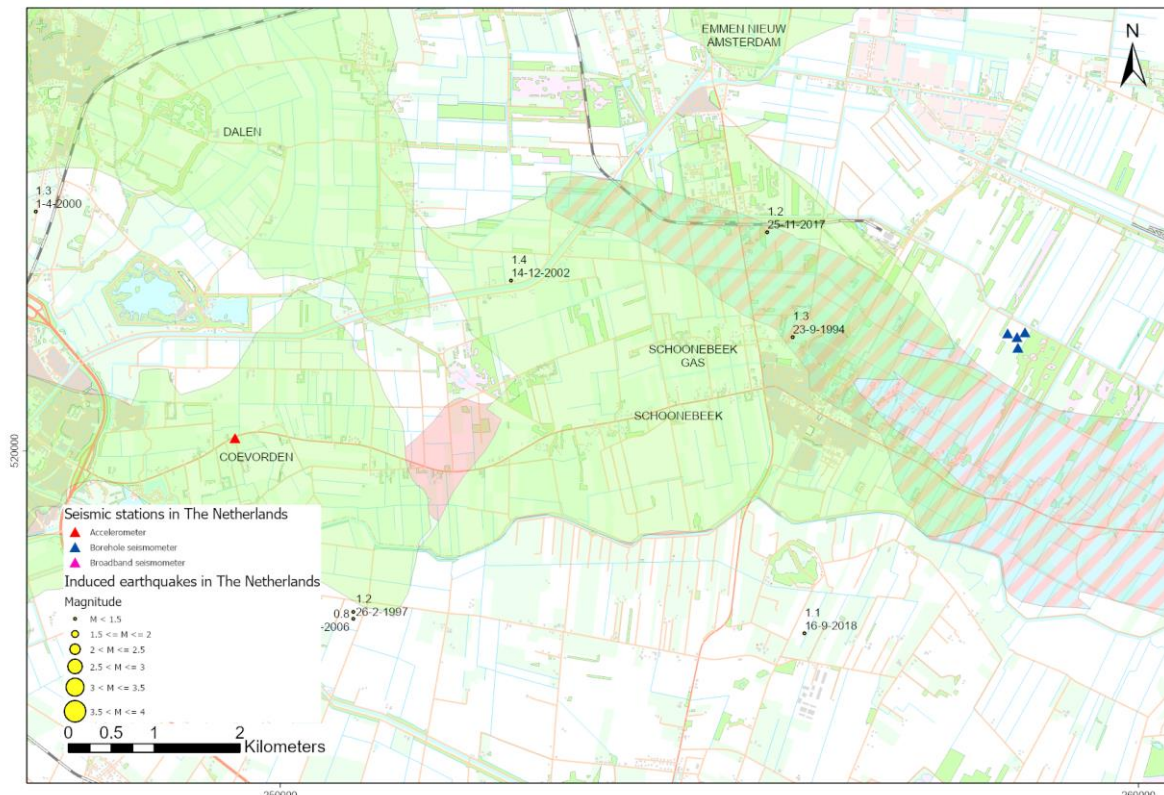
De seismische risicoanalyse laat zien dat het Schoonebeek gas voorkomen in **categorie I** valt. Dit is de laagste risicocategorie. Hieronder wordt uiteengezet hoe deze categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

8.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand

Als gevolg van de drukdaling in het gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Wanneer deze beweging schoksgewijs plaatsvindt kan dit gevoeld worden als een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir. De seismische dreiging door waterinjectie wordt voornamelijk veroorzaakt door de afkoeling van het gesteente door het koudere productiewater (voor een verdere beschrijving van deze dreiging: zie bijlage E).

8.2 Historische bevingen in het Schoonebeek gasveld

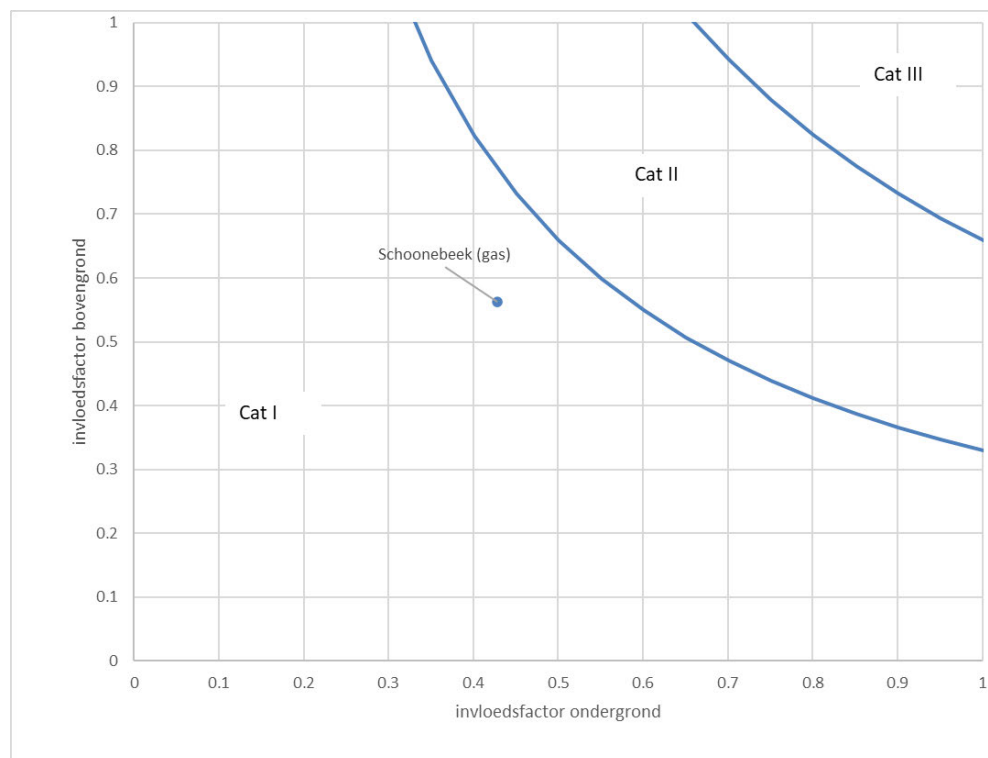
Boven het voorkomen Schoonebeek gas zijn drie bevingen geobserveerd. Een vierde beving ten zuiden van het veld is veroorzaakt door gasproductie uit de Duitse gasvelden. De sterkste beving had een magnitude 1,4 en heeft plaatsgevonden bij Dalerveen op 14 december 2002. Figuur 8-1 geeft deze observaties weer op een kaart. Algemeen geldt dat aardbevingen tot een magnitude van $M=1,5$ niet of nauwelijks voelbaar zijn. Ook is het zeer waarschijnlijk dat deze bevingen veroorzaakt zijn door de gaswinning.



Figuur 8-1: Kaart van de historische bevingen boven het Schoonebeek gasveld. De getallen naast de markers geven magnitude en datum (in het formaat dd-mm-jjjj). Tevens zijn in dit figuur de locaties van de seismische stations weergegeven.

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁸. In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario. Figuur 8-2 toont de positie van het Schoonebeek gasveld in de risicomatrix. Dit laat zien dat het Schoonebeek gasveld behoort tot de laagste risicocategorie; categorie 1. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.



Figuur 8-2: Positie van het Schoonebeek gasveld in de risicomatrix. Schoonebeek gas valt volgens de risicomatrix in risicocategorie I.

8.4 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Schoonebeek gasveld

De praktijkervaring met olie- en gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van olie- en gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Hierbij speelt zowel kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol.

Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van

⁸ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016 ([link](#))

het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid.

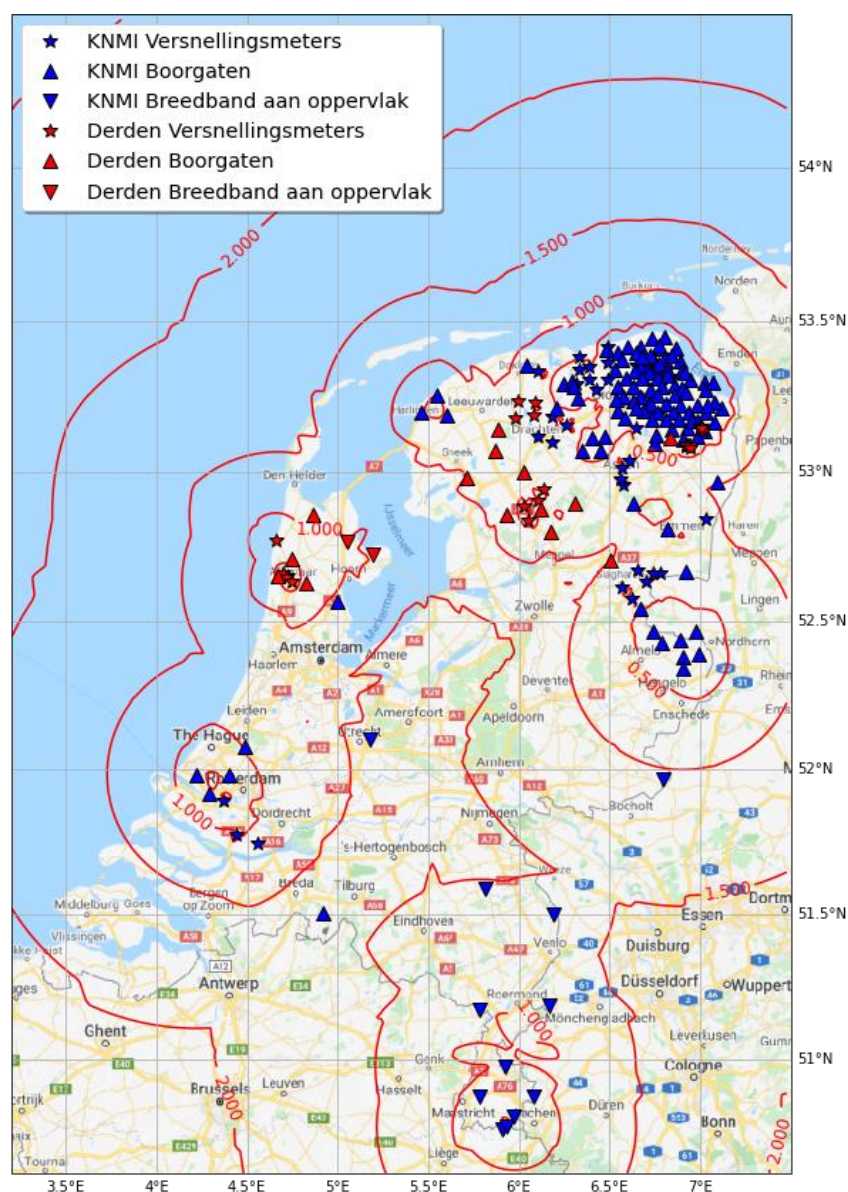
8.5 Mogelijke cumulatieve effecten van waterinjectie

In het Schoonebeek gasveld vindt sinds 2010 waterinjectie plaats. Het injectiewater komt vrij bij de verwerking van gas uit Schoonebeek en de omliggende gasvelden. De Schoonebeek-580 put heeft 0,36 miljoen m³ water tot einde 2014 geïnjecteerd en Schoonebeek-597 heeft van 2012 tot en met 2022 0,35 miljoen m³ geïnjecteerd. Schoonebeek-597 heeft een vergund totaal injectievolume van 2,8 miljoen m³. Zoals aangegeven is de NAM daarnaast voornemens om ook injectiewater afkomstig van de oliewinning te injecteren in het Schoonebeek gasveld. De mogelijke seismische risico's van waterinjectie worden gereguleerd in de WABO-vergunning en zijn uitvoerig beschreven en onderbouwd in de stukken behorende bij de reeds aangevraagde omgevingsvergunning van SCH-447. Deze stukken zullen ook onderdeel uitmaken van eventuele extra aanvragen van nieuwe injectieputten op andere locaties. Ten behoeve van een volledige beschrijving van de cumulatieve effecten door gaswinning en waterinjectie worden de risico's beschreven in Bijlage E. Het water dat geïnjecteerd wordt is kouder dan het reservoir, wat voor afkoeling van het reservoir zorgt. Deze afkoeling zorgt voor spanningsveranderingen in het reservoir boven op de spanningsveranderingen door gaswinning. Een ander mechanisme voor spanningsveranderingen is de drukverhoging door injectie. Deze spanningsveranderingen kunnen leiden tot aardbevingen. Bijlage E beschrijft de mogelijke seismische dreiging ten gevolge van de bestaande en toekomstige waterinjectie. Uit de analyse blijkt dat de dreiging beperkt is. De kans op aardbevingen is, op basis van de waarnemingen tot nu toe, kleiner dan bij de gaswinning. Ook is de berekende maximale magnitude lager dan bij de gaswinning omdat het gesteentevolume, dat temperatuur- en drukverandering ondergaat, ook na maximale injectie beperkt van omvang is.

8.6 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een onlineverbinding in contact met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* worden aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden.

De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor het Schoonebeek gasveld ligt de locatiedrempel tussen magnitude 0,5 en 1,0 (Figuur 8-3).



Figuur 8-3: Overzicht van de locatiedrempel in Nederland (status mei 2021)⁹. De driehoeken geven de locaties aan van de boorgatstations en de sterren van de versnellingsmeters. De omgekeerde driehoeken tonen de breedbandstations.

8.7 Afhandeling van schade

Particulieren en micro-ondernemers die denken dat zij schade hebben door mijnbouw kunnen zich bij de Commissie Mijnbouwschade melden. De Commissie Mijnbouwschade helpt de juiste route te volgen bij het melden van deze schades. De Commissie Mijnbouwschade is benoemd door de minister van Economische Zaken en Klimaat, en werkt volgens het instellingsbesluit en het schadeprotocol. Hierin staat dat de commissieleden volledig onafhankelijk zijn en beoordelen op basis van hun deskundigheid.

De website van de Commissie Mijnbouwschade (www.commissiemijnbouwschade.nl) geeft verdere informatie. Het uitgangspunt van de Commissie Mijnbouwschade bij het behandelen van een schademelding is dat dit laagdrempelig, transparant en snel is. Om de schadeafhandeling eenvoudig te

⁹ KNMI - Seismische meetstations

maken, nemen ze in de praktijk de bewijslast van de schademelder over. De Commissie Mijnbouwschade doet onderzoek en geeft onafhankelijk en deskundig advies. De mijnbouwonderneming zal dit advies volgen en de toegekende schade door mijnbouwactiviteiten vergoeden.

Onveranderd seismisch risico ten opzichte van het vigerende winningsplan

De inschatting van het seismische risico is niet veranderd ten opzichte van het vigerend winningsplan. In het vigerend winningsplan behoort het Schoonebeek gasveld tot de zogenaamde B-categorie, gebaseerd op de categorisering die werd gebruikt tot 2016. De B-categorie betrof voorkomens waar aardbevingen met magnitudes kleiner dan 3,0 zijn opgetreden. Dit is nog steeds het geval.

De nieuwe inschatting van de maximale magnitude is iets hoger, van $M=3,8$ in het vigerende plan naar $M=3,9$ volgens dit winningsplan.

8.8 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden is te vinden op de NAM-website¹⁰ en is van toepassing op het Schoonebeek gasveld. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen indien bevingen worden geobserveerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van een "verkeerslichtsysteem". De meest concrete actie die genoemd wordt is dat het veld wordt ingesloten op het moment er een beving plaatsvindt met een magnitude die groter is dan $M=3$.

¹⁰ <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>

9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN

Voor natuur geldt een zorgplicht vanuit de Wet natuurbescherming. Beschermde en aangewezen natuurwaarden mogen niet nadelig worden beïnvloed. Indien niet op voorhand uitgesloten kan worden dat de activiteiten die gereguleerd worden in het winningsplan een significante impact hebben voor een Natura-2000 gebied, dan dienen deze “Passend Beoordeeld” te worden en dient er een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming te worden aangevraagd.

De Wet natuurbescherming regelt in Nederland de bescherming van aangewezen natuurgebieden. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van het Schoonebeek gasveld (zie Figuur 9-1). Toegelicht zal worden hoe mijnbouwactiviteiten kunnen doorwerken op beschermde natuurwaarden.

Directe effecten van bodemdaling op de Natura-2000 doelstellingen is niet aan de orde omdat de activiteit plaatsvindt in de ondergrond. Wel kan de gaswinning en bijkomende bodemdaling indirecte gevolgen hebben voor beschermde natuurwaarden doordat eventuele bodemdaling de waterhuishouding aan het aardoppervlak kan beïnvloeden. Daarom zal voor bodembeweging beoordeeld worden in hoeverre nadelige effecten op voorhand kunnen worden uitgesloten.

Overige mogelijke effecten op de beschermde natuurwaarden als gevolg van de in dit winningsplan voorgenomen bovengrondse activiteiten, zijn beschouwd in het Wabo-vergunningentraject en worden in dit hoofdstuk buiten beschouwing gelaten. De formele beoordeling van deze effecten in het kader van de Wet Natuurbescherming vindt plaats voorafgaand aan de uitvoering van deze activiteiten.

Reikwijdte van de effectbeoordeling

In de effectbeoordeling wordt gekeken naar de effecten van de gaswinning uit het Schoonebeek gasveld als gevolg van de verwachte bodemdaling. Eerst wordt een beoordeling gegeven van de op zichzelf staande bodemdaling als gevolg van het Schoonebeek gasveld. Daarna volgt nog een beoordeling van de mogelijke cumulatieve gevolgen in samenhang met overige aanwezige gas- en olievelden. Ook wordt gekeken naar eventuele negatieve effecten vanwege bodemtrillingen.

Wijziging winningsplan en voorgenomen activiteiten

In hoofdstuk 7 is aangegeven dat verreweg het merendeel van de toekomstige daling in dit gebied wordt veroorzaakt door de gaswinning uit het Schoonebeek gasveld. Volgens het model dat aan de metingen gekalibreerd is, is de bodemdaling in 2019 minder dan 12 cm. Dit is inclusief de bijdragen van de overige winningen in dit gebied. De wijziging van dit voorliggende winningsplan betreft het aanpassen van de verwachte einddatum van de gasproductie uit het Schoonebeek gasveld. Het langer voortzetten van de bestaande productie (zonder uitbreiding van waterinjectie in het gasveld) zal volgens het gekalibreerde model leiden tot een zeer beperkte nog te verwachten bodemdaling die minder dan 4 cm is.

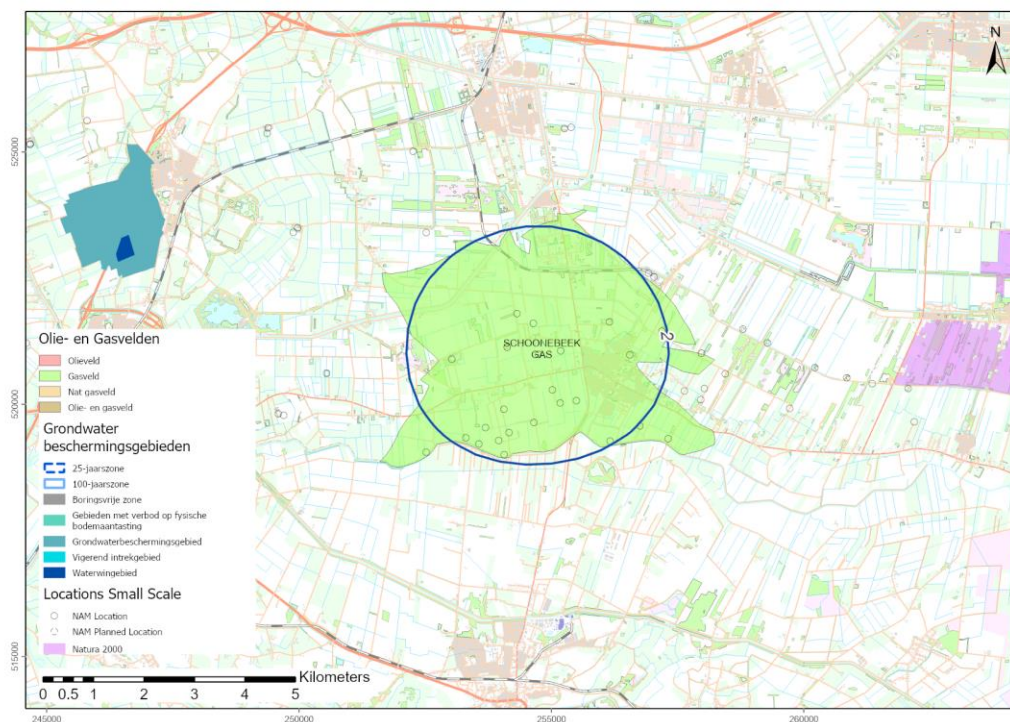
Beschrijving relevante natuurgebieden in relatie tot bodemdaling

Het dichtst bijgelegen beschermde natuurgebied betreft het Natura-2000 gebied Bargerveen. Het Bargerveen is het grootste van de hoogveenrestanten van ons land. Er komen verlande meerstallen en hoogveenherstelvlakten voor. Waar het veen tot dicht aan de minerale ondergrond is verwijderd zijn na vernatting grote plassen ontstaan. Een groot deel van het Bargerveen is omgevormd tot een water-, insecten- en vogelrijk landschap. Voor het herstel van hoogveen is gebruik gemaakt van compartimentering met veendammen. Vrij grote gebiedsdelen zijn door langdurig gebruik met lichte drainage omgevormd tot schraal grasland. Mede door de grote variatie aan biotopen en de gradiënt naar de Hondsrug herbergt het

Bargerveen een aantal zeer zeldzame planten en dieren. Het betreft een bijzonder belangrijk broedgebied voor vogels van gevarieerd halfopen veenlandschap met kleinschalige waterpartijen, zoals geoorde fuut, porseleinhoen, nachtzwaluw, blauwborst, paapje, roodborsttapuit en grauwe klauwier. Meer dan de helft van de Nederlandse grauwe klauwieren broedt jaarlijks in het Bargerveen en het is één van de weinige gebieden buiten de Waddeneilanden waar blauwe kiekendief en velduil af en toe broeden (bron: www.natura2000.nl).

Effectbeoordeling vanwege bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling (in cm) veroorzaakt door alleen de gaswinning (hoog bodemdalingsscenario) uit het Schoonebeek gasveld tussen 2023 en 2100 bedraagt minder dan 4 cm (Figuur 9-1).

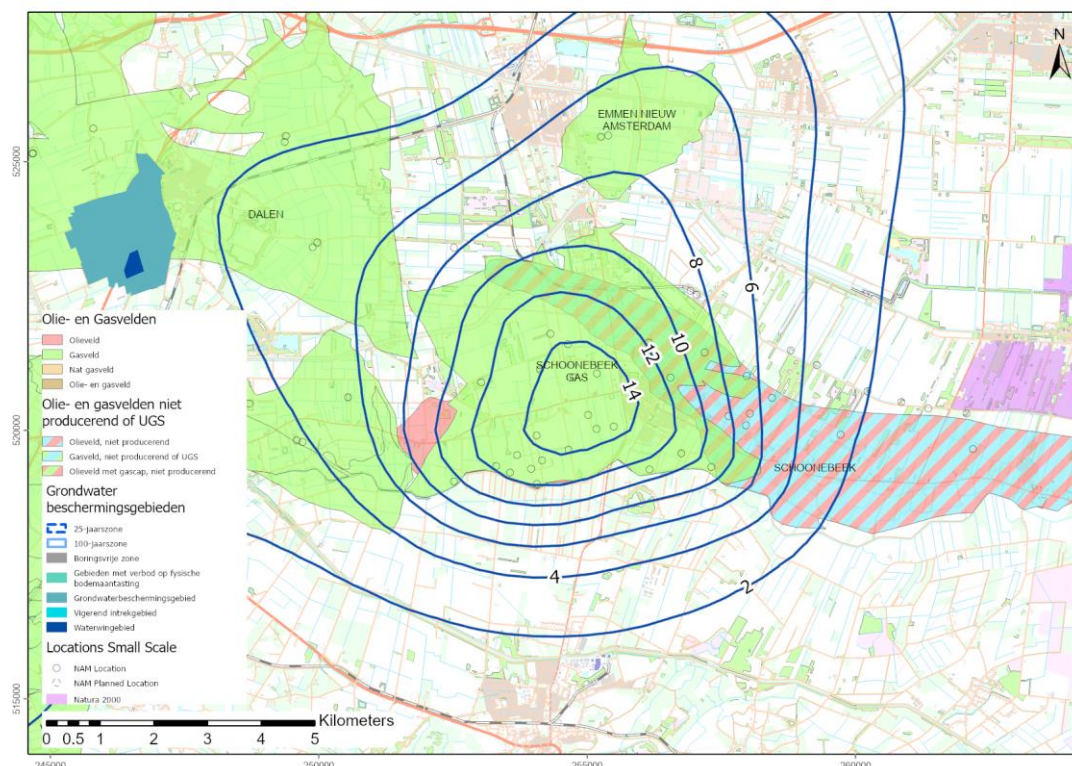


Figuur 9-1: nog te verwachten bodemdaling (in cm) veroorzaakt door de gaswinning (hoog bodemdalingsscenario) van het Schoonebeek gasveld tussen 2023 en 2100.

De totale (cumulatieve) verwachte bodemdaling (in cm) in 2100 ten gevolge van gas- en oliewinning uit alle velden inclusief de bodemdaling door het Schoonebeek gasveld (zie Figuur 9-2), laat zien dat ter plekke van het Natura-2000 Bargerveen gebied, in totaal minder dan 2 cm bodemdaling zal optreden. Voor het grondwaterbeschermingsgebied is dit minder dan 4 cm bodemdaling.

Doordat de bodemdaling zo minimaal is in deze gebieden, zal een relatieve verhoging van het grondwaterpeil als gevolg van bodemdaling ook minimaal zijn. Dit zal naar verwachting geen negatief effect hebben op natuurwaarden. Bij een daling van minder dan 4 cm (op land) in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil).

Negatieve effecten op de instandhoudingsdoelen zijn vanwege deze minimale bodemdaling op voorhand uit te sluiten.



Figuur 9-2: Bodemdalingsprognose (2100) voor de cumulatieve totale bodemdaling, ruim na afloop van zowel de gas- als oliewinningen in deze regio. De invloed van mogelijke waterinjectie van het productiewater afkomstig van de oliewinning is hier *niet* meegenomen. In Figuur 7-9 is de contour opgenomen waarin de invloed van mogelijke waterinjectie van dit productiewater *wel* is meegenomen. Het dempend effect van waterinjectie op de totale cumulatieve bodemdaling bedraagt ongeveer 2 cm.

Effectbeoordeling vanwege bodemtrilling

De Seismische Risico Analyse (SRA) toont dat het Schoonebeek gasveld in Categorie 1 valt (dit is laagste risicocategorie). Negatieve effecten van trillingen op natuurwaarden of andere beschermde waarden zijn op voorhand uit te sluiten.

10 VERKLARENDE WOORDENLIJST

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uni-axiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente wanneer door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIIP	Volume gas initieel aanwezig in het voorkomen (in Nm ³)
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GWC	Gas-water contact diepte (verticaal in meter onder NAP)
FWL	Diepte waarop water de dominante vloeistof is (verticaal in meter onder NAP)
Kern	Gesteente uit de ondergrond verkregen bij het boren van een put
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
m RT	Diepte gemeten in m langs het boortraject, vanaf de boortafel (RT)
Mb	Mijnbouwbesluit
MER	Milieu-Effect-Rapportage
Mw	Mijnbouwwet
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Nm ³	Gasvolume in kubieke meter bij 0 °C en 1.01325 bara
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
sm ³	Olievolume in kubieke meter bij 15 °C en 1,01325 bara
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

11 BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor de voorkomens in dit winningsplan is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. Het compactiemodel dat in dit winningsplan wordt gebruikt is het *Rate Type Compaction Model* (RTCiM), waarbij de i staat voor isotachen, van TNO¹¹. Dit model is geïntroduceerd in de long term subsidence studie voor het Ameland veld, welke is goedgekeurd door SodM. Tevens wordt dit model ook door NAM toegepast in het Statusrapport 2020¹² voor alle gasvelden in Noord-Nederland.

Boven het Ameland veld, maar ook boven andere velden wordt waargenomen dat de bodemdaling langzaam begint maar ook na-ijlt wanneer de productie stopt. Dit tijdseffect kan goed met het RTCiM model beschreven worden. Hieronder wordt meer uitleg wordt gegeven over de drie belangrijkste parameters van dit model. In het begin van de winning, wanneer de compactie achterblijft bij de drukdaling en de bodemdaling langzaam verloopt, wordt de compactie beschreven door de lage C_m factor (C_{md}). Na verloop van tijd, waarbij die tijd bepaald wordt door de B parameter verloopt de daling sneller en volgt de hogere C_m factor (C_{mref}). Deze overgang gaat echter geleidelijk. Na het einde van de productie kan de bodemdaling nog jaren doorgaan, wederom afhankelijk van diezelfde b factor.

De waarden die gebruikt zijn in de bepaling van de toekomstige bodemdaling en de onder- en bovengrens van deze daling worden in Tabel 11-1, Tabel 11-2 en Tabel 11-3 weergegeven. De bijbehorende drukprofielen zijn getoond in Bijlage D. De drukdalingsscenario's worden bepaald door of en waar de drukstijging door injectie zal plaatsvinden. Het veld wordt doorsneden door een grote west-oost breuk die mogelijk de drukcommunicatie beperkt tussen het noordelijke en zuidelijk reservoirblok (zie Bijlage C). In Tabel 11-1 staan daarom drukwaarden vermeld voor zowel het noordelijke als het zuidelijke blok. In het lage- en middendruk scenario staan negatieve waarden. Deze waarden geven een drukstijging aan. Bij een drukstijging zal de compactie en daarmee de bodemdaling verminderen of zelfs gedeeltelijk terugkomen. In het hoge drukdalingsscenario wordt geen waterinjectie verwacht waardoor de toekomstige bodemdaling groter wordt (< 4 cm).

De op deze manier berekende bodemdalingsonzekerheid is getabuleerd in onderstaande tabel. De onzekerheid in de compressibiliteit is met het RTCiM model berekend door C_{mref} en C_{md} met 25% te verhogen. De B factor is in deze berekening niet veranderd omdat de B factor alleen het tijdseffect verandert. Hieruit volgt dat de bovengrens voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van de gaswinning en de waterinjectie kleiner is dan 4 cm ("hoog bodemdaling scenario").

¹¹ Pruiksma, J.P. & Breunese, J.N. & Thienen-Visser, Karin & De Waal, Hans. (2015). Isotach formulation of the rate type compaction model for sandstone. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 78. 127-132. 10.1016/j.ijrmms.2015.06.002.

¹² NAM (2020) Bodemdaling door Aardgaswinning, NAM-gasvelden in Groningen, Friesland en het noorden van Drenthe. EP202011201629. ([link](#))

Tabel 11-1: Onzekerheid van de bodemdalingsprognose in het diepste punt voor de verschillende productiescenario's.

	Nog te verwachten drukdaling[BAR]			Onzekerheid compressibiliteit			Onzekerheid toekomstige bodemdaling			
	Laag bodemdaling scenario (Laag gas productie en Hoog Injectie scenario) [bar]	Midden bodemdaling scenario (Midden gas productie en Midden Injectie scenario) [bar]	Hoog bodemdaling scenario (Hoog gas productie en geen olie water injectie) [bar]	C_{mref} (10^{-5} bar^{-1})	C_{md} (10^{-5} bar^{-1})	B [-]	Onzekerheid compressibiliteit	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm) (Laag bodemdaling scenario/Hoog injectie scenario****)	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm) (Midden bodemdaling scenario/Midden injectie scenario****)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm) (Hoog bodemdaling scenario/Hoog productie scenario****)
zuid blok**	-242*	5	8	1,27	0,07	0,046	25%	≤2	≤2	≤4
noord blok	-242	-242								

* Een negatieve druksdaling betekend een drukstijging in dit blok vanaf 2023

** Zie Figuur 13-1

*** Scenario definitie zoals in Tabel 14-2

Tabel 11-2: Overzicht van invoerparameters gebruikt voor bodemdalingsprognoses (Laag/Midden/Hoog).

Voorkomen							
	Diepte veld [m]	Gemiddelde depletterende dikte [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Eind druk [bar]	Rigid basement [m]	Poissons ratio [-]
Noord blok	3000	150	358	77	Zie Bijlage D	5000	0,2 ¹³
Zuid blok	3000	150	358	77	Zie Bijlage D	5000	0,2

Tabel 11-3: Algemene RTCiM parameters

Parameter	Waarde
Reference Stress Rate	$3,16 \cdot 10^{-4} \text{ bar/jaar}$
Dichtheid gesteente bovenliggende lagen	2200 kg/m^3
Effectieve Reference Stress* op 3000 m	289 bar

* Effectieve Reference Stress [bar] = Dichtheid [kg/m^3] $\times$ 9,81 [m/s^2] $\times$ Diepte veld [m] / 100000 – Initiële druk [bar]

¹³ Gemiddelde waarde op basis van literatuur: Gercek (2007) Poisson's ratio values for rocks. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 44 (2007) 1–13.

12 BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO VOOR GASWINNING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt door NAM uit ongeveer 80 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven vijf velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁴. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- de kans op een beving ($M \geq 1$) door gaswinning;
- de theoretische 'maximale bevingsmagnitude' (M_{max}) als er een beving zou plaatsvinden.

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario.

Theoretisch kader seismische risicoanalyse volgens de leidraad

1. Stap 1:

In de eerste stap worden alle voorkomens bekeken. De voorkomens die direct in risicocategorie I (zeer laag seismisch risico) vallen zijn:

- o voorkomens die niet meer produceren;
- o én voorkomens die niet seismisch actief zijn geweest en waarvoor de kans verwaarloosbaar is dat ze in de toekomst seismisch actief kunnen worden of waarvoor M_{max} laag uitvalt ($M_{max} < 2,5$);

Voorkomens die niet aan deze criteria voldoen schuiven door naar stap 2.

2. Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die:

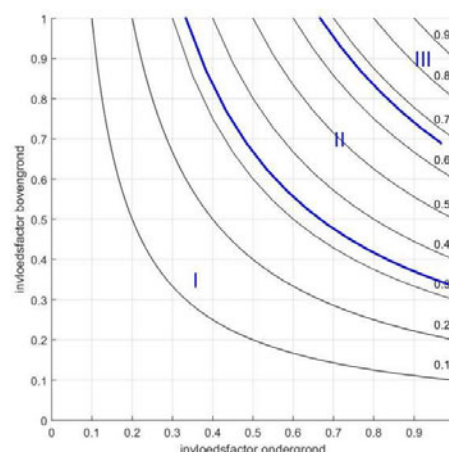
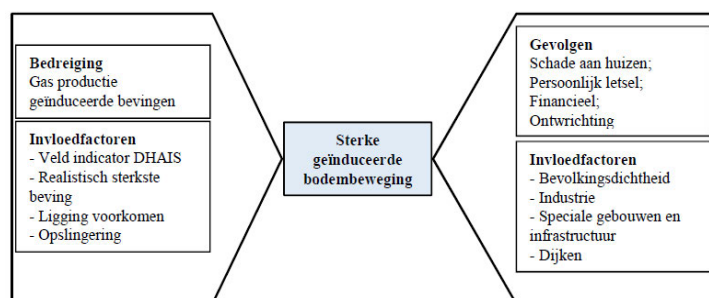
- o seismisch actief zijn geweest;
- o óf een niet-verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor M_{max} $\geq 2,5$ is.

3. Stap 3:

In deze stap worden alleen de voorkomens die in Categorie III vallen verder bestudeerd. Voor deze voorkomens dient een Kwantitatieve Risico Analyse uitgevoerd te worden. Van alle in Nederland bekende voorkomens valt alleen het Groningen-gasveld in deze categorie.

In stap 2 wordt op basis van een risicomatrix het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 12-1 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke grondbeweging (de 'invloedfactoren ondergrond') en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de 'invloedfactoren bovengrond').

¹⁴ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 12-1: Links: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016). Rechts: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

In de risicomatrix-analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst wordt per factor een score bepaald. De scores van de individuele factoren worden vervolgens opgeteld, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt verkregen. Deze scores worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond c.q. bovengrond en in de risicomatrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (Figuur 12-1, rechts).

De volgende invloedfactoren voor de ondergrond staan beschreven in de leidraad van SodM:

- *Veld indicator (DHAIS)*
Deze methode beschrijft hoe de kans op het mogelijk optreden van een beving in een voorkomen kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken. Deze kans moet gezien worden als een indicatie van de kans op een beving¹⁵ gedurende de productietijd van het veld en die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- *Realistisch sterkste beving (Mmax)*
Voor een theoretische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
 1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving;
 2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waarden voor Mmax dan methode [2]. Dit kan erop wijzen dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een aardbeving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.

- *Ligging van het voorkomen.*
In de SRA-methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam - Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving door gaswinning waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam - Arnhem.

¹⁵ De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisch afneemt met de magnitude.

- *Opslingering*

De ondiepe ondergrond kan een opslinging veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand).

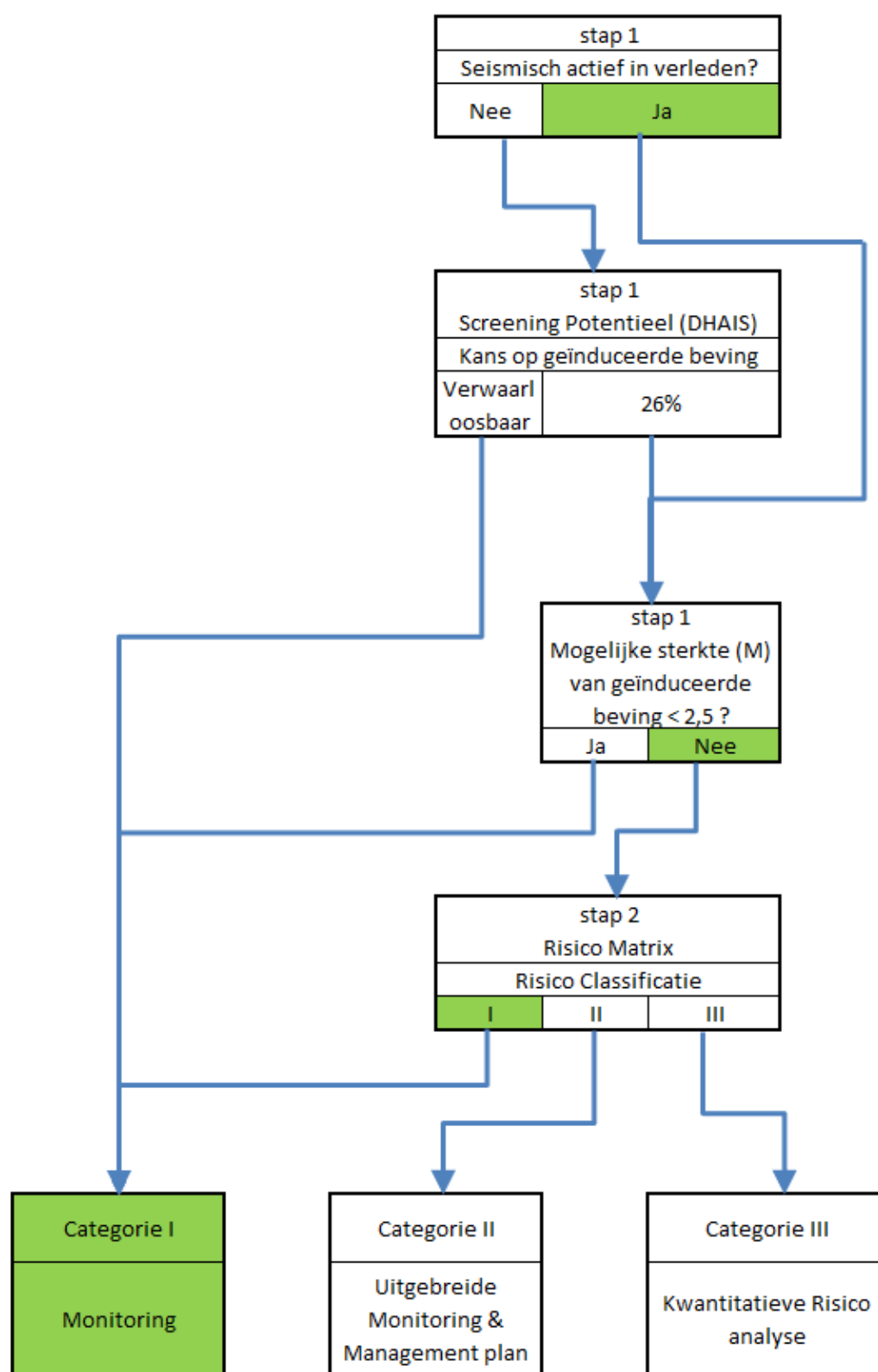
Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.

- voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid wordt de CBS Statline data gebruikt; hierbij krijgt de categorie flats/appartementencomplexen extra aandacht in de uiteindelijke score;
- industriële inrichtingen, speciale gebouwen en vitale infrastructuur en dijken worden in kaart gebracht m.b.v. de risicokaart. (<http://www.risicokaart.nl>)

Als uit het voorgaande blijkt dat voorkomen(s) binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3.

12.1 Seismische Risico Analyse voor het Schoonebeek Gas voorkomen

In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken of het veld al gebeefd heeft of wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van de maximale magnitude. In Figuur 12-2 staan voor de voorkomens van dit winningsplan de uitkomsten in groen voor de verschillende stappen.



Figuur 12-2: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor Schoonebeek gas om de risicocategorie te bepalen.

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens.

Voor het inschatten van het risicopotentieel is uitgegaan van de drukdaling die hoort bij de verwachte eindproductie in het “high-case productiescenario” uit Tabel 12-1.

De kans op beven van een olie- of gas voorkomen

In de studie ‘Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹⁶ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gas voorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2022 is deze studie geactualiseerd met de data tot en met 1 maart 2021¹⁷. Deze actualisatie van de DHAIS studie heeft ook invloed op de score van de kans op beven in de SodM leidraad. TNO heeft hiervoor een advies uitgebracht¹⁸ welke gevolgd is in dit winningsplan.

Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gas voorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/P_{ini}: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (P_{ini}) in het reservoir;
- E: de verhouding tussen de Young’s moduli (stijfheidsmoduli) afsluitende laag (“seal”) en het reservoirgesteente;

$$E = \frac{E_{seal}}{E_{reservoir}}$$

- B: een maat voor de breukdichtheid van het reservoir.

$$B = \frac{\text{breukoppervlakte}^{3/2}}{\text{brutogesteentevolume}} = \frac{l_b^{3/2} \cdot h^{3/2}}{A \cdot h} = \frac{l_b^{3/2} \cdot \sqrt{h}}{A}$$

Waarbij:

l_b = De totale breuklengte van de intra reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen in meters;

h = De maximale dikte van de olie/gaskolom van het voorkomen in meters;

A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de OWC/GWC-dieptecontour (in vierkante meters).

De combinatie van de parameterwaarden geven een kans op beven voor een bepaald voorkomen gedurende de productietijd.

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 20%	B ≥ 0,84 en E ≥ 1,07: Kans op beven
	B < 0,84 en/of E < 1,07: Verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 20%	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS-kans zijn gegeven Tabel 12-1.

¹⁶ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit.

¹⁷ TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021

¹⁸ Advies TNO DHAIS update 2021 en invloed op de leidraad SRA ([link](#))

Tabel 12-1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS-kansen.

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ¹⁹	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens productie-scenario: hoog	Totale breuk-lengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E ²⁰	DHAIS B	DHAIS kans
Schoonebeek gas	150	358	290	33,6	21,3	1,4	< 5 p.j.	1,21	3,54	bevend veld

NB: Deze analyse geeft alleen de kans op enige beving en geen informatie over de vraag hoe groot de frequentie en magnitude van eventuele bevingen zouden kunnen zijn.

Realistisch sterkste beving

Omdat Schoonebeek gas een bevend veld is, wordt ook de waarde voor de (theoretisch) realistisch sterkste beving (Mmax) bepaald om tot een oordeel te komen of een niveau 2 risicoanalyse noodzakelijk is.

In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de "stress drop" en "partitie coëfficiënt" die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veld-specifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 12-2.

Tabel 12-2: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden.

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ²¹	Poisson's ratio	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Schoonebeek gas	5,7	0,2	150	3,5	3,9

Stap 2: Risico matrix

Voor het Schoonebeek gas voorkomen is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken ("Stap 2" van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen.

Figuur 12-3, Figuur 12-4 en Figuur 12-5 tonen de situaties voor respectievelijk 'Bevolkingsdichtheid', 'Industriële inrichtingen', 'Speciale gebouwen en vitale infrastructuur' en 'Dijken'. Voor de bepaling van de bevolkingsdichtheid is zowel de informatie over de dichtheid per gemeente als de dichtheid per buurt gebruikt. De hoogste waarde die volgt uit beide analyses is gebruikt in de SRA-beoordeling.

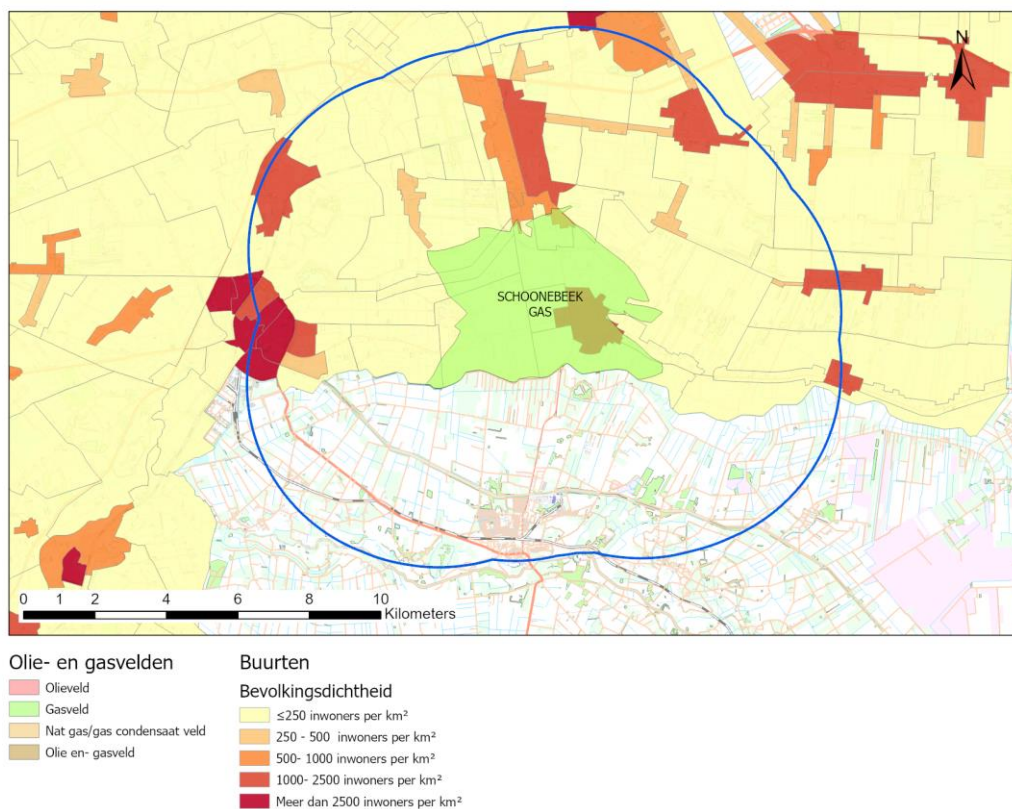
Figuur 12-6 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen.

¹⁹ Voor de DHAIS-berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoirdikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de "B" waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek.

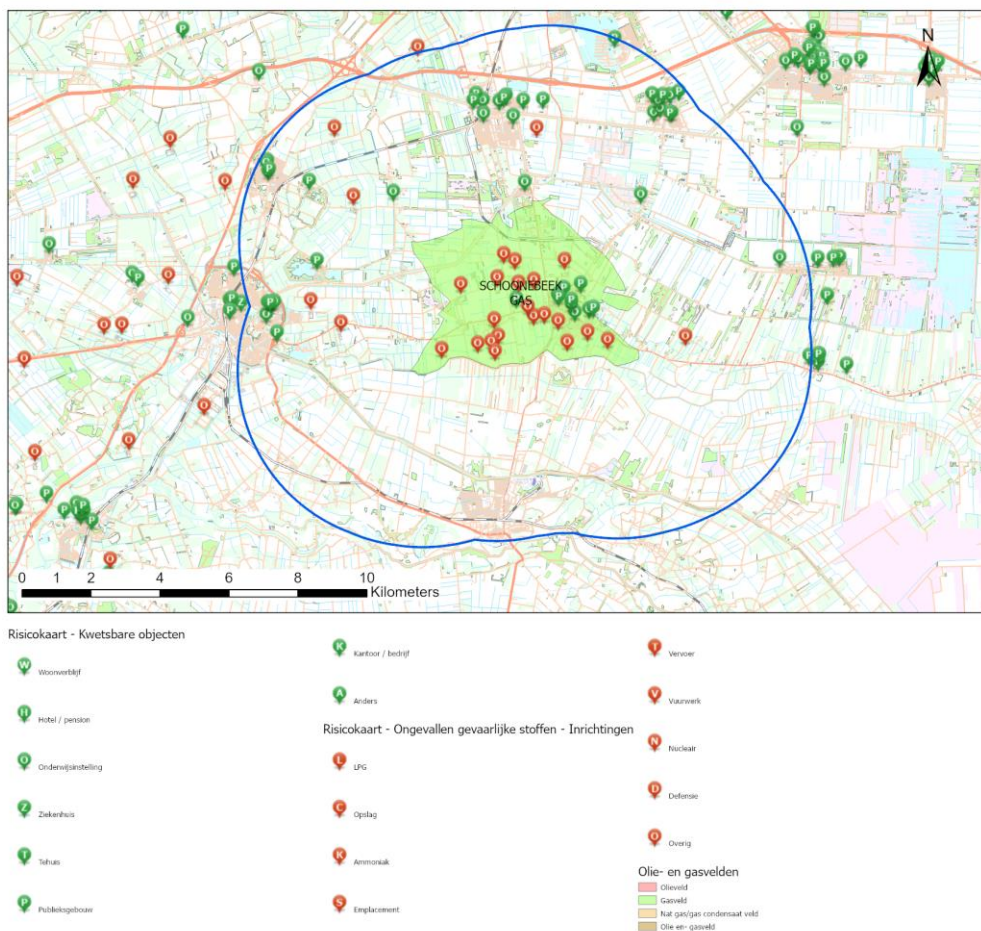
²⁰ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde Seismiciteit, NITG 04-171-C. Voor nieuwe velden wordt de ratio van een analoog veld met dezelfde reservoir seal combinatie gebruikt.

²¹ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl

Voor de bevolkingsdichtheid is gekeken naar de gemiddelde dichtheid per buurt en per gemeente. De leidraad biedt de mogelijkheid om op beide manieren de gemiddelde dichtheid te bepalen binnen de bufferzone rondom het veld. Vanwege het verschil in oppervlakte tussen de wijken en de gemeentes zal het berekende gemiddelde binnen de buffer verschillend zijn. Bij de bepaling voor de score voor de bevolkingsdichtheid wordt uitgegaan van de maximumwaarde van de twee berekeningen. Beide berekeningen laten een waarde zien die kleiner is dan 250 per km².

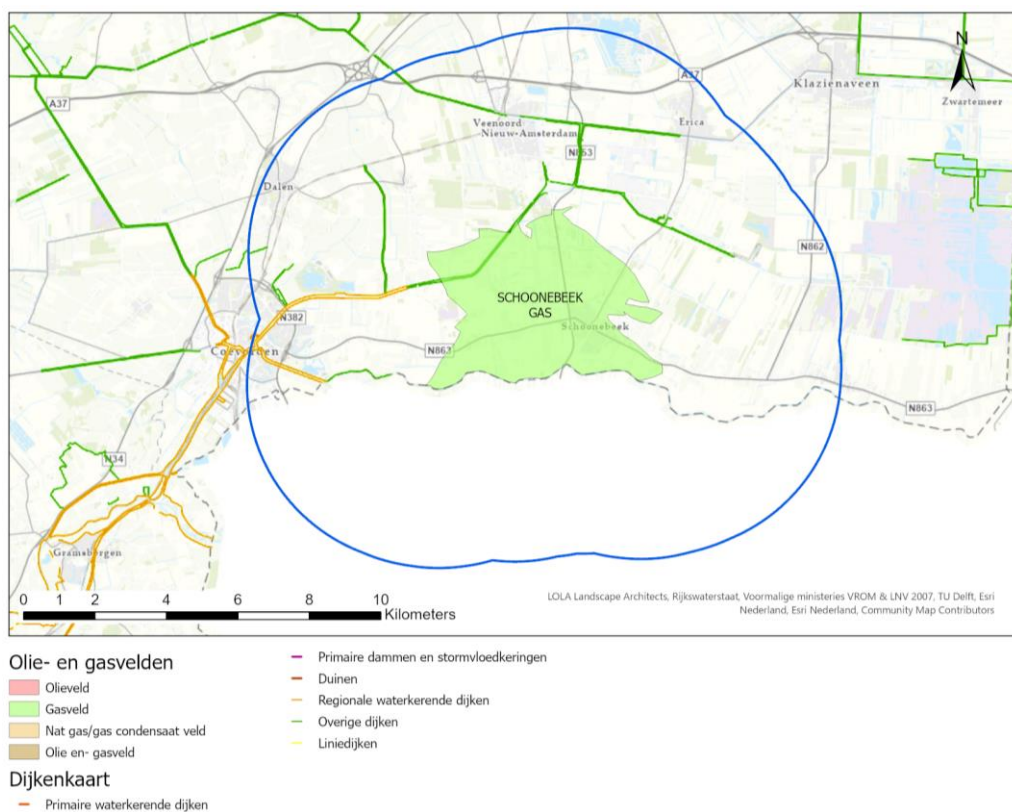


Figuur 12-3: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het voorkomen Schoonebeek. De blauwe contour geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.

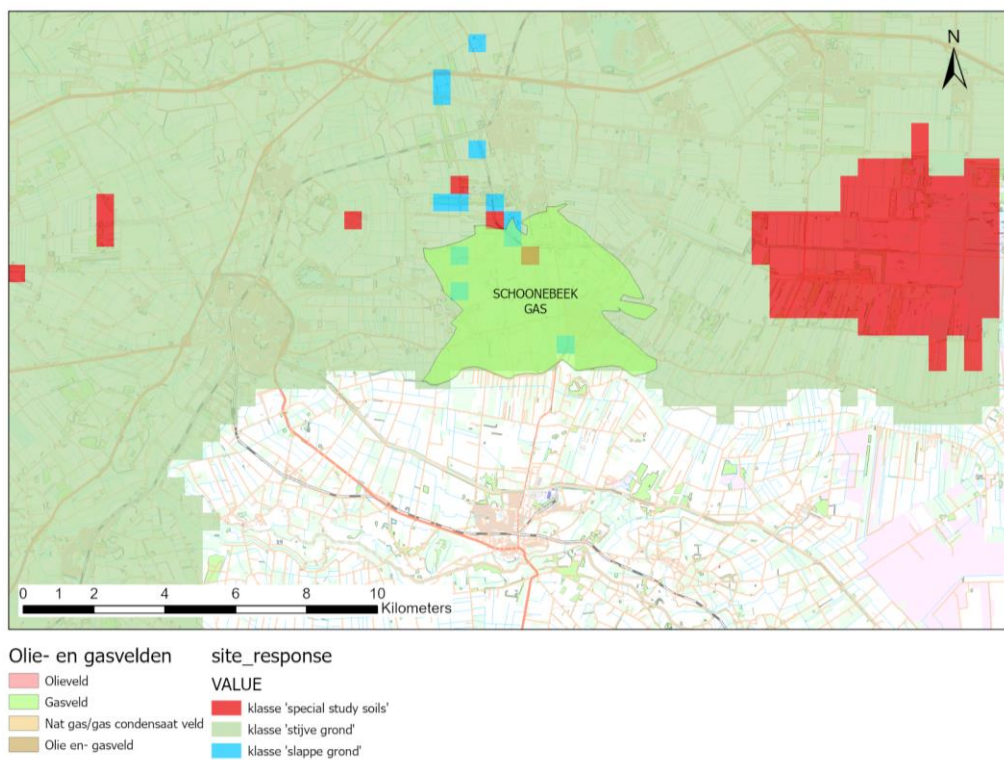


Figuur 12-4: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven het Schoonebeek gas voorkomen. De blauwe contour geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor deze SRA factor.

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn weergegeven in Tabel 12-3 inclusief onderbouwing en uitkomst.



Figuur 12-5: Overzicht van dijken, waarbij de rode lijnen de primaire dijken (niet zichtbaar op deze kaart) aangeven en de oranje lijnen de secundaire dijken. De blauwe contour geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de bepaling van deze SRA-invloedfactor.



Figuur 12-6: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslinging te bepalen.

Tabel 12-3: Kwantitatieve evaluaties en daaruit voortkomende scores (C) voor de invloedfactoren ondergrond (A) en bovengrond (B).

A

Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslingering
5		Alle methodes > 4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van M _z 1,5	1 methode > 4,5 én/of alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van M _z 1,5	1 methode 4,1 – 4,5 én/of alle methodes 3,6 – 4,0		>60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200$ m/s) en/of >30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
2	P=42% of Bevend veld M < 1,5	1 methode 3,6 – 4,0 én/of alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200$ m/s) en/of 15-30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
1	P=19%	1 methode 3,1 – 3,5 én/of alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200$ m/s) en/of 5-15% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
0		1 methode 2,6 – 3,0 én/of alle methodes ≤ 2,5	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond ($V_{s,30} \leq 200$ m/s) en/of < 5% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.

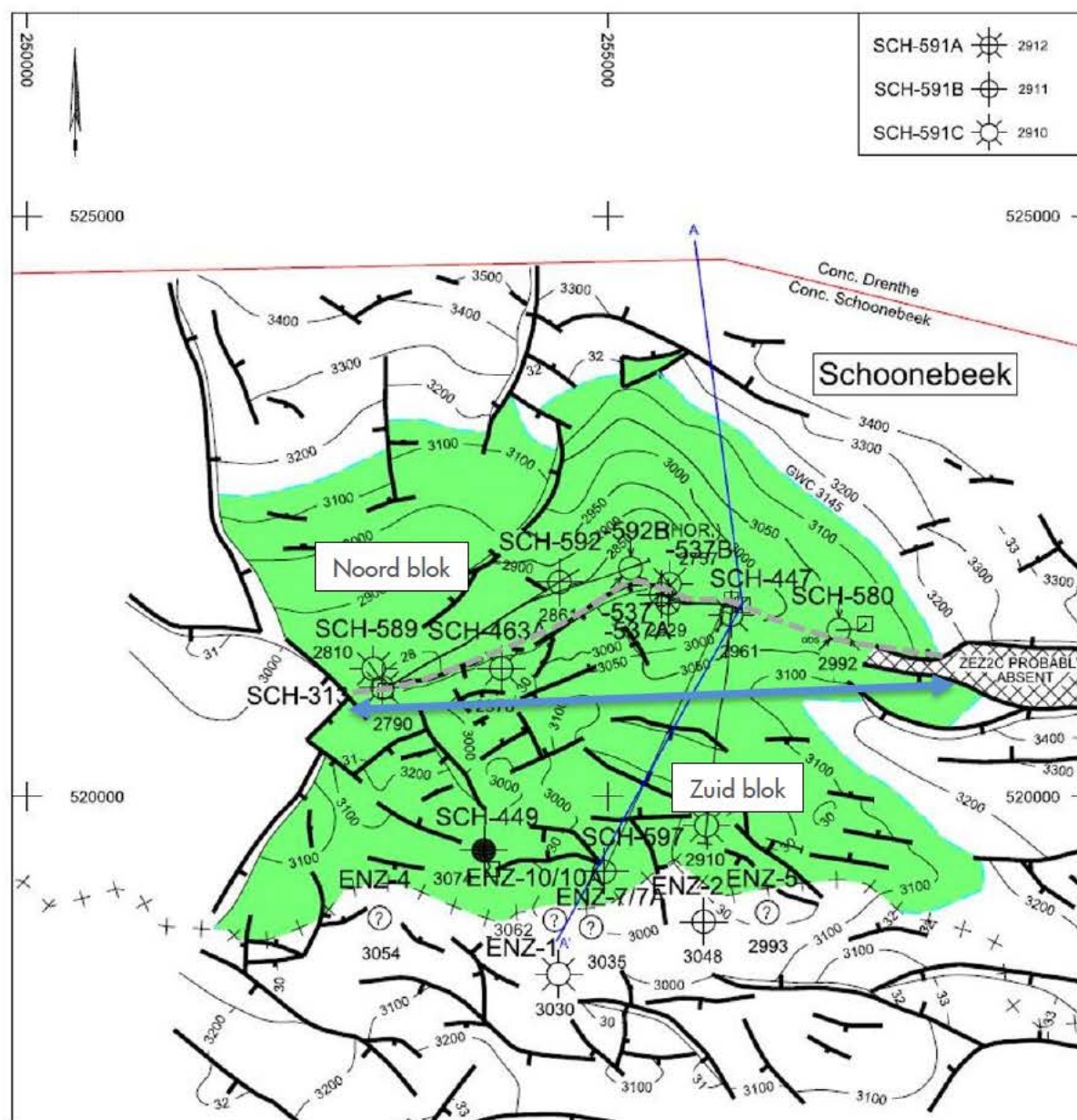
B

Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuisen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
2	500-1000 en/of 250-500 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
1	250-500 en/of <250 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld		1 school, tehuis en/of publieksgebouw binnen 5 km rond het veld.	
0	< 250	Geen binnen 5 km rond het veld	Geen boven en/of binnen 5 km rond het veld	Geen dijken binnen 5 km rond het veld

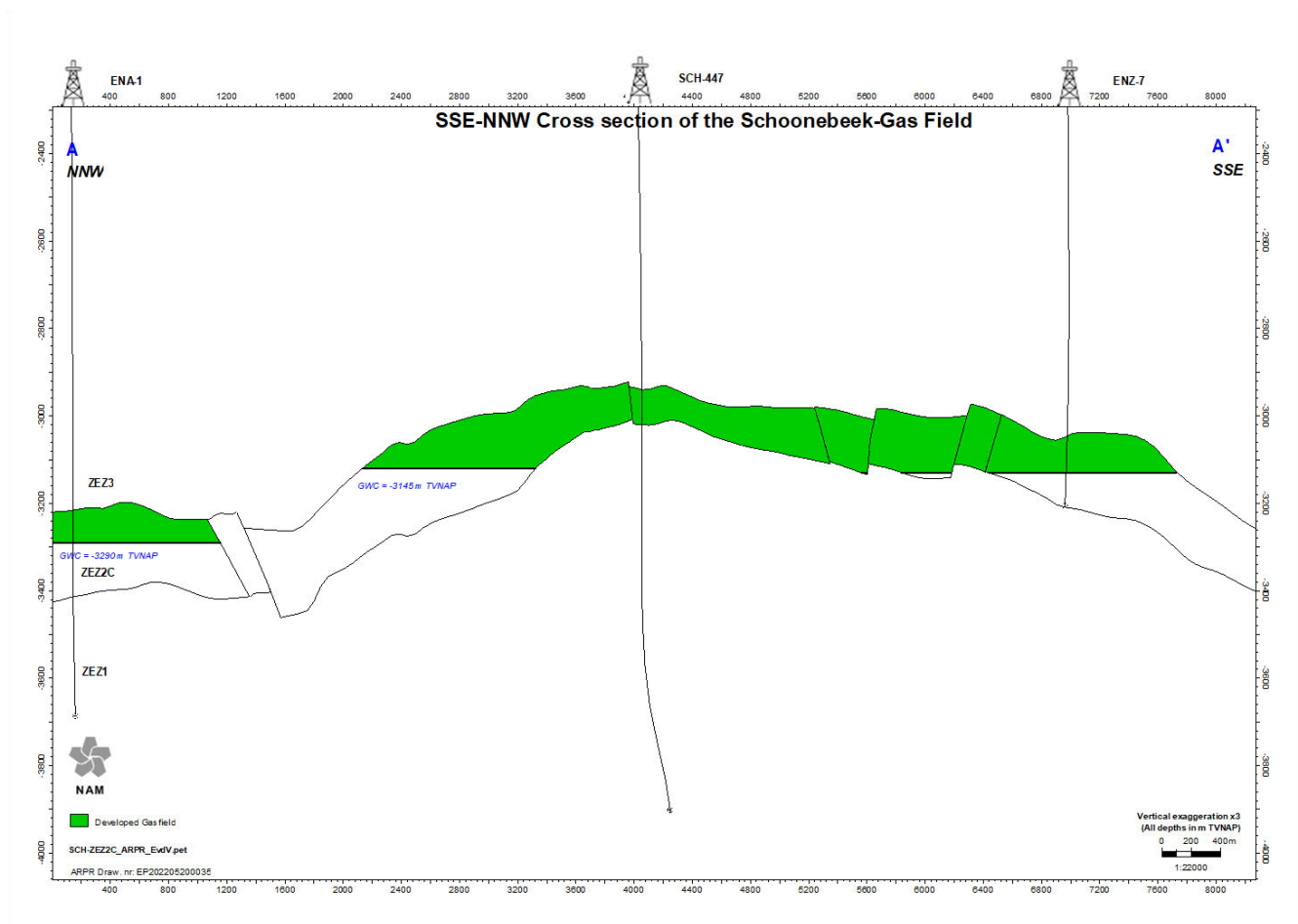
C

	Score invloedfactoren ondergrond					Score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totalscore ondergrond	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totalscore bovengrond	Categorie
Schoonebeek Gas	2	2	2	0	0,43	0	4	3	2	0,56	I

13 BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN HET VOORKOMEN



Figuur 13-1: Kaart van de top van het Schoonebeek gasveld, inclusief de breuken. De grijze gestreepte lijn toont de mogelijke (sub-seismische) extensie van de gekarteerde breuken die van west naar oost door het veld lopen. De lengte van deze gecombineerde breuk is gebruikt voor de bepaling van de maximale magnitudo (de blauwe pijl geeft de langste breuk aan).



Figuur 13-2: Reservoir doorsnede van het Schoonebeek gasveld.

14 BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR VOOR HET HOOG, MIDDEN EN LAAG SCENARIO

Tabel 14-1: Historische drukken (in bar)

<i>jaar</i>	<i>Druk (bar)</i>	<i>jaar</i>	<i>Druk (bar)</i>
1960	358	1999	125
1961	352	2000	120
1962	349	2001	116
1963	346	2002	112
1964	343	2003	108
1965	341	2004	104
1966	341	2005	101
1967	341	2006	99
1968	341	2007	95
1969	333	2008	93
1970	320	2009	90
1971	306	2010	88
1972	294	2011	86
1973	285	2012	84
1974	275	2013	83
1975	266	2014	82
1976	255	2015	81
1977	246	2016	80
1978	237	2017	79
1979	229	2018	79
1980	224	2019	78
1981	216	2020	78
1982	211	2021	77
1983	206	2022	77
1984	202		
1985	199		
1986	198		
1987	196		
1988	195		
1989	189		
1990	185		
1991	181		
1992	176		
1993	170		
1994	160		
1995	152		
1996	144		
1997	137		
1998	131		

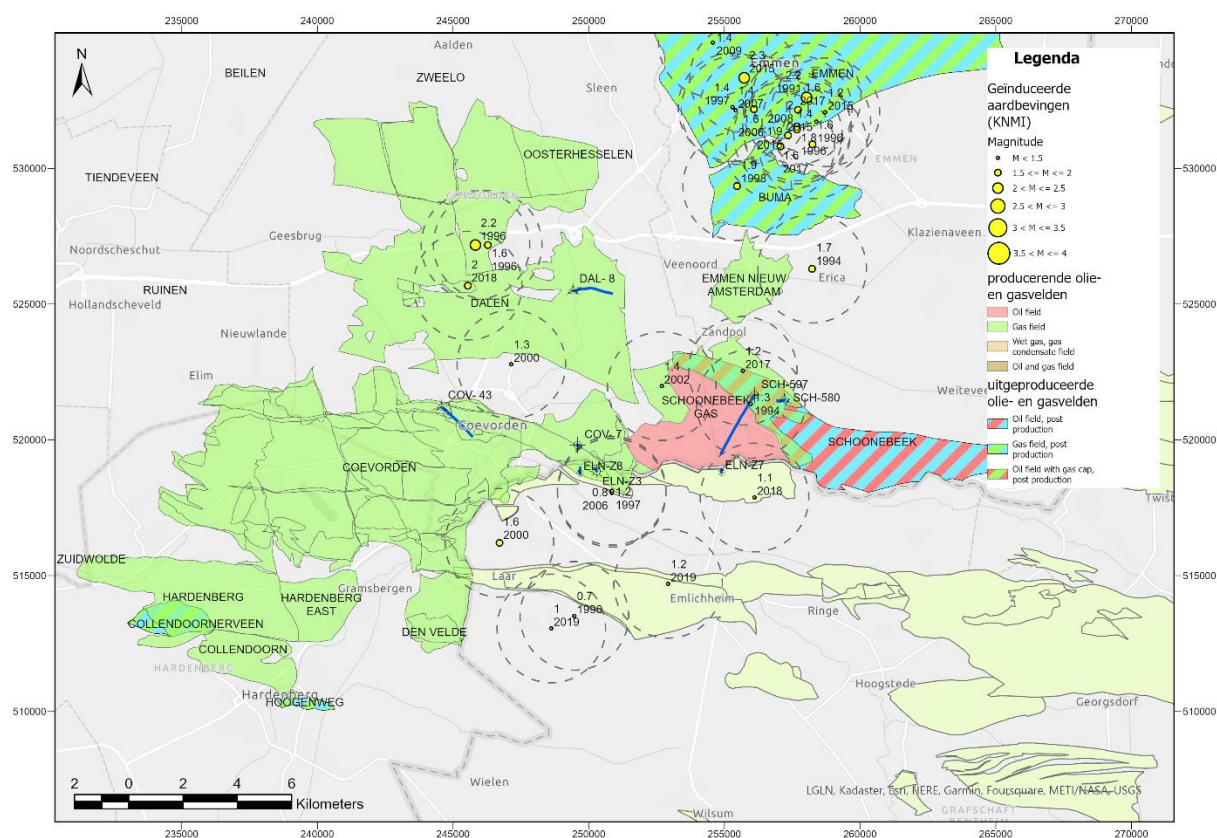
Tabel 14-2: Voorspelde drukken (in bar). Door de lagere mobiliteit van het injectiewater vergeleken met gas is het mogelijk dat er verschillende druk trends ontstaan in het veld (Midden scenario).

<i>Bodemdalings scenario:</i>		<i>Hoog</i>	<i>Midden</i>		<i>Laag</i>
<i>Ontwikkeling:</i>		<i>Alleen gas productie & gas-water injectie</i>	<i>Olie-water injectie</i>		<i>Olie-water injectie</i>
<i>Gasproductieniveau:</i>		<i>Hoog</i>	<i>Midden</i>		<i>Laag</i>
<i>Noord/Zuid drukcommunicatie:</i>		<i>Ja</i>	<i>Nee</i>		<i>Ja</i>
jaar		<i>Noord & Zuid</i>	<i>Noord</i>	<i>Zuid</i>	<i>Noord & Zuid</i>
	2023	76	76	76	76
	2024	74	74	76	76
	2025	73	74	75	75
	2026	72	88	74	89
	2027	71	94	74	97
	2028	71	101	73	105
	2029	70	109	72	116
	2030	69	118	72	129
	2031	68	128	71	144
	2032		140	71	165
	2033		154	71	192
	2034		170	71	229
	2035		190	71	285
	2036		212	71	318
	2037		239	71	318
	2038		271	71	318
	2039		308	71	318
	2040		318	71	318

15 BIJLAGE E: MOGELIJKE BEVINGEN ALS GEVOLG VAN WATERINJECTIE

Deze bijlage geeft een samenvatting van de analyse en resultaten van het seismisch risico door injectie zoals beschreven in het rapport "Seismic Threat Assessment for Schoonebeek-Zechstein Water Injection, EP202304200850". In het Schoonebeek gasveld vindt sinds 2010 waterinjectie plaats. De Schoonebeek-580 put heeft 0,36 miljoen m³ water tot einde 2014 geïnjecteerd en Schoonebeek-597 heeft van 2012 tot nu ongeveer 0,35 miljoen m³ geïnjecteerd. Het injectiewater komt vrij bij de verwerking van gas uit Schoonebeek en de omliggende gasvelden. Het water wat geïnjecteerd wordt is kouder dan het water en gesteente in het reservoir doordat het aan de oppervlakte door het productiesysteem is geweest. Daardoor koelt het gesteente rond de injectieput af. Deze afkoeling zorgt voor spanningsveranderingen in het reservoir. Een ander mechanisme voor spanningsveranderingen is de drukverhoging door injectie. Spanningsveranderingen kunnen leiden tot aardbevingen.

Er is in Zuidoost Drenthe gekeken of er een mogelijke relatie bestaat tussen de locaties van de waterinjecties en de historische bevingen (Figuur 15-1). Er zijn drie bevingen met een magnitude tussen de M1,1 en M1,3 waarvan de onzekerheidskring over een bestaande injectieput heen valt. Hierbij moet worden opgemerkt dat er tegelijkertijd ook gaswinning plaatsvindt wat ook de oorzaak kan zijn van deze bevingen. In Figuur 15-1 zijn ook de Duitse gaswinningen weergegeven, waarbij een aantal bevingen lijken te correleren met de productie uit deze gasvelden.



Figuur 15-1: Geregistreeerde aardbevingen boven de Zechstein velden in zuidoost-Drenthe (status maart 2023). De putmarkeringen vertegenwoordigen de positie van de oppervlaktelocatie van de historische waterinjectieputten. De blauwe lijnen geven de ondergrondse puttrajecten weer. Lichtgroen gevulde polygonen vertegenwoordigen de Duitse velden, zwarte stippelcirkels geven de onzekerheid van de locatie van het epicentrum aan.

De geregistreerde bevingen kunnen worden vergeleken in de tijd met de injectie van water en productie van gas (Tabel 15-1). De M1,3 en M1,4 bevingen kunnen alleen maar veroorzaakt zijn door de gasproductie

Tabel 15-1: overzicht van de gasproductie en waterinjectie in Schoonebeek met op de onderste rij de jaren waar bevingen zijn geregistreerd.

Schoonebeek	
Gas production	
SCH-580 injector	
SCH-597 injector	
Tremors (magnitude)	

Wat is de maximale magnitude die kan worden veroorzaakt door waterinjectie?

Methodologie om het water/druk front te berekenen

Volumetrische warmtecapaciteit van water $4200 \text{ kJ/m}^3/\text{K}$

Volumetrische warmtecapaciteit van gesteente $2000 \text{ kJ/m}^3/\text{K}$

Figuur 15-2 toont de water- en temperatuercirkels na de maximale cumulatieve injectie. De cirkels voor de waterfronten zijn vele malen groter dan de temperatuercirkels en daarmee bepalend voor de maximale magnitude door injectie. De overige parameters en waarden die gebruikt zijn in de berekening voor de verschillende injectieputten zijn weergegeven in Tabel 15-2.

²² TNO (2022) Quantification of induced seismicity potential of geothermal operations Analytical and numerical model approaches

²³ TNO (2016) Begeleidende brief bij de notitie "Waterinjectie in Twentse gasvelden". ([link](#))

aangegeven met rechthoeken voor de injectoren FE1, FE2, FW1 en FW2. Deze rechthoeken representeren ruwweg de onzekerheid van de doorprikpunten.

Tabel 15-2 toont de overige gegevens die gebruikt worden in deze benadering. De cumulatieve waterinjectie is uitgerekend voor de 2 puttenparen E (oost) en W (west). De waterfront cirkels zijn getekend voor deze cumulatieve injectie per paar (Figuur 15-2). De maximale temperatuurcirkel is zowel voor het oostelijk als het westelijk paar twee keer ingetekend om een beter begrip te krijgen van de maximale dreiging. Figuur 15-2 laat zien dat de rode cirkels nauwelijks tot geen overlap hebben met de bestaande breuken waardoor de dreiging van seismiciteit door afkoeling beperkt zal zijn. Dit was de belangrijkste reden voor de keuze van de mogelijke locaties van de doorprikpunten. Meer uitleg hierover is terug te vinden in het rapport "Seismic Threat Assessment for Schoonebeek-Zechstein Water Injection, EP202304200850".

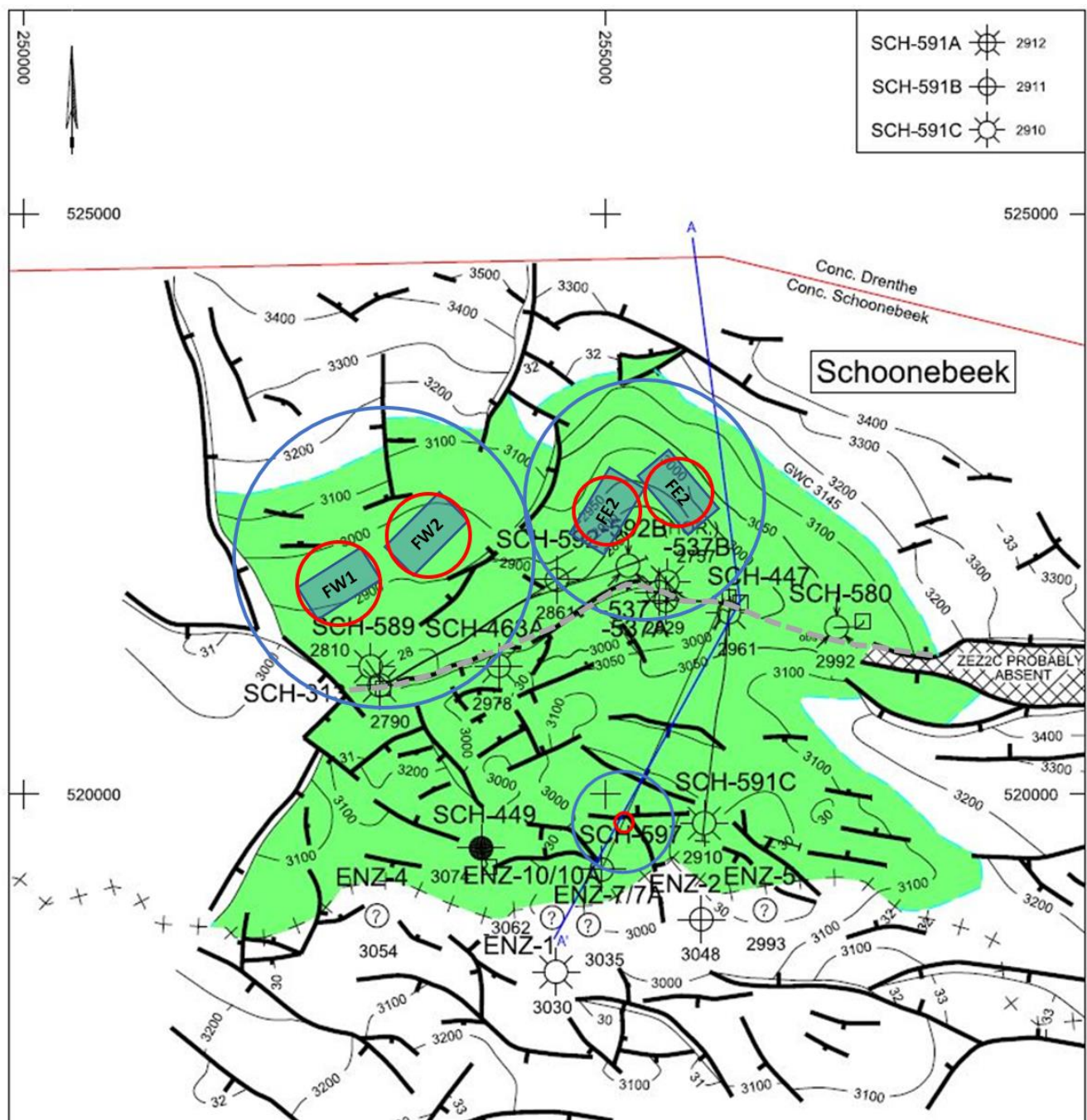
Tabel 15-2: parameters en waarden gebruikt in de berekening van de druk- en afkoelingszones voor de injectieputten.

injectieput	SCH-597	SCH-4473 (FE2)	SCH-4474 (FE1)	SCH-3132 (FW1)	SCH-3133 (FW2)
Injectietemperatuur °C	20	40	40	40	40
Gesteentetemperatuur °C	123	123	123	123	123
Porositeit %	2,7	7	7	7	7
NTG (fractie)	0,8	1	1	1	1
Dikte m	70	105	105	105	105
Connate watersaturatie	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Residueel gassaturatie	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cumulatieve waterinjectie mln m ³	2,8	12,9		20,1	
Straal temperatuurfront m	53	286		357	
Straal waterfront m	293	1028		1283	
Maximum magnitude	2,8	3,2*		3,2*	

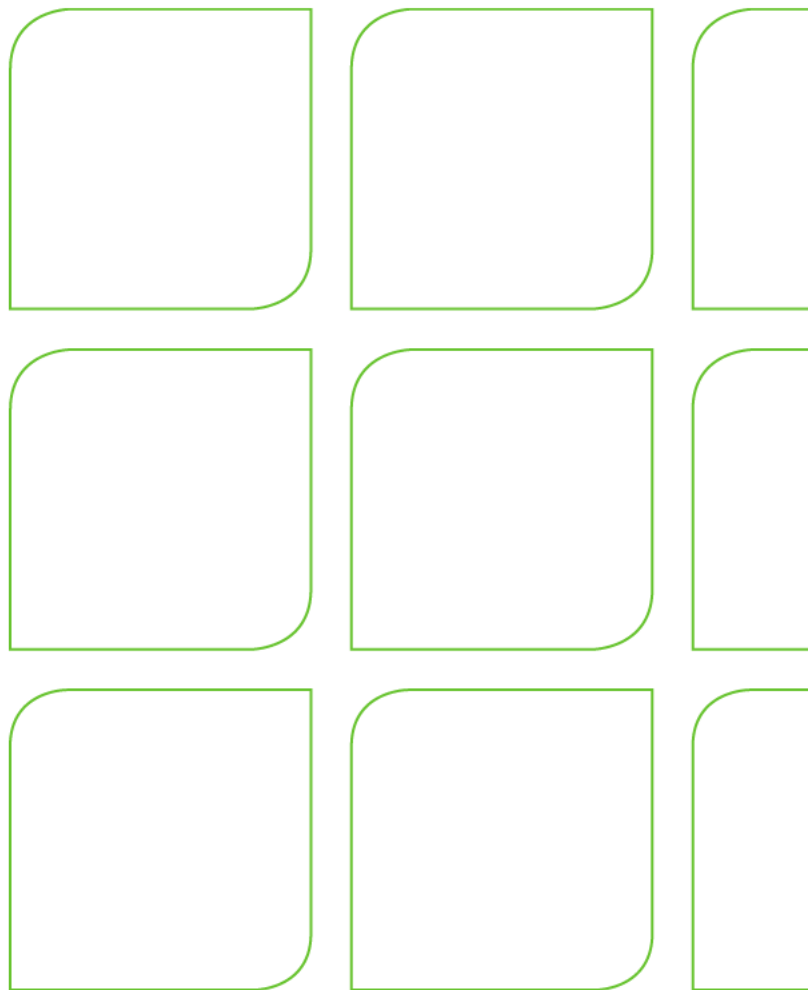
*Zie ook het rapport "Seismic Threat Assessment for Schoonebeek-Zechstein Water Injection, EP202304200850".

Maximale magnitude

De maximale magnitude wordt met dezelfde methode bepaald die ook gebruikt wordt voor de bepaling van de maximale magnitude bij de gaswinning uit de kleine velden (zie bijlage B). Bij gaswinning wordt er gekeken naar de langste breuk binnen het gasveld. Bij waterinjectie wordt er gekeken naar het langst mogelijke breukoppervlak binnen de cirkels. De dikte van het reservoir binnen de blauwe cirkel is respectievelijk 70 en 105 m op basis van de dikte uit de naburige putten. Dit is minder dan de gemiddelde dikte (150 m) die eerder wordt gebruikt in de berekening van bijvoorbeeld de bodemdaling.



Figuur 15-2: Waterfront (blauwe cirkel) en het temperatuurfront (rode cirkel) voor de waterinjectieput SCH-597 en toekomstige waterinjectoren. De dikke zwarte lijnen geven de breuken aan. De dunne zwarte lijnen geven de diepte (m onder NAP) aan.



BRON VAN ONZE ENERGIE