



AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN GAAG-MONSTER



Assen, November 2024
Versie 1.2

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 als de minister van Klimaat en Groene Groei (KGG) 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 KGG en vraagt om instemming.
- KGG vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp instemmingsbesluit 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 KGG een definitief instemmingsbesluit op. Uiteindelijk zal de minister al dan niet instemmen met het winningsplan.
- Het definitieve instemmingsbesluit ligt 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 een definitief besluit verloopt de gaswinning verder volgens dit winningsplan en eventuele voorwaarden die de staatssecretaris in het instemmingsbesluit heeft gesteld.

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

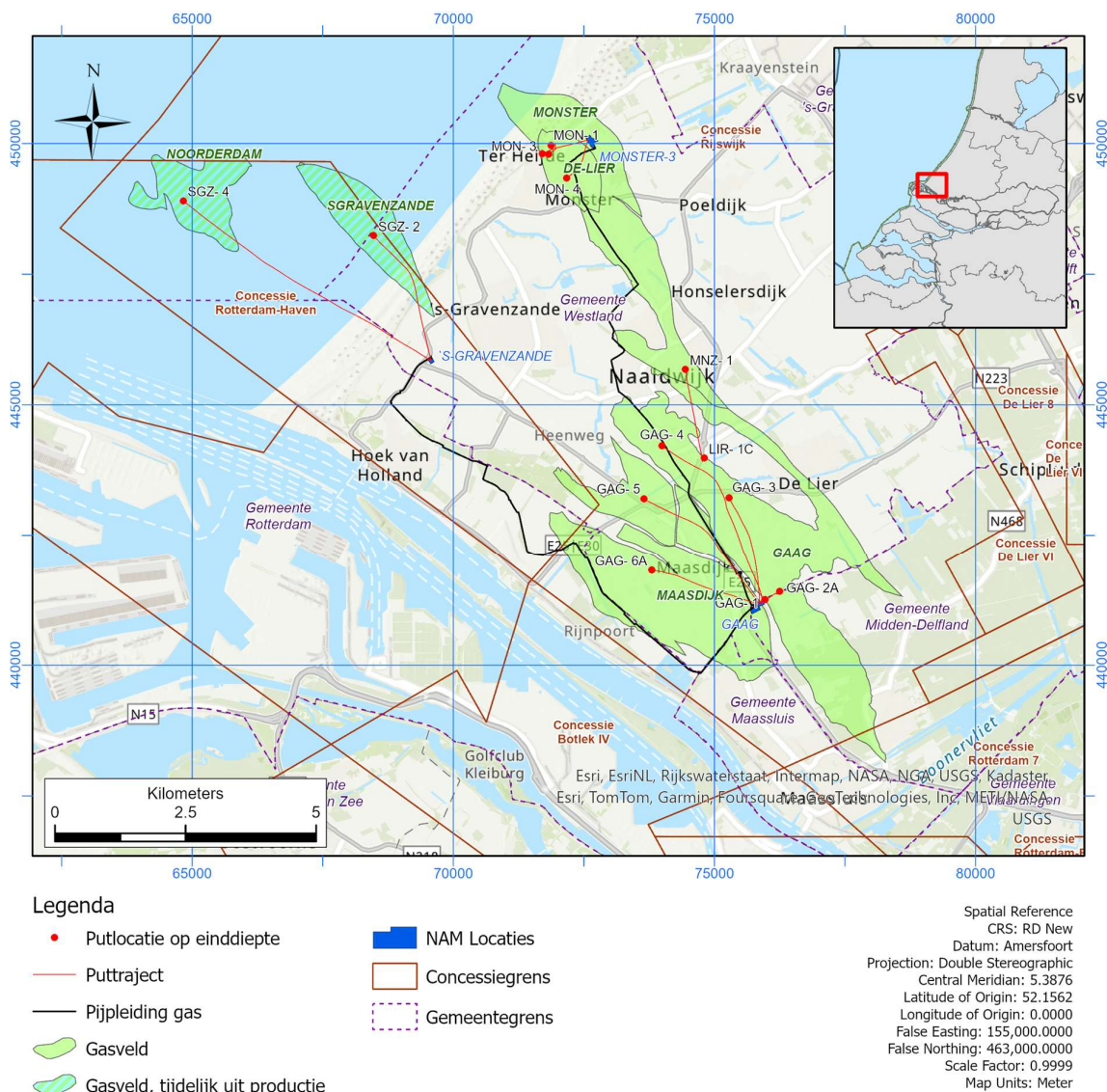
Achtergrond winningsplan Gaag-Monster

Dit document betreft een actualisatie van het winningsplan Gaag-Monster uit 2017. Het winningsplan bevat alle gasvelden die geproduceerd worden richting de gasbehandelingsinstallatie Gaag. Een topografische kaart met de voorkomens is gegeven in Figuur 1-1. Het voorkomen Geestvaartspolder is reeds uit geproduceerd en daarom niet opgenomen in deze actualisatie.

Op 13 Juni 2023 is separaat een actualisatie voor het Noorderdam voorkomen ingediend bij het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) waarop 4 oktober 2024 instemming is verleend. Op 19 april 2024 is tevens voor het 's-Gravenzande voorkomen een separate actualisatie ingediend bij EZK. Deze is bij het schrijven van deze actualisatie nog in procedure.

De in totaal 6 nog producerende voorkomens van Gaag-Monster zijn in voorliggende actualisatie weer samengebracht om met name de cumulatieve effecten van de mijnbouw voor deze regio beter inzichtelijk te maken. Verder is het verwachte einde van de winning voor het geheel naar 31 december 2033 gegaan. Technische of economische afwegingen kunnen leiden tot het eerder beëindigen van de productie. Er zijn geen nieuwe boringen voorzien noch zal geen van de bestaande productie putten hydraulisch gestimuleerd hoeven te worden (i.e. er zal niet gefracked worden).

In het vigerend winningsplan vond het einde winning plaats afhankelijk van het voorkomen tussen 31 december 2023 en 31 december 2028.



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

Productievolume

Tot eind 2023 is in totaal 15801 miljoen Nm³ aardgas geproduceerd uit de zes voorkomens beschreven in deze actualisatie van het winningsplan. Binnen het vergunde winningsplan mag nog maximaal 1511 miljoen Nm³ aardgas worden geproduceerd. NAM verwacht in de periode van de voorliggende herziening totaal nog tussen de 268 tot 709 miljoen Nm³ aardgas te winnen. De productie blijft daarmee binnen het vergunde maximum productievolume. Afhankelijk van het productiescenario, vindt er uiterlijk tot en met 31 december 2023 winning plaats uit de gasvelden.

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 leidt aan de oppervlakte tot lichte bodemdaling. 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 één kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van 1 vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en www.nlog.nl/bodemdaling.

Het verloop van de bodemdaling wordt sinds 1989 met behulp van vaste peilmerken eens in de drie jaar gemeten. De meest recente grootschalige metingen zijn gedaan in 2022. Met behulp van deze metingen wordt vastgesteld of de bodemdaling door gaswinning uit deze gasvelden verloopt volgens de verwachte bodemdaling zoals beschreven in het vigerende winningsplan.

De evaluatie van de bodemdaling in het voorliggende winningsplan laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven de gasvelden in dit winningsplan maximaal 2 cm bedraagt als gevolg van productie uit deze velden. De totale cumulatieve bodemdaling door productie uit deze velden is maximaal 6 cm volgens verwachting en 8 cm inclusief onzekerheid. Dit is vergelijkbaar met de inschatting van de verwachte bodemdaling volgens het vigerende winningsplan uit 2017.

Toelichting risico van aardbevingen

Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) heeft een methodiek ontwikkeld om het risico van aardbevingen in kaart te brengen. In deze methodiek wordt op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie de waarschijnlijkheid dat een gasveld zou kunnen beven bepaald. 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 houdt het model rekening met andere elementen, zoals de opbouw van de ondiepe ondergrond en de bevolkingsdichtheid.

NAM gebruikt deze methodiek voor het inschatten van het seismisch risico. De seismische risicoanalyse laat zien dat de voorkomens 's-Gravenzande, Noorderdam, Maasdijk en de Lier in categorie I vallen. De Gaag en Monster voorkomens vallen in categorie II. Vergeleken met het vigerende winningsplan uit 2017 blijven de Noorderdam, 's-Gravenzande, Gaag en de Lier voorkomens in dezelfde risicocategorie. Het Monster voorkomen gaat van categorie I naar categorie II en het Maasdijk voorkomen gaat van categorie II naar categorie I. De redenen dat Monster nu in een hogere categorie wordt geplaatst zijn de uitkomsten van een nieuwe manier voor de inschatting van de kans op beven en een andere inschatting van de opslingering van een mogelijke beving boven het veld. Voor Maasdijk is de categorie lager omdat de drukkaling gemiddeld lager wordt ingeschat. Alle voorkomens onder het vaste land voldoen aan de eisen die horen bij een risicocategorie II veld.

Volgens het Burgerlijk Wetboek is NAM altijd wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt. Mochten omwonenden toch schade ondervinden door gaswinning uit de voorkomens die genoemd worden in dit winningsplan, dan kan dat gemeld worden bij de Commissie Mijnbouwschade <https://www.commissiemijnbouwschade.nl/>. Sectie 8.5 geeft nader uitleg over de procedures die gevolgd kunnen worden.

Inhoud

1	SAMENVATTING	2
	INHOUD	5
	FORMULIER AANVRAAG INSTEMMING WINNINGSPLAN	7
2	INLEIDING	9
2.1	Doel van het Winningsplan	9
2.2	Leeswijzer	10
3	PLAATS VAN WINNING	11
3.1	Productielocatie, put(ten) en voorkomen(s)	11
3.2	Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas	14
4	BORINGEN	16
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put	16
4.2	Overzicht boring(en)	17
4.3	Schematische voorstelling putverbuizing	17
4.4	Putstimulatie	18
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	21
	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	24
6	ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN	25
6.1	Inleiding	25
6.2	Historische Productie	25
6.3	Onzekerheden	27
6.4	Winningsstrategie en reservoirmanagement	27
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	28
6.6	Duur van de winning	31
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning	31
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	31
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	31
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	32

7	BODEMDALING	33
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	33
7.2	Bodemdaling door natuurlijke processen	34
7.3	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning	35
7.4	Bodemdalingsvooruitzichten	37
7.5	Onzekerheid in verwachte bodemdaling	41
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	41
7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	42
8	BODEMTRILLING	43
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand	43
8.2	Historische bevingen in de gasvelden van dit winningsplan	43
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse	43
8.4	Monitoring van bodemtrillingen	45
8.5	Afhandeling van schade	47
8.6	Seismisch risicobeheersplan	48
9	OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN	49
9.1	Algemeen	49
10	VERKLARENDE WOORDENLIJST	53
11	BIJLAGE A: BODEMDALING: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	54
12	BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO: DETAILS EN ACHTERGRONDEN	56
12.1	Seismische Risico Analyse voor de voorkomens van dit winningsplan	58
13	BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN DE VOORKOMENS	69
14	BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR	79

Formulier aanvraag instemming winningsplan

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

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Directie Energie & Omgeving

mijnbouwaanvragen@minez.nl

Artikel	Onderwerp	Beschrijving
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor winningsplan Gaag-Monster	☐ 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 bestaat uit een aangepaste productieduur. De 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>	5.1.2.e
	<i>E-mail</i>	5.1.2.e
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunningsgebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) Concessie: Rijswijk (KB 3/1/1955), N069 laatst gewijzigd bij KB 19/12/2019, DGKE-WO / 19261069 Gemeente: Westland, Midden-Delfland, Rotterdam en Maassluis Provincie: Zuid-Holland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	• Gaag Bunter • 's-Gravenzande Bunter • Maasdijk Bunter • Monster Bunter • Noorderdam Bunter • De Lier Greensand
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	Hfdst 1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	Hfdst 3, 4
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	Hfdst 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	4.3
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.3
Mb 24 lid 2	Productiefilosofie	6.3
Mb 24 lid 2	Reservoir management	6.3
Mw 35 lid 1 a, d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	6.4
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	6.5
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	6.8
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	6.8
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgepakte koolwaterstoffen	6.7
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.9
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, 7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingsprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.3 Bijlage A, D
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.6
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.7
	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
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	8.3, 8.4, Bijlage B
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	8.5
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	8.6
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.6
	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
Mw 36 lid 1e	Maatschappelijke verantwoordelijkheidszin	9
Ondertekening Naam: 5.1.2.e Functie: NAM Asset Manager Onshore South Mb24 lid I Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk".		Datum: 1-11-2024 Plaats: Assen 5.1.2.e

2 INLEIDING

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is houder van de Winningsvergunningen Rijswijk. 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, Gaag-Monster, omvat de voorkomens Noorderdam, 's-Gravenzande, Gaag, Monster, Maasdijk en de Lier. De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur tot en met 31 december 2033. Daarnaast bevat dit winningsplan een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen en een nieuwe seismische risicoanalyse.

Dit is de vierde actualisatie van het Gaag-Monster winningsplan sinds 2003. Er zijn op dit moment geen activiteiten die een vergunning behoeven (bijv. het boren van nieuwe putten) waarmee behandeling van dit winningsplan gecoördineerd moet worden. Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties inclusief de separate actualisaties van Noorderdam en 's-Gravenzande.

DATUM (INDIENEN WINNINGSPLAN)	DOCUMENT
2003	Originele winningsplan Gaag-Monster
2011	Eerste actualisatie
2013	Tweede actualisatie
2017	Derde actualisatie
2022	Actualisatie Noorderdam
2024	Actualisatie 's-Gravenzande
2024	Deze (vierde) actualisatie Gaag-Monster voor verlengde periode

Het oorspronkelijk winningsplan, de actualisaties en de besluiten voor de voorkomens in dit winningsplan zijn te vinden onder veldcode GAG (Gaag), MON (Monster), MSD (Maasdijk), LIR (De Lier), NRD (Noorderdam) en SGZ ('s-Gravenzande) op www.nlog.nl.

Deze vierde actualisatie is een volledig herziene versie en is uitgebreider dan de versies uit 2003, 2013 en 2017. Ook zijn de recente separate actualisaties van Noorderdam en 's-Gravenzande toegevoegd in deze nieuwe versie van de actualisatie, met name om een eenduidig beeld te krijgen van de mogelijke cumulatieve effecten van de gaswinning in dit gebied.

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het aardgas gewonnen wordt, de geologie en de eigenschappen van de ondergrondse gasvoorkomens en de voorspelde productiehoeveelheden, de 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 2 - geeft een algemene inleiding en de opbouw van dit document
- 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.
- 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.
- 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 de voorkomens niet uitkomt boven de maximale totale voorspelde productie in het 'hoog scenario' van sectie 6.4 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 winning niet langer duurt dan de productieperiode in het 'hoog scenario'. 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 in de seismische risicocategorie blijven ingedeeld 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.

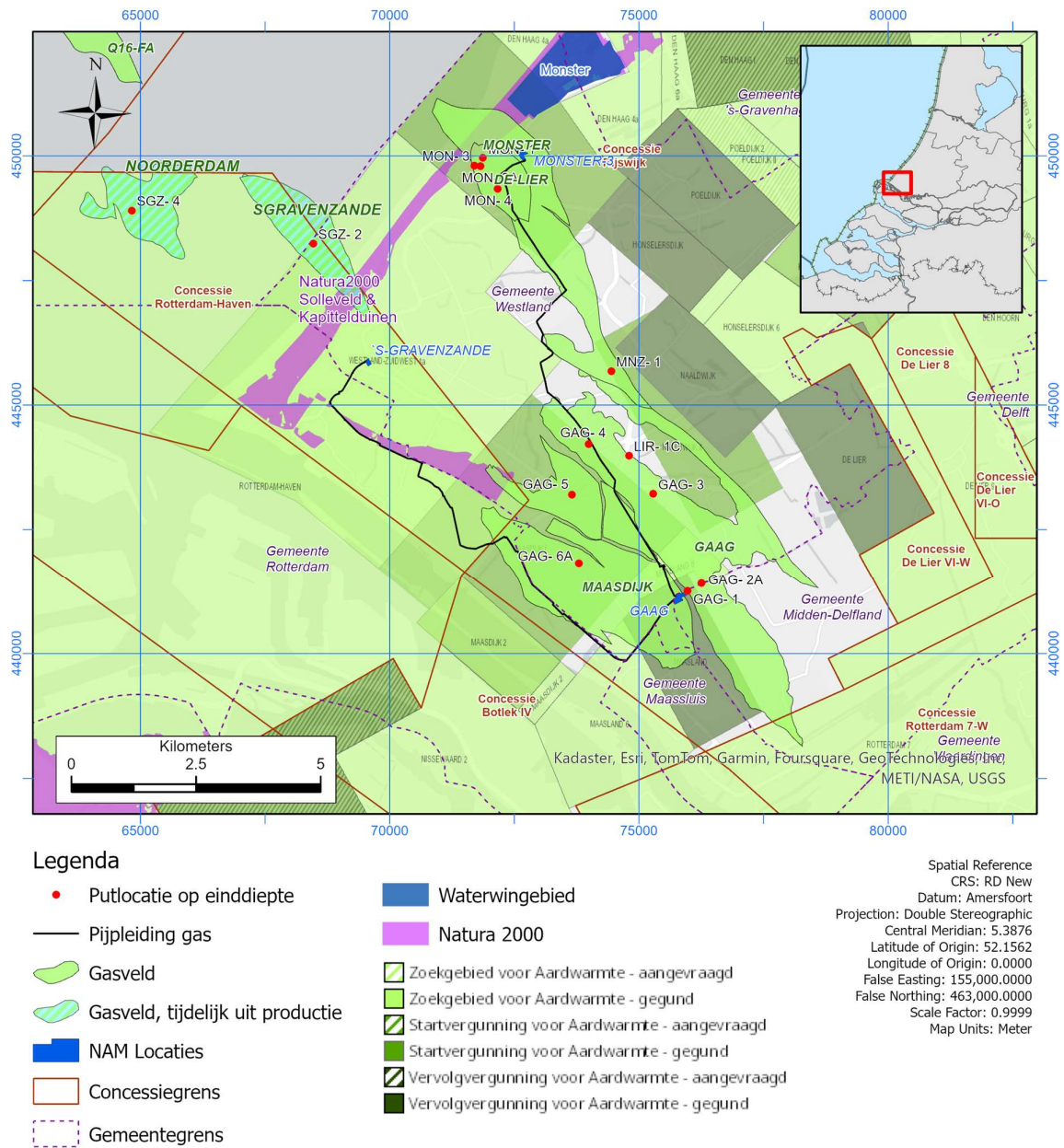
Een onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan KGG. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentiepositie van NAM in gevaar zou kunnen brengen is dit onderdeel niet openbaar.

3 PLAATS VAN WINNING

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

De gasvelden 's-Gravenzande, Monster en de Lier liggen in de gemeente Westland. Het gasveld 's-Gravenzande en Noorderdam liggen binnen 12 zeemijl van de kust in het Nederlandse territorium. Voor een groot deel liggen ook de gasvelden Gaag en Maasdijk in de gemeente Westland. Gaag ligt ook voor een deel in de gemeente Midden-Delfland, terwijl het gasveld Maasdijk voor een klein deel in de gemeenten Midden-Delfland, Rotterdam en Maassluis ligt. Alle gasvelden vallen onder de Rijswijk concessie. Het gas uit de Monster en De Lier voorkomens wordt geproduceerd vanaf de locatie Monster-3. De productielocatie ligt in de gemeente Westland. Vanaf de locatie Gaag wordt het gas geproduceerd uit de Gaag en Maasdijk voorkomens, deze locatie ligt in de gemeente Midden-Delfland. Het gas uit het 's-Gravenzande en Noorderdam voorkomen wordt geproduceerd vanaf de locatie 's-Gravenzande. De productielocatie ligt in de gemeente Westland.

De zes voorkomens en locaties liggen in de provincie Zuid-Holland en vallen onder het Hoogheemraadschap Delfland. Figuur 3-1 bevat een topografische kaart met de locaties, de voorkomens uit dit winningsplan en nabijgelegen voorkomens inclusief de putten die geboord zijn in deze voorkomens en de transportleidingen. Daarnaast zijn ook de aardwarmte concessies en de waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden in de omgeving aangegeven. Het Natura 2000 gebied Solleveld & Kapittelduinen bevindt zich op vier kilometer ten westen van de productie- en behandelingslocatie Gaag en circa 350 meter ten westen van de productielocatie Monster-3. De gasvelden 's-Gravenzande, De Lier, Monster en Maasdijk strekken zich uit tot onder dit Natura 2000 gebied.



Figuur 3-1: Kaart met de locatie van de voorkomens, putten, oppervlaktelocatie, en transportleidingen. Inclusief (in de buurt gelegen) beschermde Natura-2000, waterwingebieden, gasvelden en aardwarmte concessies.

Het gas van alle productielocaties wordt behandeld op de Gaag locatie. Een luchtfoto van de Monster-3 productielocatie is getoond in Figuur 3-2, van de productie en behandelingslocatie Gaag in Figuur 3-3 en van de productielocatie 's-Gravenzande in Figuur 3-4. Hoofdstuk 4.2 gaat dieper in op de boringen in de voorkomens.



Figuur 3-2: Luchtfoto van productielocatie Monster-3 (MON-3).



Figuur 3-3: Foto van de productie en behandelingsinstallatie Gaag (GAG)

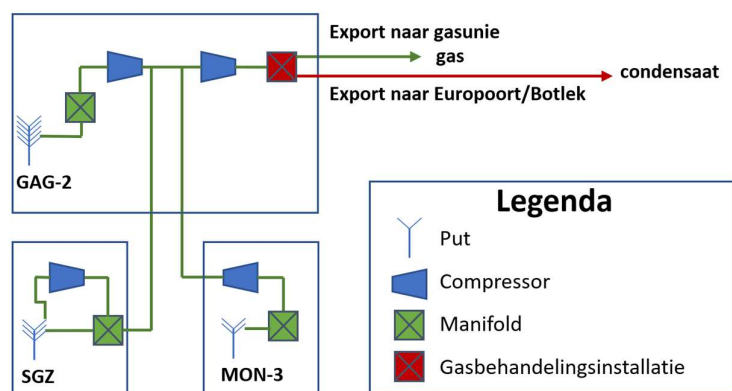


Figuur 3-4: Luchtfoto van productielocatie 's-Gravenzande.

3.2 Schematische weergave gas- en waterbehandeling en afvoer van gas

Het Gaag-Monster productiesysteem bestaat uit drie locaties met gasputten en een gasbehandelingsinstallatie zoals schematisch weergegeven in Figuur 3-4. Alle productiestromen van de zogenaamde satelliet locaties Monster (MON) en 's-Gravenzande (SGZ) worden via pijpleidingen getransporteerd naar de locatie Gaag. Hier wordt de totale productie door de behandelingsinstallatie gecompriëerd en de vloeistof, bestaande uit water en condensaat, van het gas gescheiden. Een luchtfoto van de productie en behandelingsinstallatie Gaag is getoond in Figuur 3-3.

Het gas wordt afgeleverd aan het Gasunie netwerk en het condensaat aan de Europoort installaties. Het water wordt naar de locatie Pernis-West-1 vervoerd voor injectie in de diepe ondergrond. Indien dit niet mogelijk is wordt het naar een erkende afvalverwerker afgevoerd.



Figuur 3-4: Schematische weergave van de gasbehandeling (MON = Monster, GAG = Gaag, SGZ = 's-Gravenzande).

4 BORINGEN

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een productieput. Hieronder volgt een korte beschrijving van het boren van een put en de belangrijkste onderdelen.

Het boren van een put gebeurt met een boortoren. Voordat de boortoren op een locatie wordt geplaatst wordt er een buis 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. Ook levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om vloeistof-instroom te voorkomen.

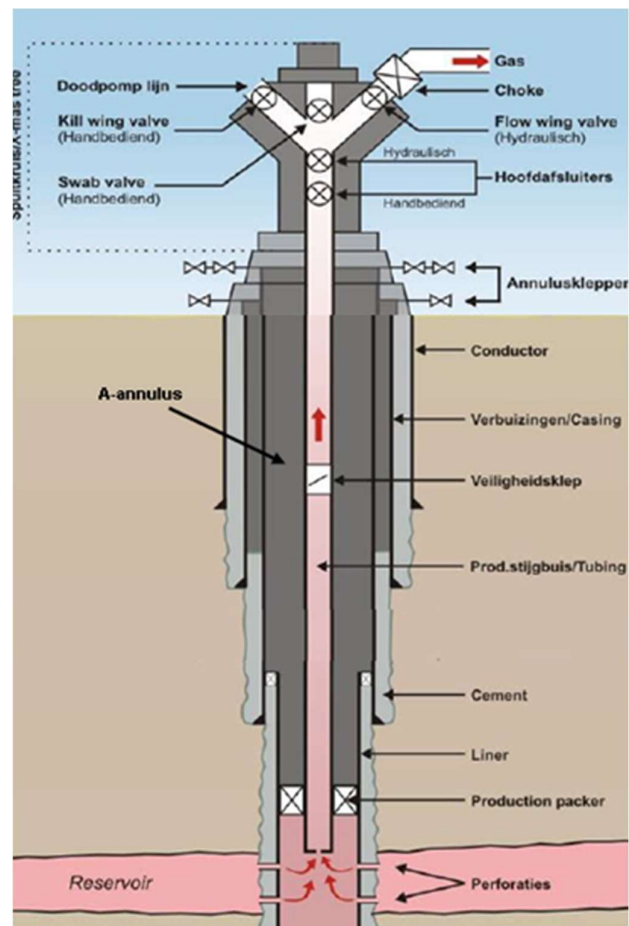
Boven op het boorgat staat een metalen installatie, bestaande uit verschillende afsluiters die tijdens het boorproces geactiveerd kunnen worden: dit is de BOP ("blow out preventer").

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 gemaakt 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 bestaande boringen per voorkomen met verdere algemene informatie weergegeven. Het De Lier voorkomen is in 1955 aangetoond met de boring LIR-1 en wordt alleen nog geproduceerd met de put MON-4. In 1982 is het Gaag voorkomen aangetoond met de boring GAG-2A en het Monster voorkomen met MON-2. Het Maasdijk voorkomen is in 1998 aangetoond met de boring GAG-5. In 1997 is het 's-Gravenzande voorkomen aangetoond met de put SGZ-1(A), deze is opgeruimd en het veld is daarna ontwikkeld vanaf de 's-Gravenzande locatie door middel van put SGZ-2. Het Noorderdam voorkomen is ontdekt met de put Q16-08 in 1998 en wordt geproduceerd door de put SGZ-4.

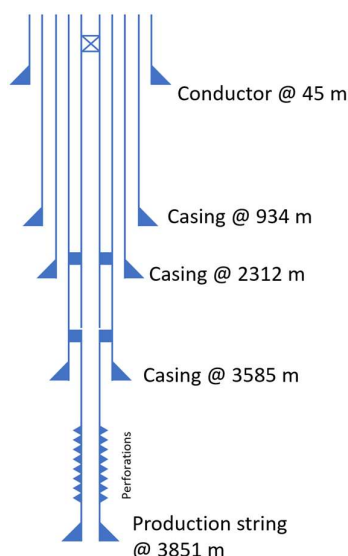
Er zijn geen nieuwe boringen voorzien in de nabije toekomst.

Tabel 4-1: Lijst met boringen per voorkomen.

Voorkomen	Locatie	Putnaam	Putvorm	Status:
Gaag	Gaag	GAG-1	Gedevieerd	Geabandonneerd
	Gaag	GAG-2A	Gedevieerd	Producerend
	Gaag	GAG-3	Gedevieerd	Producerend
	Gaag	GAG-4	Gedevieerd	Producerend
Maasdijk	Monster-Zuid	LIR-1C	Verticaal	Geabandonneerd
	Gaag	GAG-5	Gedevieerd	Producerend
	Gaag	GAG-6A	Gedevieerd	Gesuspendeerd
Monster	Monster-3	MON-1	Verticaal	Geabandonneerd
	Monster-3	MON-2A	Gedevieerd	Geabandonneerd
	Monster-3	MON-3	Gedevieerd	Producerend
	Monster-Zuid	MNZ-1	Gedevieerd	Gesuspendeerd
Noorderdam	Offshore	Q16-08	Gedevieerd	Geabandonneerd
	's-Gravenzande	SGZ-4	Gedevieerd	Tijdelijk ingesloten
's-Gravenzande	's-Gravenzande-1	SGZ-1	Gedevieerd	Geabandonneerd
	's-Gravenzande	SGZ-2	Gedevieerd	Tijdelijk ingesloten
De Lier	Monster-3	MON-4	Gedevieerd	Producerend

4.3 Schematische voorstelling putverbuizing

In Figuur 4-2 is schematisch de putverbuizing van de putten weergegeven. Via perforaties in de 'production string' wordt het reservoir in verbinding gesteld met een productie-stijgbuis ('tubing'). Aangezien de producerende putten allemaal een vergelijkbaar ontwerp hebben, maar met verschillende buisdiameters en dieptes waarop deze verbuizing gezet zijn, is alleen het meest voorkomende ontwerp getoond. In Figuur 4-2 zijn de dieptes van de verbuizingen gegeven van GAG-3.



Figuur 4-2: Schematische weergave van de meest voorkomende putverbuizing van de putten die geboord zijn in de voorkomens beschreven in dit winningsplan. De dieptes geven de einddiepte van de verbuizing aan gemeten vanaf de boorvloer langs het gat in meters. De dieptes die hier getoond zijn, zijn voor de put GAG-3.

4.4 Putstimulatie

Het reservoirgesteente van de voorkomens s-Gravenzande, Noorderdam, Gaag, Monster en de Lier is van voldoende kwaliteit waardoor er geen hydraulische stimulatie ('fracken') nodig is. In de putten GAG-5 en GAG-6A is deze techniek in het verleden wel toegepast om de productiviteit te verbeteren. Er zijn geen nieuwe hydraulische stimulaties voorzien in de voorkomens genoemd in dit winningsplan.

Tijdens de productie van een put kan het voorkomen dat er aanslag (zgn. scaling, bijvoorbeeld kalk of zout) optreedt aan de binnenkant van de verbuizing en in de perforaties. Om dit te verwijderen kan het voorkomen dat de put aan de binnenzijde met zuur behandeld wordt. Dit is een routinebehandeling waarbij geen overdruk gebruikt wordt, net zoals bij andere ontkalkingen. 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 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 (productie-stijgbuis) te vervangen. Tenslotte kunnen er gedurende de levensduur van een put diverse andere onderhoudshandelingen plaatsvinden.

Integriteit van de afdekkende lagen

Aangezien er geen overdruk gebruikt wordt bij de routinebehandelingen ten behoeve van het herstel van de putproductiviteit, bestaat er geen risico op negatieve effecten van de behandeling op de integriteit van de afdekkende lagen.

5 ONDERGROND

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de ondergrond van de voorkomens Gaag, Monster, Maasdijk, Noorderdam, 's-Gravenzande en De Lier vanaf de oppervlakte tot aan de diepte waarop het gasvoorkomen 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 verschillend effect op de voorspellingen hebben.

De vorm en diepte van het veld worden bepaald uit de analyse van geluidsgolven (zgn. seismiek). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien is de voortplantingssnelheid van geluidsgolven 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 vorm 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 in de poriën en doorlaatbaarheid (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald met boorgatmetingen door na het boren van de putten 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 put-locaties over het hele veld 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 alle voorspellingen van onzekerheidsmarges voorzien zullen zijn. Omdat uit de beschreven voorkomens al geruime tijd wordt geproduceerd, zullen deze onzekerheidsmarges relatief klein zijn.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

In deze sectie worden de geologische formaties beschreven, zowel die waarin de voorkomens zich bevinden, als de bovenliggende formaties. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar het geologisch standaardwerk voor Nederland (Geology of the Netherlands, Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam University Press, 2007).

Het ontstaan van gasvoorkomens

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 ofwel

methaan en olie 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 golven en breuken in het gesteente als gevolg van bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten. De breuken ontstaan omdat gesteente niet erg buigzaam is.

Reservoir Formaties

De Boven- en Onder-Germaanse Trias groepen bevatten in dit gebied de gashoudende Bunter reservoirs voor het voorkomen Gaag, Monster, Maasdijk, Noorderdam en 's-Gravenzande (Tabel 5-2). De Bunter sedimenten zijn in een fluviatiel afzettingsmilieu afgezet gedurende het Trias tijdperk en bestaan in deze voorkomens uit afwisselende lagen van zandsteen en kleisteen, met soms wat laagjes carbonaatgesteente. De bruto dikte van het gashoudende pakket gesteente is tussen de 160 en 180m. De voorkomens worden afgesloten door kleilagen van Trias en Jura ouderdom.

De Rijnland groep bevat in dit gebied het Holland Groenzand en de Lier (olie) reservoirs van het de Lier voorkomen. Deze zanden zijn gevormd tijdens het Onder-Krijt en daarmee jonger dan de Bunter reservoirs (Tabel 5-2). Het de Lier olieveld is niet langer in productie en daarom geen onderdeel van dit winningsplan.

Bron Koolwaterstoffen

Het gas in de genoemde voorkomens is gevormd in de steenkoollagen van de onderliggende Limburg Groep. Omdat dit diep is begraven, onder voldoende druk en temperatuur, zijn deze organische elementen gas gaan genereren. Omdat gas lichter is dan water is dit gas in verloop van tijd omhoog gemigreerd naar de bovenliggende zandsteen- en carbonaatlagen. De kleilagen van Trias en Jura ouderdom hebben daarna verhinderd dat het gas verder naar de oppervlakte kon ontsnappen waardoor de gasvoorkomens in de Bunter zijn ontstaan. De kleilagen van Onder-Krijt ouderdom hebben gezorgd voor het ontstaan van het de Lier gasvoorkomen. Het gas verzamelt zich in de hoogste plaatsen van het reservoir. Boringen zullen dan ook net onder het hoogste punt gericht zijn om bij het gas uit te komen.

Reservoireigenschappen

In Tabel 5-1 zijn de gemiddelde reservoireigenschappen van de reservoirgesteentes weergegeven voor de voorkomens in dit winningsplan. De verhouding van de hoeveelheid zandsteen (doorlatend en gashoudend) ten opzichte van het bruto gesteentevolume (zand- en kleisteen) 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. Hierbij moet gemeld worden dat het in de tabel om gemiddelde waarden gaat.

In bijlage C zijn een schematische doorsnede en geologische kaart van de voorkomens weergegeven.

Tabel 5-1: Gemiddelde fractie van netto zand in het reservoir (NtG), met daarbij de gemiddelde porositeit (Por) en permeabiliteit (Perm) van dat net zand in de voorkomens.

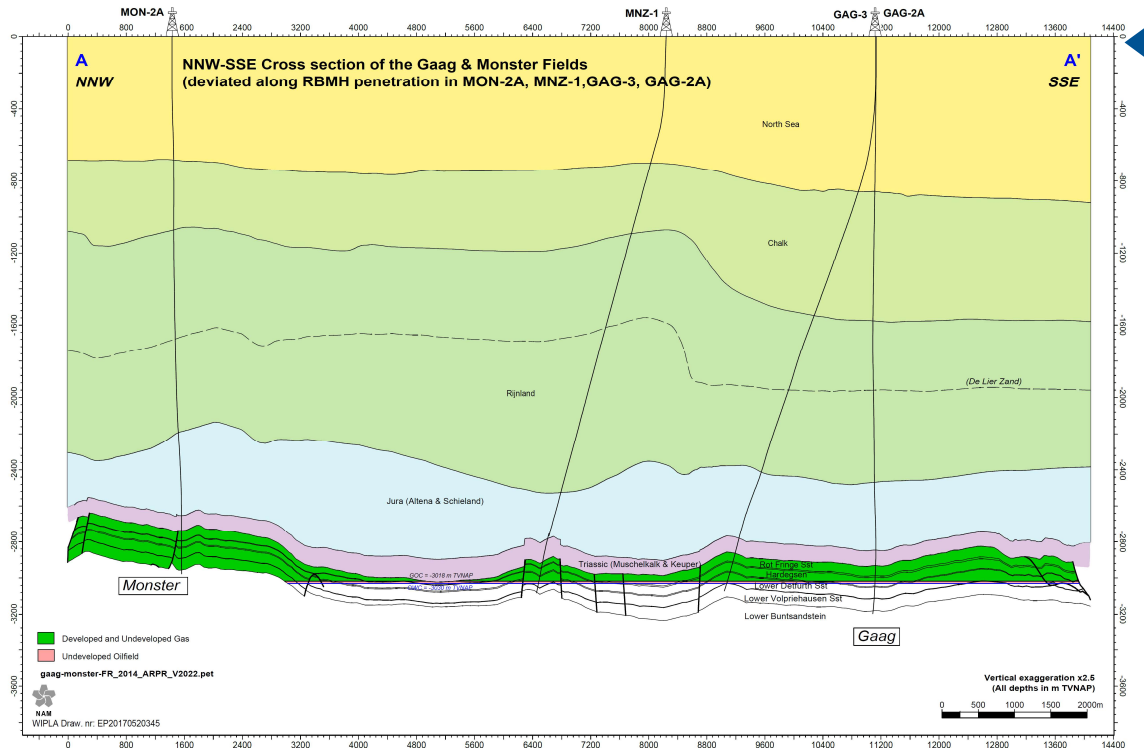
Voorkomen	Producerende formatie	NtG (%)	Porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Gaag	Midden Bunter	88	11	48
Maasdijk	Midden Bunter	91	4	2
Monster	Midden Bunter	81	9	13
Noorderdam	Midden Bunter	96	4	9
's-Gravenzande	Midden Bunter	89	11	154
De Lier	Holland Groenzand	78	21	2

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

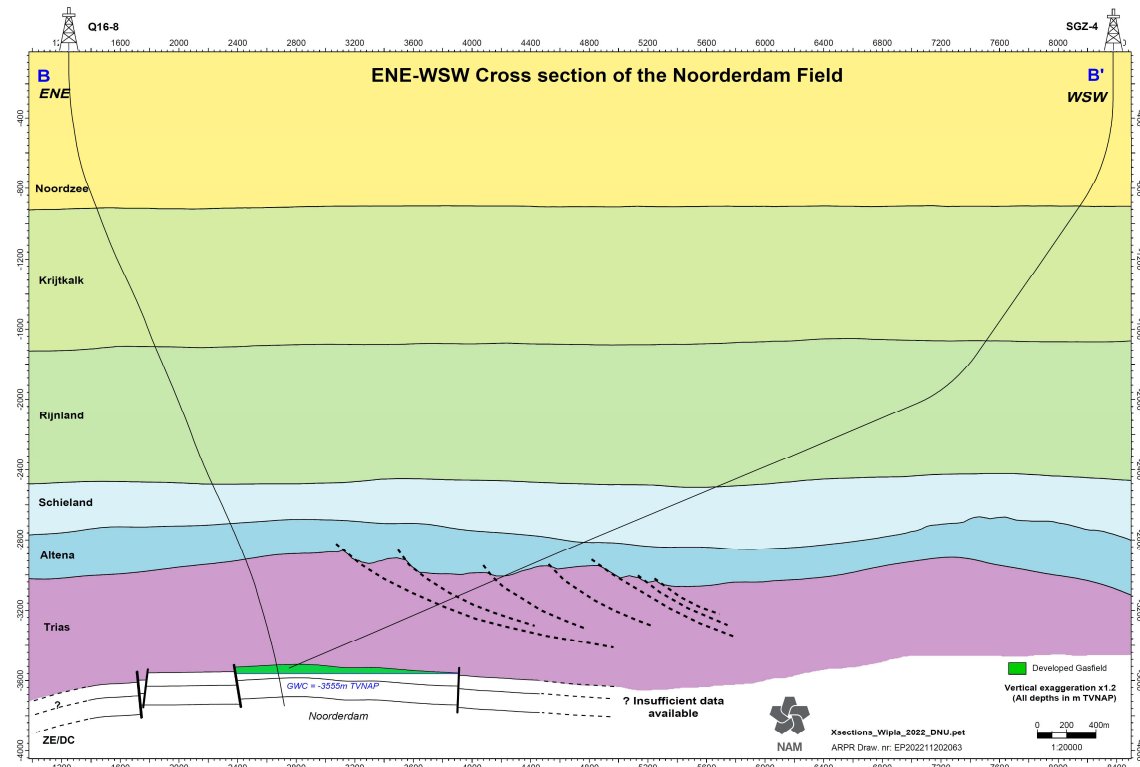
In Tabel 5-2 worden de bovenliggende lagen genoemd, inclusief de belangrijkste eigenschappen van deze lagen. Deze tabel laat zien welke formaties ondoorlatend zijn.

Tabel 5-2: Geologische tijdschaal met bijbehorende geologische members en hun afkortingen. Enkele van deze gesteentelagen in het Rijnland en Onder-Germaanse Trias zijn voorkomingsgesteente voor aardolie en/of aardgas en zijn afgedekt met een niet-doorlatende laag (zie rechter kolom).

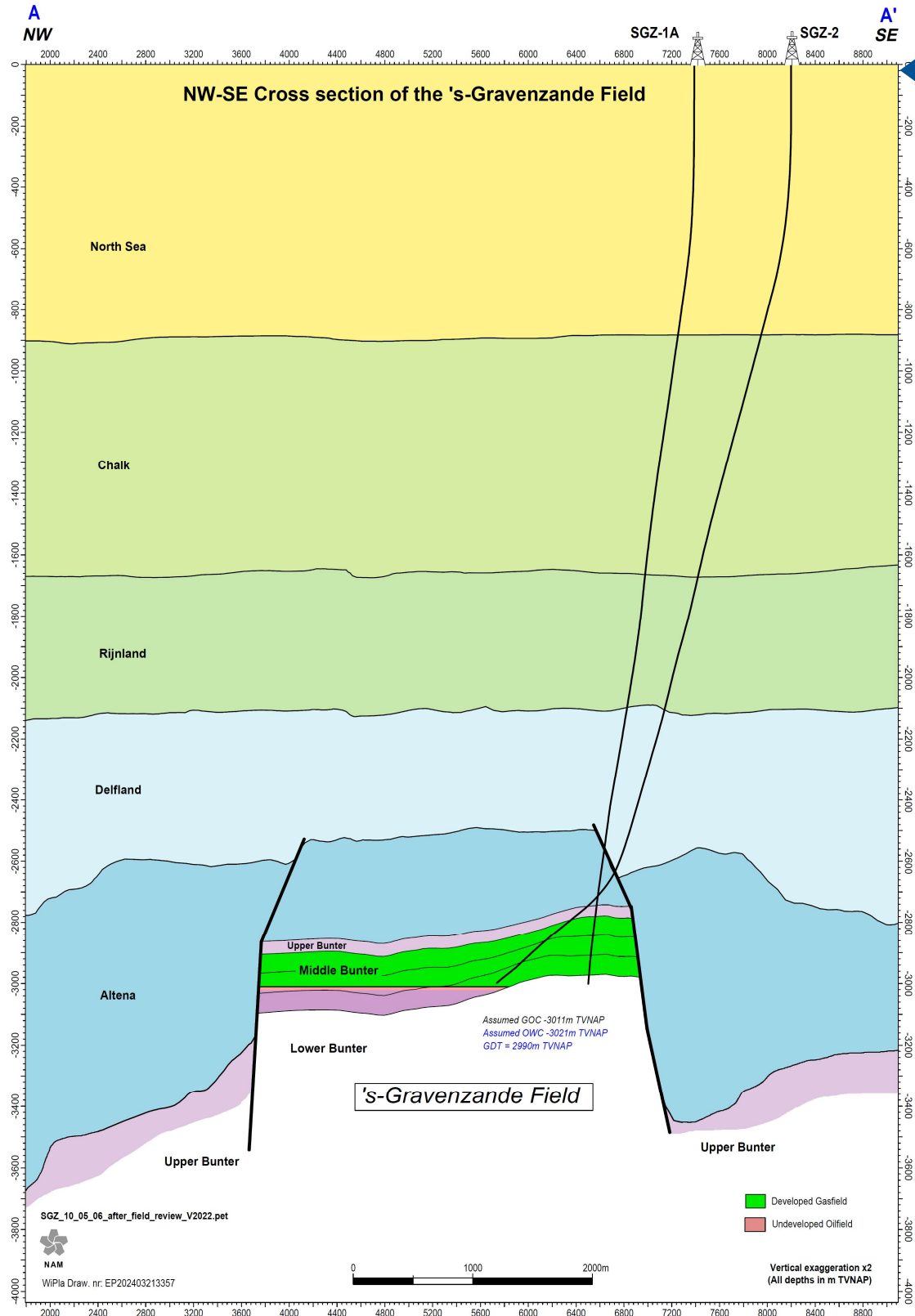
Ouderdom	Groep		Formatie	Laagpakket	Afkorting	Doorstroming	
Tertiair	Boven-Noordzee (NU)				NU		
	Midden-Noordzee (NM)		Rupel	Rupel Klei	NMRFC		
	Onder-Noordzee (NL)		Dongen	Asse	NLFFB	Impermeabel	
				Zand van Brussel	NLFFS		
				Ieper	NLFFY	Impermeabel	
				Tuffiet van Dongen	NLFFT		
		Landen	Landen Klei	NLLFC	Impermeabel		
Krijt	Krijtkalk (CK)	Ommelanden		CKGR			
		Texel	Texel Mergelsteen	CKTXM			
			Texel Groenzand	CKTXG			
	Rijnland (KN)	Holland	Boven Holland Mergel	KNGLU			
			Midden-Holland Kleisteen	KNGLM	Impermeabel		
			Holland Groenzand	KNGLG	Reservoir		
			Onder-Holland Mergel	KNGLL	Impermeabel		
		Vlieland	De Lier Zandsteen	KNNSL	Reservoir		
			Vlieland Kleisteen	KNNC	Impermeabel		
			Berkel Zandsteen	KNNSB	Reservoir		
			Berkel Zand-Kleisteen	KNNSC	Impermeabel		
			Rijswijk Zandsteen	KNNSR	Reservoir		
			Rodenrijs Kleisteen	SLDNR	Impermeabel		
Jura	Schieland (SL)	Delft Zandsteen	SLDND	Reservoir			
		Alblasserdam	SLDNA				
		Altena (AT)		Posidonia	ATPO	Bron van olie	
		Aalburg	ATAL	Impermeabel			
		Sleen	ATRT	Impermeabel			
Trias	Boven-Germaanse Trias (RN)		Muschelkalk	RNMU			
			Röt		RNRO	Reservoir	
			Solling	Solling Kleisteen	RNSOC	Impermeabel	
	Onder-Germaanse Trias (RB)	Bunter	Middle	Hardeggen		RBMH	Reservoir
				Detfurth		RBMD	Reservoir
			Volpriehausen		RBMV	Reservoir	
			Lower	Onder-Bontzand-steen		RBSH	
Perm	Zechstein						
	Limburg (DC)					Bron van gas	



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir over het Monster en het Gaag voorkomen. Rechtsboven is met een blauwe wig de typische diepte voor waterwinning weergegeven (tot ~50m).



Figuur 5-2: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot reservoir over het voorkomen Noorderdam. De bovenliggende lagen zijn weergegeven op Supergroep en Groep niveau. De breukstructuur in de Trias Groep zijn geschatte interpretaties.



Figuur 5-3: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir van het 's-Gravenszande voorkomen. Rechtsboven is met een blauwe wig de typische diepte voor waterwinning weergegeven.

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 in zoutwater. Deze grens ligt boven de voorkomens in dit winningsplan tussen de 0 en 50 m diepte. Daaronder is al het grondwater of formatiewater van nature zout tot zeer zout. Het dichtstbijzijnde grondwaterbeschermingsgebied bevindt zich bij Monster: ongeveer 1 km ten noorden van de productielocatie Monster. Aangezien het gasvoorkomen op enkele kilometers diepte ligt en waterwinning zich beperkt tot de eerste 50m is er geen interactie tussen het gasvoorkomen en het waterwingebied. Productieactiviteiten zullen geen effect hebben op de samenstelling van het zoete grondwater.

Naast waterwinning wordt in Nederland 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 het boren zich beperkt tot de bovenste ~300m is er geen interactie met 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). Direct boven de voorkomens zijn een aantal geothermie licenties uitgegeven en projecten ontwikkeld (d.d. juni 2024).

Boven het voorkomen Maasdijk bevinden zich de volgende geothermische licenties: Maasland-6, Rotterdam 7, Rotterdam 4, Breda-Moerdijk, Maasdijk I.

Boven het voorkomen Gaag bevinden zich de volgende geothermische licenties: Rotterdam 7, Rotterdam 4, Breda-Moerdijk, Maasdijk I, Uithoorn 1, De Ronde Venen.

Boven het voorkomen De Lier(gas) bevinden zich de geothermische licenties Uithoorn 1, De Ronde Venen, Monster I.

Boven het voorkomen Monster bevinden zich de geothermische licenties Uithoorn 1 en Monster I.

Boven het voorkomen 's-Gravenzande bevinden zich de geothermische licenties Rotterdam-Haven en Westland-Zuidwest 1a.

Boven het voorkomen Noorderdam bevinden zich de geothermische licentie Rotterdam-Haven

Het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet erop toe dat het boren naar én produceren van aardwarmte veilig gebeurt. De afstand tussen de aardgaswinning en de aardwarmtewinning is volgens SodM voldoende veilig.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland uit verschillende zoutcavernes, maar niet in de nabijheid van de voorkomens beschreven in dit winningsplan.

Gasopslag: Ondergrondse gasopslag vindt plaats op grote afstand van de voorkomens in dit winningsplan.

6 ONTWIKKELINGSVOORUITZICHTEN

Dit hoofdstuk beschrijft de historische en toekomstige productie van de voorkomens Gaag, Monster, Maasdijk, Noorderdam, 's-Gravenzande en de Lier (gas). Hierin worden de ontwikkelingsplannen van de gasvelden en de winningsstrategie uitgewerkt.

6.1 Inleiding

In 1989, 1990, 1999 en 2002 zijn respectievelijk de gasvelden Gaag, Monster, Maasdijk en 's-Gravenzande in productie genomen. De productie uit Noorderdam gasveld is in 2006 gestart. Voor een overzicht van de producerende putten wordt verwezen naar Tabel 4-1.

Het zuid blok van het De Lier veld is in een eerdere periode al in productie geweest (1957-1993). Sinds 2013 is gasproductie in het de Lier noord blok gestart. Historische Productie

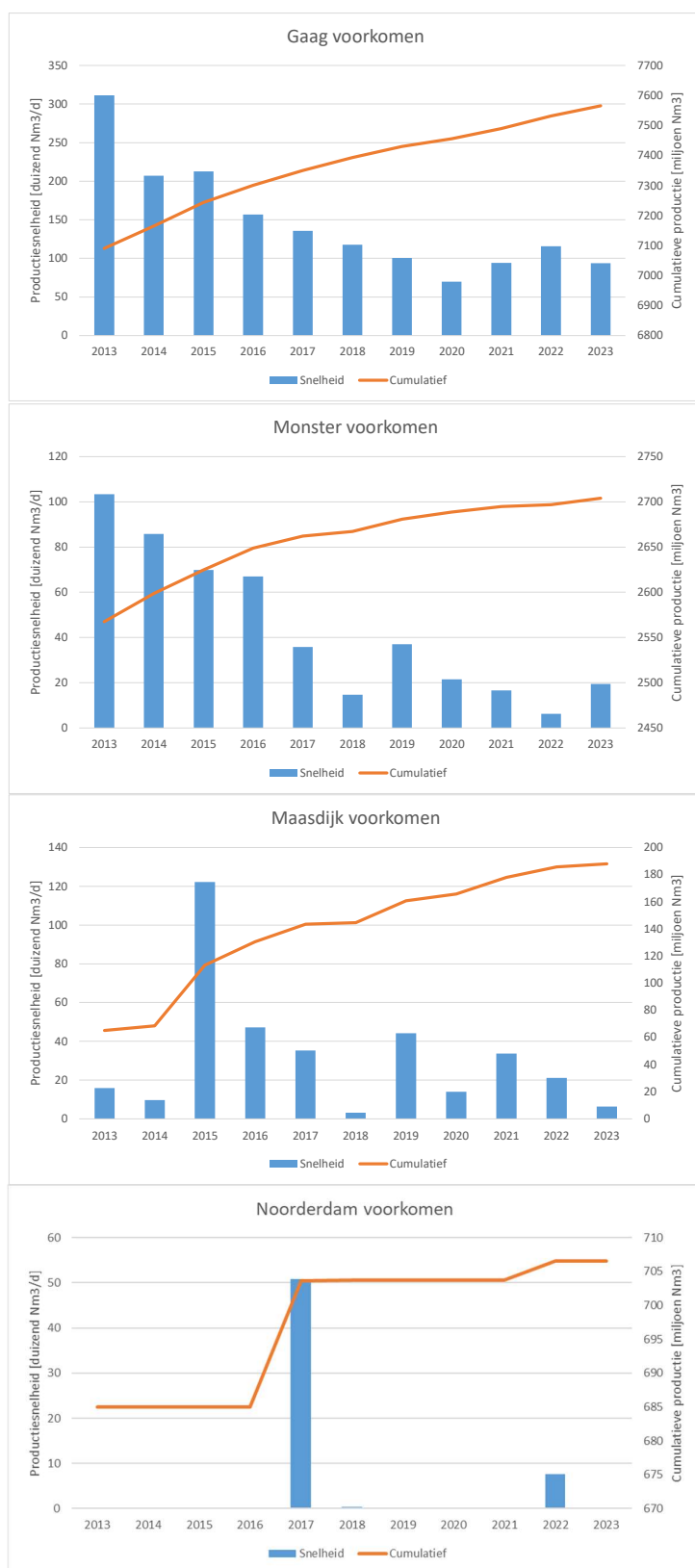
Tabel 6-1 geeft de historische productie getalsmatig per voorkomen weer en Figuur 6-1 geeft de productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer.

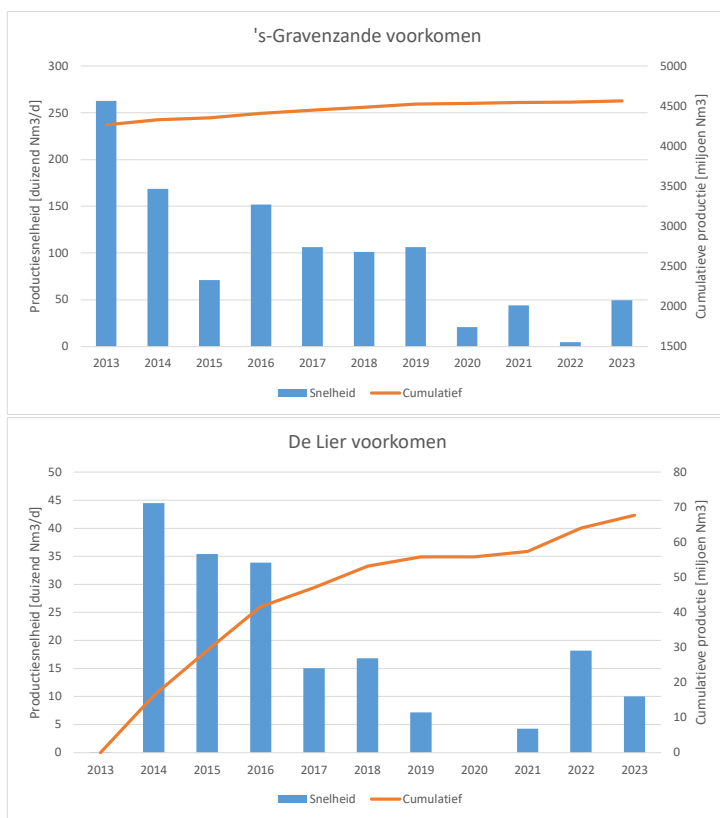
Tabel 6-1: Historische productie per voorkomen.

Productie [in miljoen Nm ³]	Historische productie t/m 2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Gaag	5482	304	174	129	186	227	211	106	157	114	76
Monster	2007	112	58	110	94	57	48	24	21	38	31
Maasdijk	21	0	5	6	5	8	6	4	5	6	4
Noorderdam	0	0	154	331	128	53	17	3	0	0	0
's-Gravenzande	2016	395	298	465	307	230	192	112	156	96	62
De Lier (gas)	0*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16

Productie [in miljoen Nm ³]	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Historische productie t/m 2023
Gaag	78	57	50	43	37	26	34	42	34	7566
Monster	26	25	13	5	14	8	6	2	7	2704
Maasdijk	45	17	13	1	16	5	12	8	2	188
Noorderdam	0	0	19	0	0	0	0	3	0	707
's-Gravenzande	26	56	39	37	39	8	16	2	18	4568
De Lier (gas)	13	12	5	6	3	0	2	7	4	68*

*De historische gasproductie uit het de Lier zuid blok is 2229 miljoen Nm³. Hier is alleen het, nog producerende, de Lier noord blok meegenomen.





Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie van de voorkomens.

6.2 Onzekerheden

De onzekerheid van toekomstige productie van de voorkomens in dit winningsplan is afhankelijk van verschillende factoren:

- De hoeveelheid formatiewater die met het gas zal worden mee geproduceerd.
- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande put.
- De minimale productiesnelheid die de bestaande put nodig heeft om stabiel te produceren.

Deze onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoirgedrag van de bestaande putten.

6.3 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.

In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De "Statische GIIP" geeft de hoeveelheid gas 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 als percentage van de totale winning ten opzichte van het oorspronkelijke aanwezige gas.

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

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

Met deze monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, de mogelijkheid van compartimentalisatie in het reservoir en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd. Indien de productieprestatie van de put over tijd vermindert, kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken (*clean-out*) of om opnieuw te perforeren.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage.

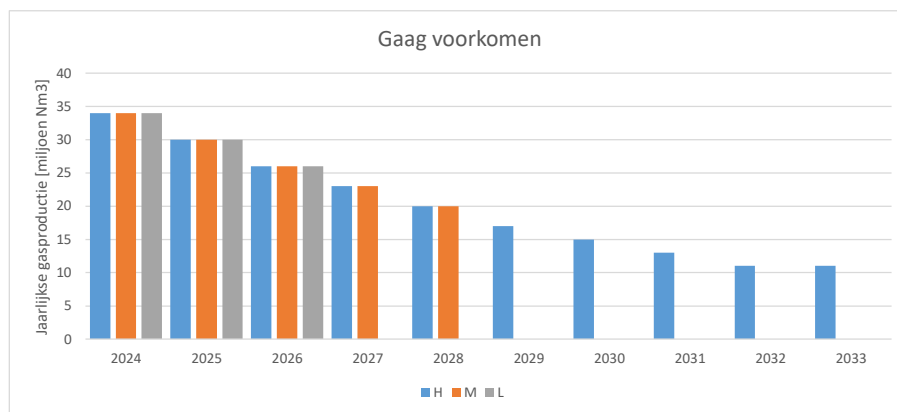
Voorkomen	Totale winning tot eind 2023	Statistische GIP (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (MIDDEN)	Verwacht winningspercentage (Midden)	VERWACHTE TOTALE WINNING (HOOG)	Verwacht winningspercentage (Hoog)
	[miljoen Nm ³]	[miljoen Nm ³]	[miljoen Nm ³]	[%]	[miljoen Nm ³]	[%]
Gaag	7566	7920	7699	97	7766	98
Monster	2704	4140	2801	68	2856	69
Maasdijk	188	3470	272	8	294	8
Noorderdam	707	1100	724	66	818	74
's-Gravenzande	4568	5100	4645	91	4680	92
De Lier (gas)	68	308	90	29	96	31

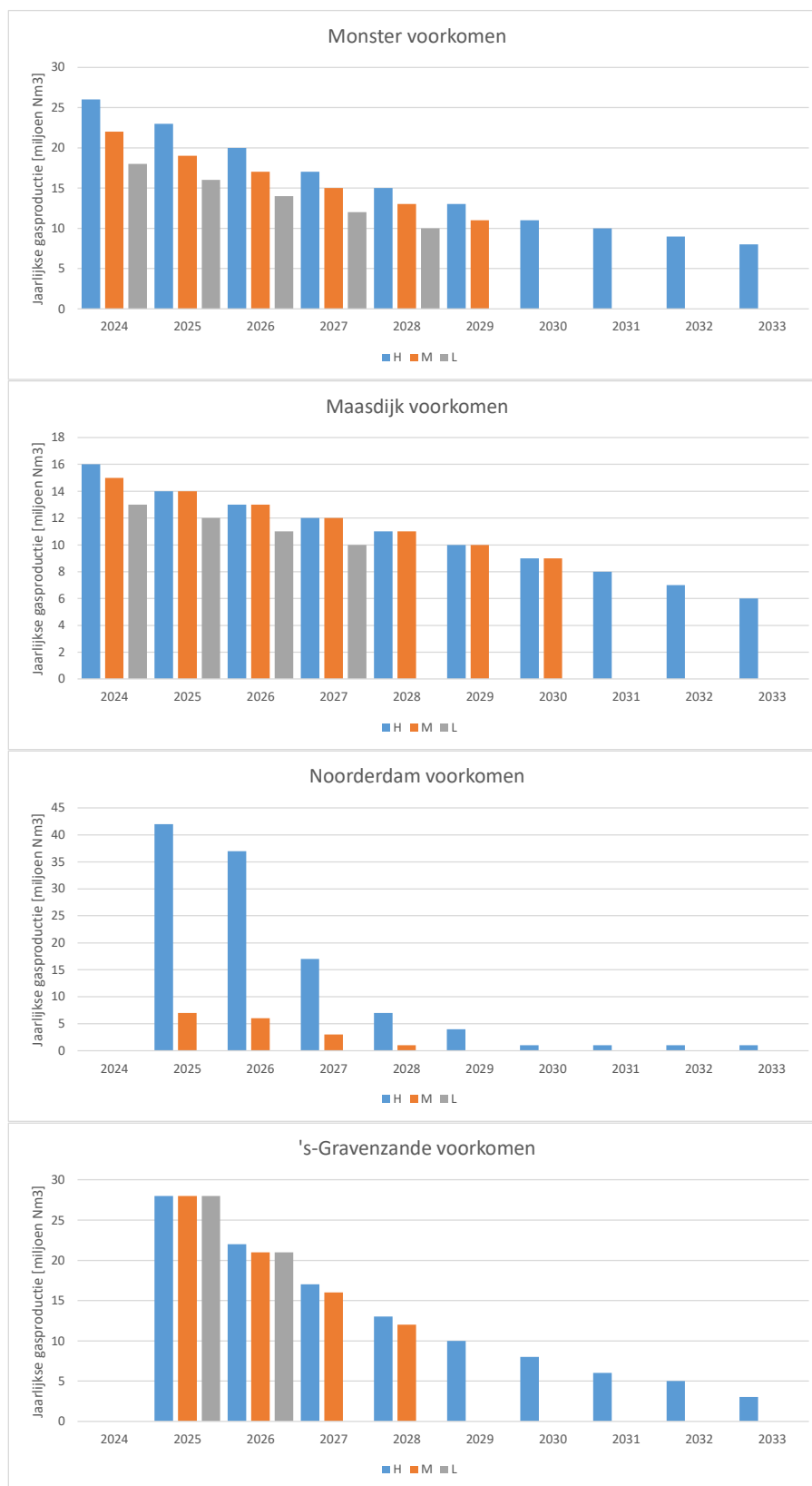
6.4 Winningssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

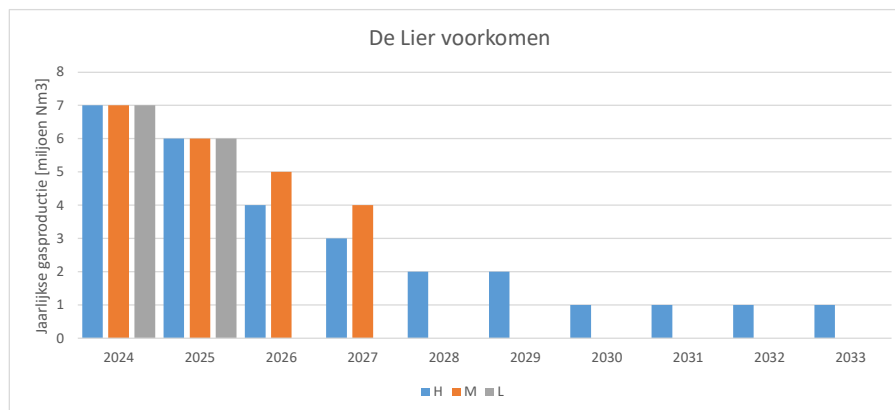
Deze paragraaf beschrijft de verwachte productieprofielen per voorkomen. De productie kent in tijd en volume de nodige onzekerheden. Om deze reden zijn drie productie scenarios , laag, midden en hoog uitgewerkt in Tabel 6-3 en Figuur 6-2. Deze profielen zijn gebaseerd op decline-curve analyse en zijn indicatief. De daadwerkelijk gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen. Echter, de uiteindelijke totale winning zal binnen het maximaal vergunde volume blijven.

Tabel 6-3: Verwachte jaarlijkse productie.

Productie [in miljoen Nm3]	Scenario	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Gaag	H	34	30	26	23	20	17	15	13	11	11	
	M	34	30	26	23	20						
	L	34	30	26								
Monster	H	26	23	20	17	15	13	11	10	9	8	
	M	22	19	17	15	13	11					
	L	18	16	14	12	10						
Maasdijk	H	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
	M	15	14	13	12	11	10	9				
	L	13	12	11	10							
Noorderdam	H		42	37	17	7	4	1	1	1	1	
	M		7	6	3	1						
	L											
's-Gravenzande	H		28	22	17	13	10	8	6	5	3	
	M		28	21	16	12						
	L		28	21								
De Lier (gas)	H	7	6	4	3	2	2	1	1	1	1	
	M	7	6	5	4							
	L	7	6									







Figuur 6-2: Verwachte jaarlijkse productie per voorkomen

6.5 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Op basis van het Hoog scenario duurt de productie naar verwachting tot en met 31 december 2033. 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.

6.6 Jaarlijks eigengebruik bij winning

De geschatte hoeveelheid gas voor eigen gebruik is minder dan 0,45 mln Nm³ per jaar voor de Gaag-Monster installaties. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit 2023 en dienen als indicatie gebruikt te worden.

6.7 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Tijdens normale productie wordt geen gas afgefakkeld of afgeblazen.

6.8 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Tabel 6-4 geeft de samenstelling van het geproduceerde gas per voorkomens, op basis van analyses van gasmonsters. De condensaat-gas ratio is constant over tijd, waardoor het jaarlijkse volume condensaat samen met de gasproductie afneemt over tijd. Samen met het gas wordt ook een beperkte hoeveelheid water meegeproduceerd, variërend tussen de 5000 en 7000 m³ per jaar. Deze hoeveelheid is gebaseerd op de historische productietrend en een inschatting van de ontwikkeling van de gas-water-ratio. De afvoer van het productiewater wordt beschreven in paragraaf 3.2.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling.

Gaseigenschap	Gaag	Monster	Maasdijk	Noorderdam	's-gravenzande	De Lier
Condensaat-gas ratio ($\text{sm}^3/\text{mln Nm}^3$)	142	127	186	108	95	75
Condensaat dichtheid (kg/Sm^3)	780	774	788	756	785	730
Relatieve Gas Dichtheid (lucht=1)	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,7
Verbrandingswarmte van het gas (MJ/Nm^3)	43,4	43,1	42,3	42,6	43	45,0
Wobbe index gas (MJ/Nm^3)	54,8	55,0	53,6	53,7	54,2	55,7
C₁ (mol%)	92,2	91,3	87,4	90,5	90,3	87,5
H₂S (mol%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO₂ (mol%)	0,9	1,7	1,5	1,7	1,0	0,2
N₂ (mol%)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	1,0

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

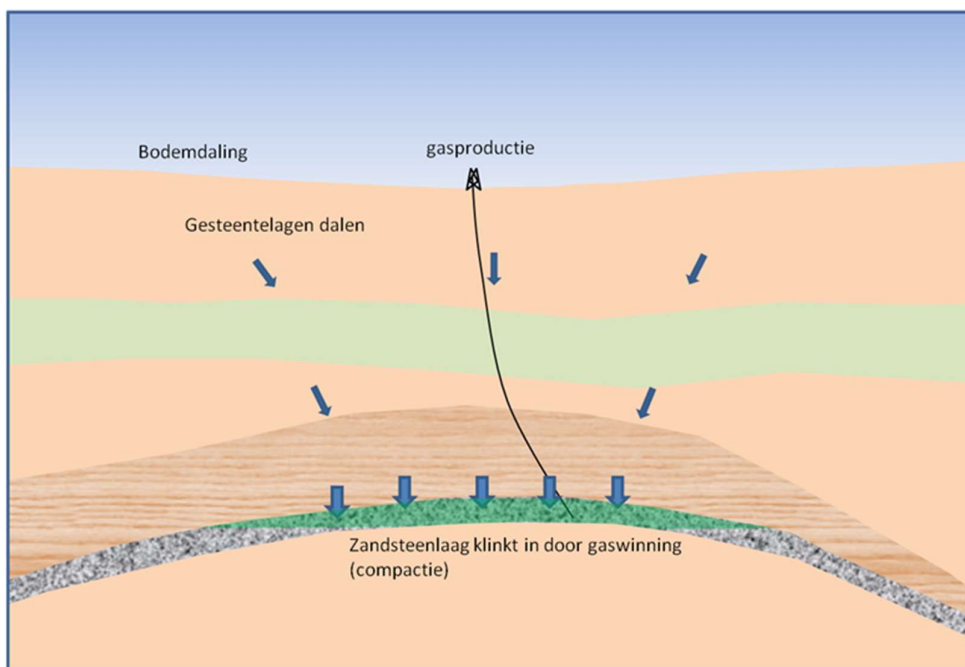
In de voorkomens Gaag, Monster, Maasdijk, Noorderdam, 's-Gravenzande en De Lier worden geen delfstoffen en andere stoffen teruggebracht in de ondergrond.

7 BODEMDALING

De bodemdalingprognose van dit winningsplan laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven de gasvelden in dit winningsplan maximaal 2 cm bedraagt als gevolg van productie uit deze velden. De totale verwachte cumulatieve bodemdaling door productie uit deze velden is maximaal 6 cm en 8 cm inclusief onzekerheid. Dit is vergelijkbaar met de inschatting van de bodemdaling volgens het vigerende winningsplan uit 2017.

7.1 Inleiding: 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 kleinere gasvelden, zoals Gaag, Monster, Maasdijk, de Lier, 's-Gravenzande en Noorderdam, zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak een fractie zijn van de compactie in de gasvoerende laag. Het volume van de bodemdalingssom 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 bodemdalingssommen.



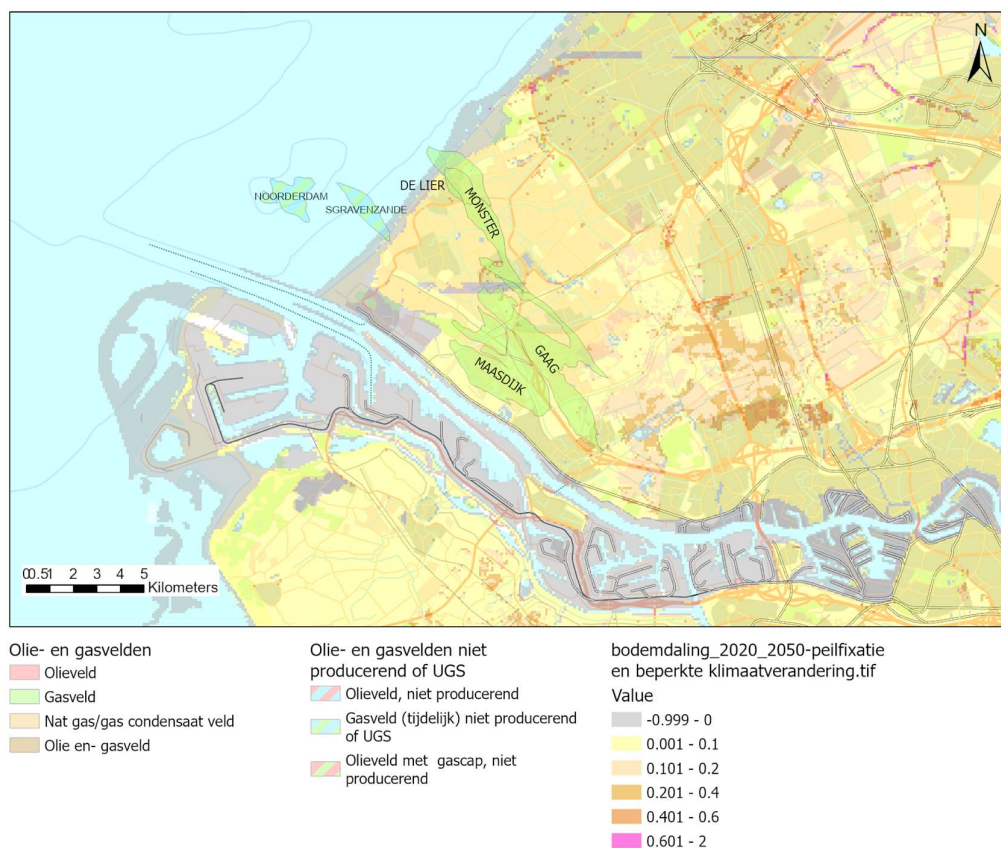
Figuur 7-1: Drukval in het reservoir zal leiden tot (beperkte) bodemdaling. (Let op: figuur niet op schaal).

7.2 Bodemdaling door natuurlijke processen

Ter informatie wordt in deze paragraaf de bodemdaling beschreven die niet wordt veroorzaakt door de gaswinning. Deze vorm van bodemdaling wordt samengevat onder de term autonome bodemdaling. De klimaateffectatlas¹ toont verschillende toekomstscenario's voor de mogelijke autonome bodemdaling in Nederland. Veenoxidatie en veen/klei inklinking, door ontwatering, zijn in Nederland de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. Deze bodemdaling kan verminderd worden door het peil van het oppervlaktewater (en daarmee indirect de grondwaterstanden) hoog te houden (peilfixatie). Wanneer de bodem natter wordt, zal er minder veenafbraak plaatsvinden en zal de bodem minder worden samengedrukt. In dit scenario is de peilfixatie gecombineerd met het gematigde klimaatscenario. Het resultaat toont een beperkte bodemdaling.

Het is onwaarschijnlijk dat peilfixatie overal in Nederland kan worden uitgevoerd. De grootschalige peilfixatie in deze studie is bedoeld om te laten zien op welke manier menselijk handelen bodemdaling kan beperken. Het is daarbij belangrijk om te realiseren dat peilfixatie tot een steeds langzamere bodemdaling leidt, die echter nog decennia kan aanhouden en tot steeds nattere omstandigheden kan leiden. In de meeste gevallen kan dit niet plaatsvinden zonder aanzienlijke aanpassingen in het landgebruik of de intensiteit daarvan. Het is daarom waarschijnlijker dat er (peil)maatwerk zal worden toegepast om de klimaatdoelen te halen. Omdat nu nog niet duidelijk is welke maatregelen Nederland hiervoor gaat nemen, kan een scenario gebaseerd op peilmaatwerk nog niet worden doorgerekend.

Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2020-2050 op basis van een ingeschatte beperkte klimaatverandering. De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil gefixeerd is en niet meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Boven de velden in dit winningsplan is de autonome daling tussen de 0 en 10 cm, met uitschieters tot 40 cm voor de periode 2020-2050.



Figuur 7-2: Maaiveld daling (m) over een periode van tussen 2020 en 2050 jaar bij handhaving van huidige peil en beperkte klimaatverandering van het klimaat (bron: klimaateffectatlas).

¹ <https://www.klimaateffectatlas.nl/nl/>

7.3 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Meten 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 gasvoorkomen wordt gemeten. Dat gebeurt, sinds de start van de gaswinning, door waterpassing op een reeks punten in een meetnet, boven en rondom het voorkomen. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Door een combinatie van berekeningsmethoden en meetpunten in gefundeerde huizen en andere infrastructuur, wordt de autonome bodemdaling zoveel mogelijk gescheiden van de bodemdaling door gaswinning.

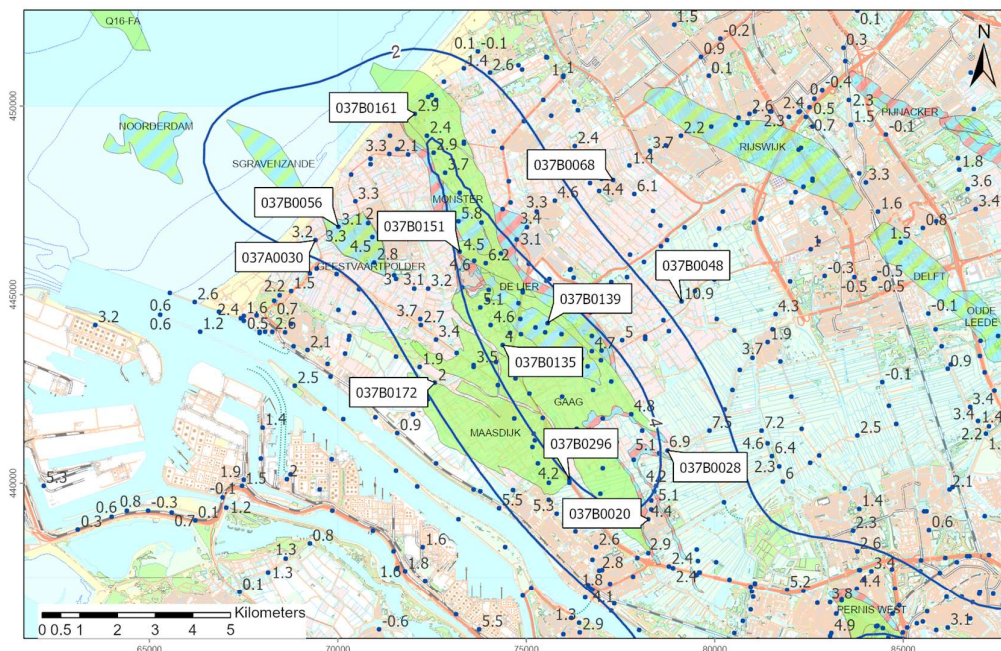
Het meetplan, waarin de frequentie en de plaats van de metingen worden vastgelegd, wordt jaarlijks geactualiseerd en voorgelegd ter beoordeling aan SodM en het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Na de goedkeuring van het meetplan worden de metingen uitgevoerd, verwerkt en in de vorm van een meetregister aangeboden ter beoordeling aan SodM die de mijnbouwmaatschappij informeert of de rapportage aan de wettelijke eisen voldoet.

Figuur 7-3 toont de gemeten bodemdaling op de punten voor de periode tussen 1989 en 2022. In deze periode is de gemeten bodemdaling boven de voorkomens van dit winningsplan maximaal 7 cm. De reden dat er geen getallen naast vele punten staan is dat deze punten in 1989 en/of in 2022 niet zijn aangemeten. In de berekening van de bodemdaling (zie volgende paragraaf) wordt vanzelfsprekend gebruik gemaakt van alle beschikbare data. De variatie in de waarden voor de metingen is in dit gebied vrij groot, niet alleen boven de gasvelden maar ook daarbuiten. Zo laat het gebied ten noordoosten van de gasvelden, rondom het peilmerk 037B0068, een bodemdaling van respectievelijk 1,4, 4,4 en 6,1 cm zien. Deze grote variatie kan niet verklaard worden door bodemdaling door gaswinning. Deze vorm van bodemdaling zorgt immers voor een geleidelijke en gladde bodemdaling. Het is dus waarschijnlijk dat deze variatie wordt veroorzaakt door andere oorzaken.

Geconcludeerd wordt dat de metingen een variabel beeld laten zien, zowel voor de metingen buiten de gasvelden als boven de gasvelden. De bodemdaling die niet door gaswinning wordt veroorzaakt (autonome daling) ligt voor de getoonde periodes tenminste rond de 1 à 2 cm (spreiding tussen de 0 en 11 cm). Deze autonome daling is dan ook een plausibele verklaring voor de verschillen tussen de gemeten en gemodelleerde bodemdaling (Figuur 7-3).

Berekenen van bodemdaling

Naast het meten van de bodemdaling wordt er ook een berekening gemaakt van de bodemdaling met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). Dit wordt gedaan voor zowel de historische en toekomstige bodemdaling. Het huidige bodemdalingsmodel voor de voorkomens van dit winningsplan maakt gebruik van een lineair bodemdalingsmodel. Dat wil zeggen dat de compactie, en daarmee de bodemdaling, zich lineair verhoudt tot de drukdaling in de gasvelden.

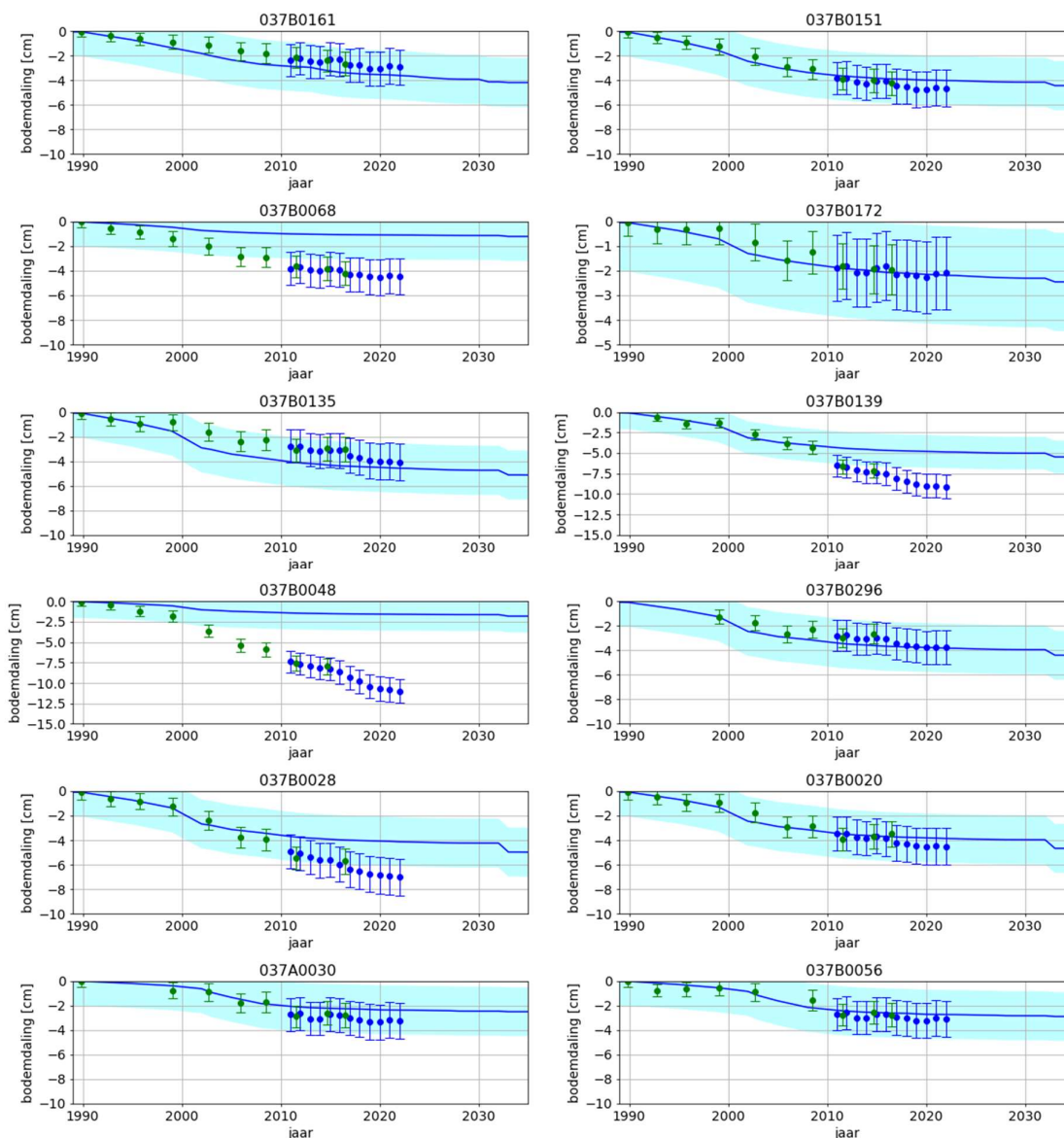


Legenda

Olie- en gasvelden		Olie- en gasvelden niet producerend of UGS	
 Olieveld		 Olieveld, niet producerend	
 Gasveld		 Gasveld (tijdelijk) niet producerend	
 Nat gas/gas condensaat veld		 Olieveld met gascap, niet producerend	
 Olie- en gasveld			

Figuur 7-3: In 2022 gemeten bodemdaling in cm (sinds de meting in 1989), weergegeven op de peilmerken (punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm. De bodemdaling in tijd voor de aangegeven punten worden getoond in Figuur 7-4.

Boven en naast de velden van dit winningsplan zijn meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd bodemdaling is gemeten. Figuur 7-4 toont de bandbreedte van de cumulatieve bodemdaling in het gebied in vergelijking met de metingen. Een aantal metingen tonen meer bodemdaling dan het model. Deze metingen liggen aan de rand of buiten veld en illustreren nogmaals de waarschijnlijkheid van andere (dan bodemdaling door gaswinning) oorzaken van bodemdaling in dit gebied. Het punt 037B0048 is het meest illustratief voor deze situatie. Dit punt wordt omringd door punten waar minder bodemdaling gemeten wordt, terwijl de rand van veld op een afstand ligt van ongeveer 2 km.



Figuur 7-4: Vergelijking van gemeten bodemdaling (met behulp van waterpassing (groen) en InSAR (blauw) en berekende bodemdaling (blauwe lijn) voor de peilmerken boven en nabij de voorkomens van dit winningsplan. De meetonzekerheid in de metingen ligt in de orde van een cm per meetpunt (voor een specifiekere uitwerking van de nauwkeurigheid van geodetische metingen, zie het LTS-II vervolgstudie rapport²). De blauwe lijn toont de verwachte gemodelleerde bodemdaling op deze locatie. Het lichtblauwe gebied toont de onzekerheid van het model (2 cm). De locatie van de peilmerken is aangegeven in Figuur 7-3.

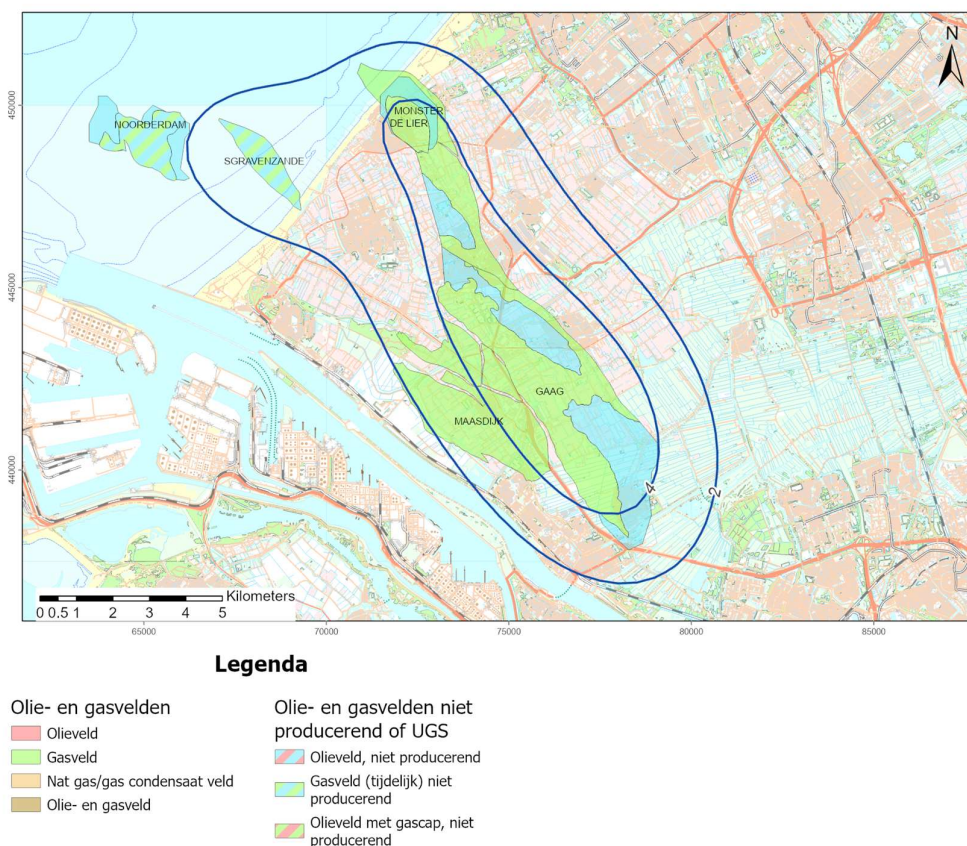
7.4 Bodemdalingsvooruitzichten

Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en het verwachte productiescenario zoals beschreven in dit winningsplan is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit de velden van dit winningsplan opgesteld. Deze toekomstige bodemdaling bedraagt minder dan 2 cm. De verwachte bodemdaling als gevolg van gaswinning uit deze voorkomens, vanaf start winning tot 2035, is

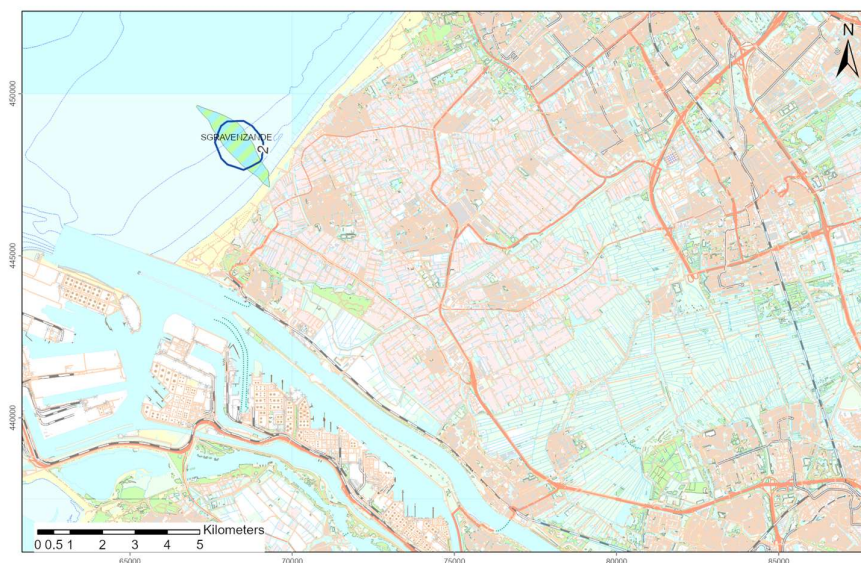
² NAM (2017) Ensemble Based Subsidence application to the Ameland gas field – long term subsidence study part two (LTS-II) continued study, EP201710200509 (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/wadden/en/b2bb2626-2cf8-4d7f-994d-04a9995ebe9d>)

maximaal 6 cm. (Figuur 7-5). De bodemdaling van start winning tot einde winning is getoond in Figuur 7-6 voor het voorkomen 's-Gravenzande, Figuur 7-7 voor het voorkomen Gaag en in Figuur 7-8 voor het voorkomen Monster. De bodemdaling van start winning tot einde winning is voor de voorkomens de Lier, Noorderdam en Maasdijk minder dan 2 cm en daarom zijn voor deze velden geen figuren getoond.

Naast de drukkaling in het gasveld kan er ook drukkaling ontstaan in de aangrenzende delen van de reservoirlaag die watervoerend zijn, de zgn. laterale aquifers. Deze delen van de reservoirlaag kunnen ook in druk dalen en daardoor compacteren met als gevolg een additionele (beperkte) bodemdaling. In de berekening wordt aangenomen dat de drukkaling, tijdens de productiefase, in deze laterale aquifers de helft is van de drukkaling in het gasveld. Aan het einde van de gasproductie wordt de druk van het aquifer gelijkgesteld aan de druk van het gasveld. De aanname van volledige drukkaling in de aquifer is een conservatieve aanname, omdat in werkelijkheid de drukkaling in een watervoerend gedeelte van het reservoir later en trager op gang komt. Deze overgang is goed te zien in Figuur 7-4 als een verspringing in de bodemdaling, eind 2033. Deze laterale aquifers zijn als blauwe vlakken getoond in Figuur 7-5, Figuur 7-7 en Figuur 7-8.



Figuur 7-5: De bodemdaling vanaf start winning in 1989 tot 2035 veroorzaakt door de gasproductie uit alleen de velden behorende tot dit winningsplan. Daarnaast zijn in deze figuur ook de aquifers van de Gaag, Monster, Noorderdam en de Lier velden, zoals gebruikt in het bodemdalingsmodel, getoond.



Legenda

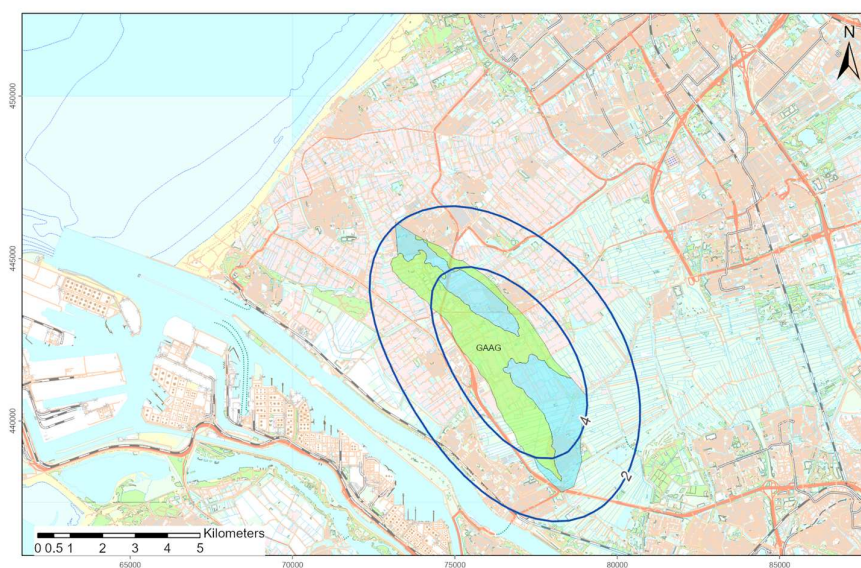
Olie- en gasvelden niet
producerend of UGS

Olieveld, niet producerend

Gasveld (tijdelijk) niet
producerend

Olieveld met gascap, niet
producerend

Figuur 7-6: De bodemdaling vanaf start winning in 2002 tot 2033 veroorzaakt door de gasproductie uit alleen het 's-Gravenzande gasveld.



Legenda

Olie- en gasvelden

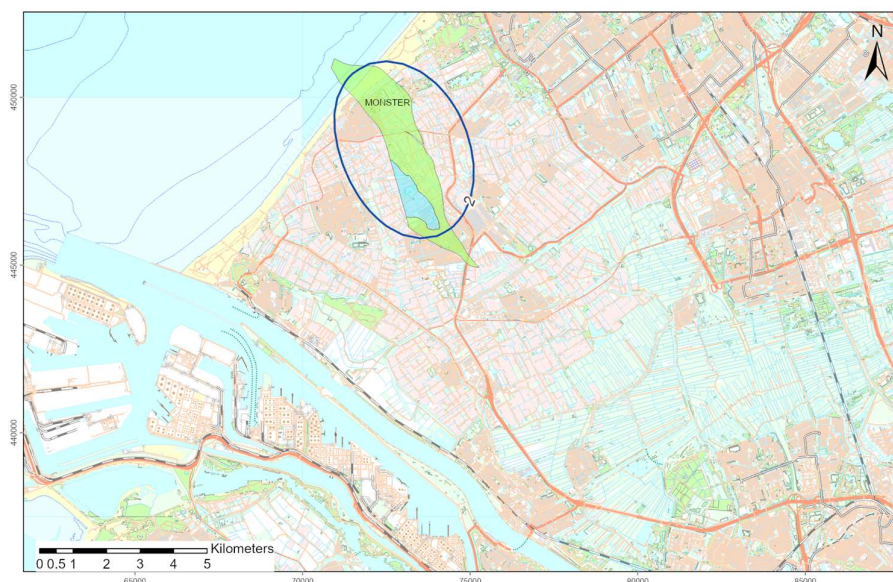
Olieveld

Gasveld

Nat gas/gas condensaat veld

Olie- en gasveld

Figuur 7-7: De bodemdaling vanaf start winning in 1989 tot 2035 veroorzaakt door de gasproductie uit alleen het Gaag gasveld. Daarnaast zijn in deze figuur ook de aquifers van het Gaag veld zoals gebruikt in het bodemdalingsmodel getoond.



Legenda

Olie- en gasvelden

Olieveld

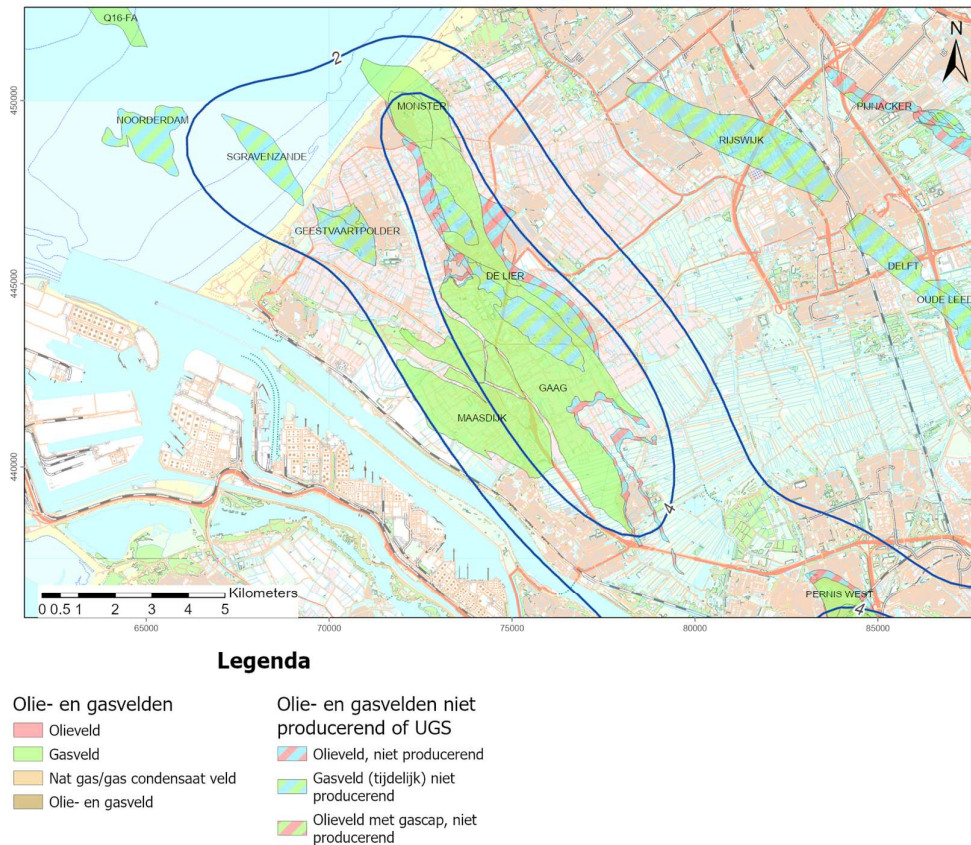
Gasveld

Nat gas/gas condensaat veld

Olie- en gasveld

Figuur 7-8: De bodemdaling vanaf start winning in 1990 tot 2035 veroorzaakt door de gasproductie uit alleen het Monster gasveld. Daarnaast zijn in deze figuur ook de aquifers van het Monster veld zoals gebruikt in het bodemdalingsmodel getoond.

De uiteindelijke verwachte totale *cumulatieve* bodemdaling door gaswinning vanaf de start van de gaswinningen in het gebied voor het jaar 2035 wordt weergegeven in Figuur 7-9. Deze is minder dan 6 cm.



Figuur 7-9: Voorspelling van de verwachte totale cumulatieve bodemdaling in 2035 na afloop van de gaswinning. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

7.5 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling door productie uit de voorkomens van dit winningsplan is maximaal 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. Inclusief de onzekerheid blijft de maximale toekomstige bodemdaling veroorzaakt door de winning uit de velden van dit winningsplan onder de 2 cm.

De modelonzekerheid is ± 2 cm voor de berekeningen van de totale bodemdaling. Inclusief deze onzekerheid zal de maximale cumulatieve totale bodemdaling ten gevolge van gaswinning kleiner zijn dan 8 cm.

7.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Deze schotel veroorzaakt een zeer geringe helling op basis van een paar centimeter verval 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, voorkomens maximaal 2 cm.

De cumulatieve totale daling, inclusief onzekerheid, zal uiteindelijk maximaal 8 cm bedragen.

Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is, wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken en 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 beeld³. Bodemdaling kan wel een effect hebben op de waterhuishouding. Mogelijke maatregelen worden hieronder beschreven.

Mogelijke effecten op natuur en milieu door bodemdaling worden beschreven in hoofdstuk 9.

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

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning als beschreven in dit winningsplan is maximaal 2 cm. Dit is een zeer beperkte bodemdaling en daarom worden geen maatregelen voorzien om bodemdaling door gaswinning uit de velden van dit winningsplan te voorkomen dan wel te beperken. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Zuid-Holland worden gemonitord.

³ Rapport diepe bodemdaling en stijging gepubliceerd (schadedoormijnbouw.nl)
(<https://www.schadedoormijnbouw.nl/nieuws/rapport-diepe-bodemdaling-en-stijging-gepubliceerd>)

8 BODEMTRILLING

De seismische risicoanalyse laat zien dat de Maasdijk, 's-Gravenzande, Noorderdam en de Lier voorkomens in categorie I vallen. De Gaag en Monster voorkomens vallen in categorie II. Alle voorkomens onder het vaste land voldoen aan de eisen die horen bij een risicocategorie II veld. In dit hoofdstuk 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.

8.2 Historische bevingen in de gasvelden van dit winningsplan

Boven de voorkomens van dit winningsplan zijn tot nu toe geen bevingen geregistreerd. In de provincie Zuid-Holland zijn nog nooit bevingen geregistreerd ten gevolge van de gaswinning.

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁴. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-3. 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. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B. De Maasdijk en de Lier voorkomens vallen in risicocategorie I. Deze risicobeoordeling komt doordat het de Lier voorkomen een lage breukdichtheid heeft en het Maasdijk voorkomen weinig depletie kent. De kans op beven wordt daardoor op verwaarloosbaar ingeschat en daarmee komen de voorkomens automatisch in categorie I. Er is daarom geen verdere risicoanalyse (stap 2) nodig voor deze twee voorkomens.

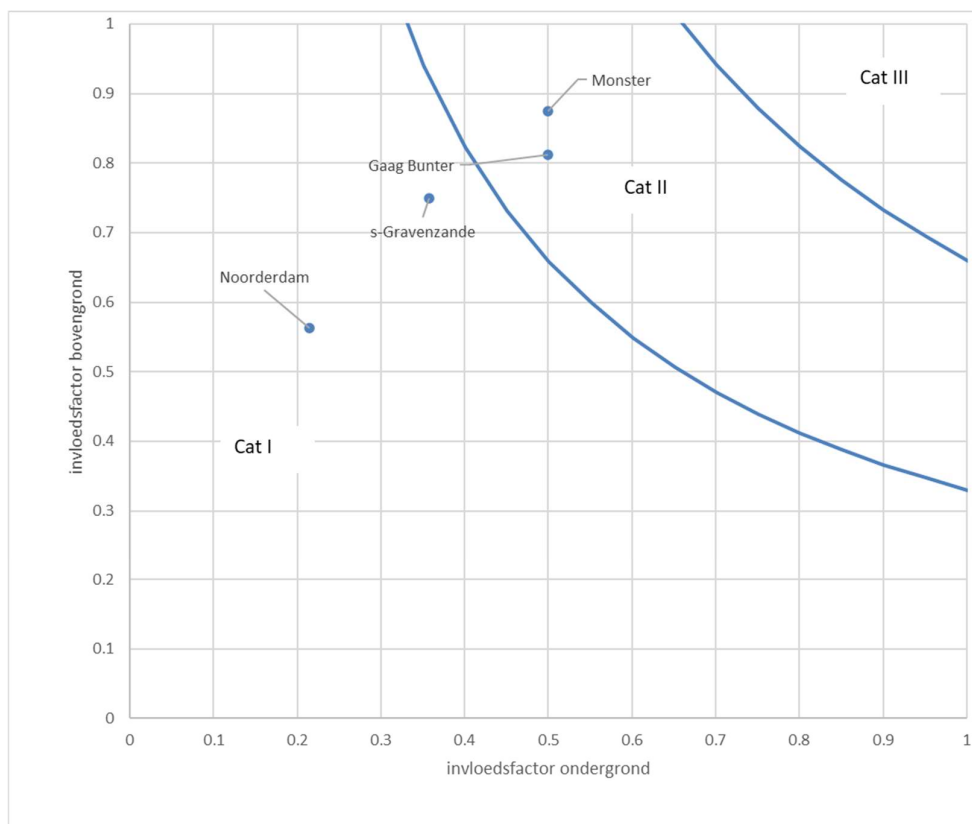
De overige voorkomens hebben geen verwaarloosbare kans op beven. De positie van deze velden in de risicomatrix wordt getoond in Figuur 8-1.

Vergeleken met het vigerend winningsplan uit 2017 blijven de Gaag, de Lier, Noorderdam en 's-Gravenzande voorkomens in dezelfde risicocategorie. Het Monster voorkomen gaat van categorie I naar categorie II en het Maasdijk voorkomen gaat van categorie II naar categorie I. De redenen dat Monster nu in een hogere categorie wordt geplaatst zijn een nieuwe manier voor de inschatting van de kans op beven en een andere inschatting van de opslingering van een mogelijke beving boven het veld. De inschatting van opslingering is veranderd omdat, in vergelijking met het vigerende winningsplan, het percentage van het veld met daarboven slappe ondergrond hoger is. In het vigerende winningsplan is een inschatting gemaakt van het oppervlak van de slappe ondergrond op basis van het actief depleterende deel van het veld. In de

⁴ Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

huidige analyse is het volledige veldoppervlak meegenomen. Deze inschatting volgt beter de leidraad van SodM. Zoals eerder is aangegeven, is de depletie voor Maasdijk lager omdat deze nu berekend is als een gemiddelde voor het gehele veld.

Bijlage B ligt deze scores verder toe.



Figuur 8-1: Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

De leidraad van SodM schrijft additionele eisen voor indien voorkomens in categorie II (Gaag en Monster) vallen:

- duiding van de uitkomst van de risicomatrix analyse (Mbw 34.g en Mbb. 24.1.q);
- monitoring met een minimale cataloguscompleetheit in de omgeving van het veld van magnitude 1,5;
- monitoring in de omgeving van het veld aanvullen met accelerometers op de geofoonlocaties;
- implementeren generiek seismisch-risicobeheersplan.

De volgende paragrafen beschrijven de invulling om tegemoet te komen aan deze eisen.

Over het algemeen leiden geïnduceerde bevingen door olie- en gasproductie in de meeste gevallen niet 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.

In 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macrozeismische 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, de lokale grondsamenstelling en de 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 het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in een rapport van TNO⁵. Meer duiding over de mogelijke gevolgen van een beving wordt gegeven in het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden dat te vinden is op de NAM-website⁶. Hoofdstuk 9 beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrillingen op de natuur of het milieu.

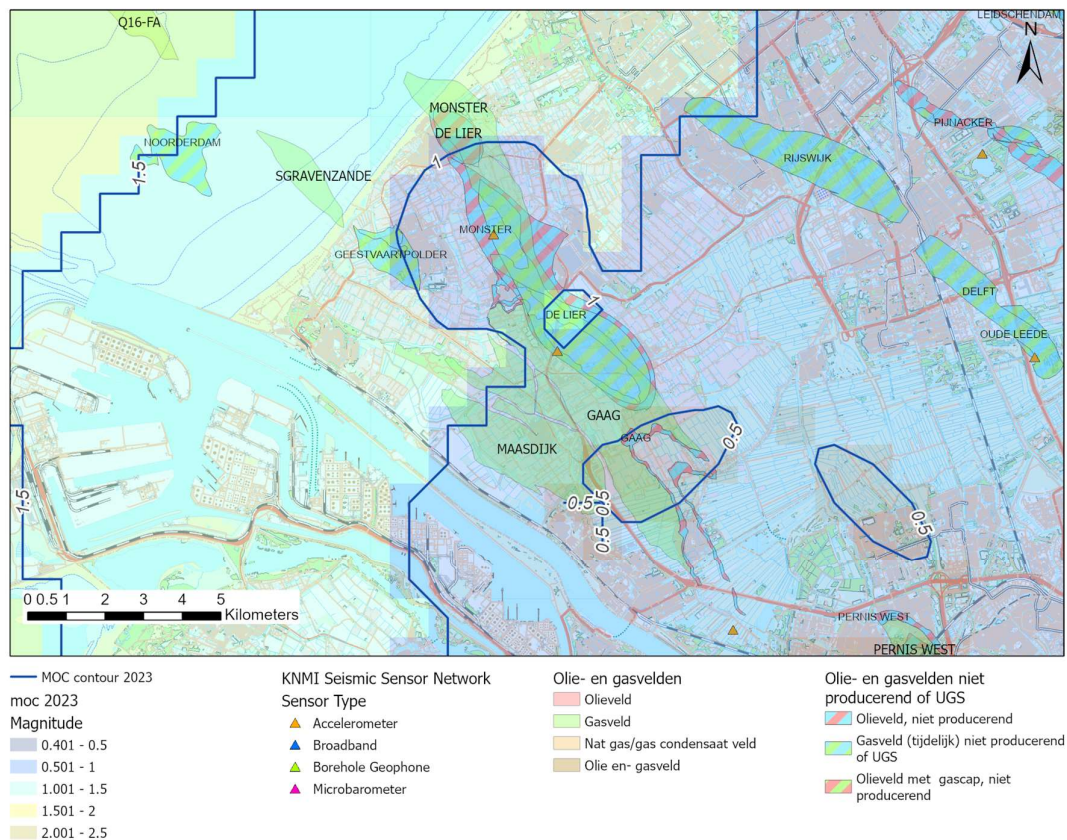
8.4 Monitoring van bodemtrillingen

Seismische monitoringstations (versnellingsmeters en boorgatstations) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een online-verbinding in contact met het KNMI. Een boorgatstation bestaat uit een aantal geofoons die op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* worden aangebracht. Een versnellingsmeter wordt op het maaiveld geïnstalleerd. 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. Boven de velden ligt de locatiedrempel tussen de magnitude 0,5 en 1,5 (Figuur 8-2). Tevens zijn er in de nabijheid van het veld een aantal versnellingsmeters geplaatst (Figuur 8-3). Hiermee voldoen de voorkomens van dit winningsplan aan de monitoringseisen die gesteld worden voor een risicocategorie II veld.

⁵ Kalibratiestudie schade door aardbevingen (TNO-rapport, TNO-034-DTM-2009-04435, 11 november 2009) (<https://www.nlog.nl/sites/default/files/tno-034dtm-2009-04435.zip>).

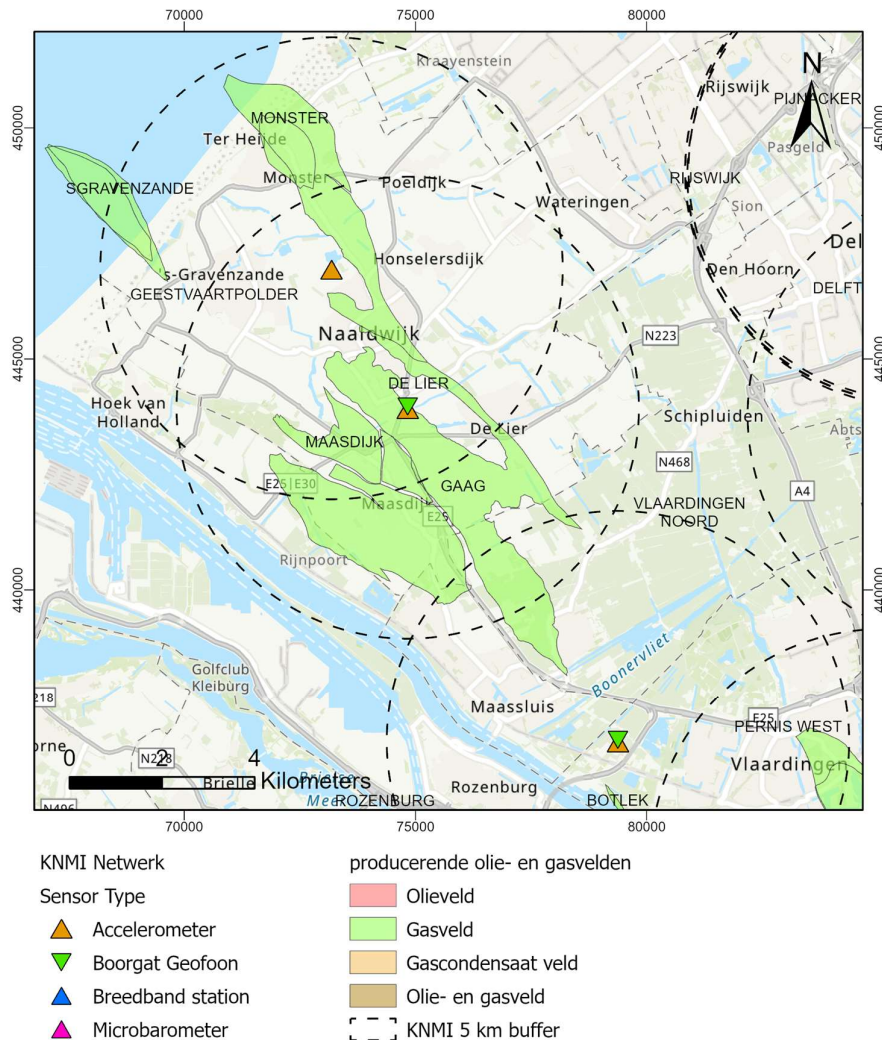
⁶ NAM (2017) Seismisch risico voor "kleine velden" (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>)



Figuur 8-2: Overzicht van de locatiedrempel in Nederland (status 2023)⁷. De driehoeken geven de locaties aan van de seismische monitoringstations.

Figuur 8-3 toont de dekking van de bestaande versnellingsmeters in dit gebied. Doelstelling is om alle voorkomens te monitoren van dit winningsplan met versnellingsmeters waarbij voor iedere meter een monitoringsstraal geldt van 5 km. Deze methode is goedgekeurd door het KNMI.

⁷ <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/seismische-maatstations>



Figuur 8-3: Dekking van de bestaande versnellingsmeters binnen het KNMI-netwerk.

8.5 Afhandeling van schade

Bij het vermoeden van mijnbouwschade door gaswinning uit kleine velden kunnen particulieren en micro-ondernemers zich vanaf 1 juli 2020 melden bij de Commissie Mijnbouwschade. De Commissie Mijnbouwschade helpt de juiste route te volgen bij het melden van deze mogelijke 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 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.

8.6 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden, is van toepassing op de gasvelden van dit winningsplan. Dit risicobeheersplan is te vinden op de NAM-website⁸. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen wanneer bevingen worden geobserveerd. Hierbij wordt gebruik 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 $M=3$. In dit beheersplan is ook meer informatie te vinden over de mogelijke schade door aardbevingen. Met dit beheersplan wordt voldaan aan de vierde en laatste eis van de SodM richtlijn.

⁸ NAM (2017) Seismisch risico voor "kleine velden" (<https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>)

9 OVERIGE OMGEVINGSASPECTEN

9.1 Algemeen

Voor natuur geldt een zorgplicht vanuit de Wet natuurbescherming. Beschermde en aangewezen natuurwaarden mogen niet nadelig worden beïnvloed.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van de velden in dit Winningsplan. Verder wordt de reikwijdte van de beoordeling van effecten op (beschermde) natuurwaarden voor de beschreven mijnbouwactiviteiten nader toegelicht.

Beschermde natuurgebieden

De dichtstbij gelegen Natura-2000 gebieden zijn 'Solleveld & Kapittelduinen' en 'Voordelta'. Het Natura-2000 gebied 'Solleveld & Kapittelduinen' ('oude' duinen die bijzonder zijn vanwege enkele heideterreinen en andere landschapselementen die herinneren aan het historisch agrarisch gebruik) ligt voor een klein deel direct boven de 's-Gravenzande, Monster en de Lier voorkomens. Het Natura-2000 gebied 'Voordelta' (ondiep zeegedeelte dat wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een gevarieerd en dynamisch milieu van kustwateren (zout), intergetijdengebied en stranden) ligt op zo'n 3 kilometer afstand van het Noorderdam voorkomen (zie Figuur 9-1).

Reikwijdte van de effectbeoordeling

In deze effectbeoordeling wordt gekeken naar mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemdaling door gasproductie uit de genoemde voorkomens.

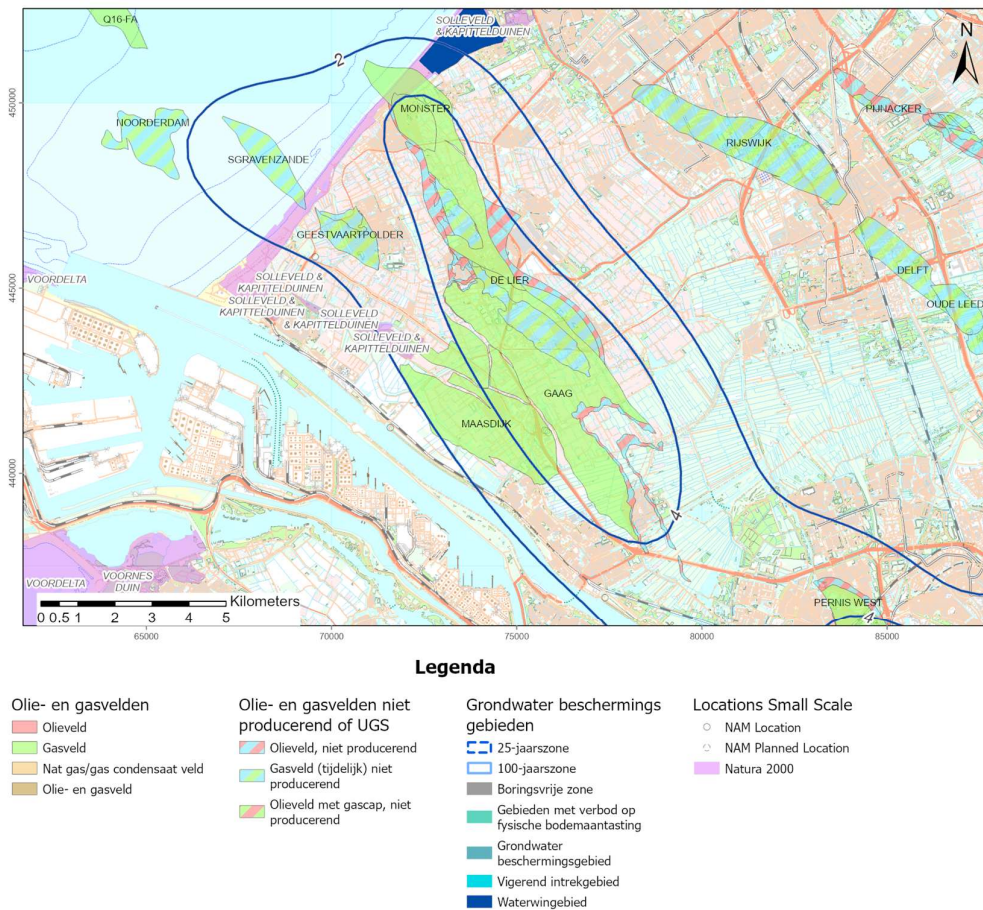
Mogelijke negatieve effecten op (beschermde) natuurwaarden als gevolg van bodemtrillingen worden niet verwacht. De kans op nadelige meetbare effecten van bodemtrilling op de Natura-2000 gebieden wordt, gezien de aard van de trillingen, als verwaarloosbaar geacht.

Effecten op natuur en milieu vanwege bodemdaling

Als gevolg van het winnen van gas uit de ondergrond kan bodemdaling optreden. De nog te verwachten bodemdaling door productie uit de velden van dit winningsplan is maximaal 2 cm (zie paragraaf 7.4).

De uiteindelijke verwachte totale cumulatieve bodemdaling door gaswinning vanaf de start van de gaswinningen in het gebied voor het jaar 2035 wordt weergegeven in Figuur 9-1. De verwachte cumulatieve totale bodemdaling door gaswinning uit alle velden uit de regio rond inclusief de Gaag, Monster, de Lier, Maasdijk, Noorderdam en 's-Gravenzande voorkomens in 2035 is maximaal 6 cm en 8 cm inclusief onzekerheid. Onder het Natura-2000 gebied 'Solleveld & Kapittelduinen' is de verwachte totale cumulatieve bodemdaling maximaal 4 cm en minder dan 2 cm boven het Natura-2000 gebied 'Voordelta'.

Deze bodemdaling is beperkt en verwacht wordt dat de bodemdaling door de gaswinning uit de voorkomens dan ook niet van wezenlijk invloed op (beschermde) natuurwaarden zal zijn. De bodemdaling leidt niet tot significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden, of tot een significante vermindering van de oppervlakte van het NNN-gebied (Natuurnetwerk Nederland) of van de samenhang tussen de gebieden. Daarnaast zal er vanwege deze zeer beperkte bodemdaling geen sprake zijn van verstoring, verlies of beschadiging van leefgebied van beschermde soorten.



Figuur 9-1: Voorspelling van de totale verwachte cumulatieve bodemdaling in 2035, vanaf de start tot na de beëindiging van de winning uit de gasvelden in deze regio. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan. In dit figuur zijn de contouren om de 2 cm getoond.

Bodem- / grondwaterverontreiniging

NAM bouwt, onderhoudt en beheert installaties zo dat het risico op bodem-/grondwaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. De Omgevingswet bevat regels hieromtrent die door NAM worden nageleefd, en Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet bovendien toe op deze naleving. Indien toch door een incident bodem-/grondwaterverontreiniging ontstaat, zal NAM deze verontreiniging saneren in het kader van de Wet bodembescherming. Gedeputeerde Staten van de desbetreffende provincie zijn hiervoor bevoegd gezag. NAM en de toezichthouders hanteren een strikt controlebeleid waardoor de kans op bodemverontreiniging zeer gering is. Gevaar voor de volksgezondheid door het optreden van incidenten is niet te verwachten.

Nieuwe activiteiten in relatie tot Natuur en Milieueffecten

Er zijn geen nieuwe activiteiten gepland die bovenstaande analyse kunnen veranderen.

9.2 NAM in de omgeving

De NAM (Nederlandse Aardolie Maatschappij) is een innovatief bedrijf dat energie levert aan de samenleving en de industrie. Dat doet zij door het opsporen, ontwikkelen en produceren van olie en gas uit de Nederlandse ondergrond. Het streven van NAM is om dit veilig en efficiënt te doen, zonder schade voor mens en milieu. Tijdens de energietransitie wil de NAM onderdeel zijn van de oplossing. Als Nederland een betrouwbaar energiesysteem wil behouden, is NAM van mening dat innovatie en aardgas nodig zijn voor de uitdagingen op het gebied van klimaat/samenleving (CO₂).

Historie

De NAM wint al sinds de jaren '50 aardgas en aardolie in Nederland. In 1959 werd het Groningen gasveld ontdekt, het grootste van Europa. Naast het Groningen gasveld, dat sinds 1 oktober 2023 gesloten is, wint de NAM gas en olie uit circa 175 kleine velden op land en zee. De NAM beschikt over een ruime ervaring en gedegen kennis van de olie- en gasindustrie, van zowel de diepe ondergrond als ook van de bovengrondse productiefaciliteiten. Als een betrouwbare operator van kleine gasvelden, draagt NAM met die kennis bij aan een optimale en stabiele binnenlandse gaswinning.

HSE (Health, Safety and Environment)

NAM is in Nederland actief in de winning van aardgas en aardolie uit kleine velden op land, dit doet de NAM in lijn met de wet- en regelgeving en vergunningsvoorwaarden die op haar activiteiten van toepassing zijn. Daarnaast hanteert NAM haar eigen basisprincipes op het terrein van HSE (Health, Safety and Environment), tesamen borgt dit een veilige en verantwoorde winning van aardgas. De NAM is voor de vergunningverlener, de toezichthouder en de omgeving aanspreekbaar op haar doen en laten. De NAM hanteert binnen haar bedrijf strenge criteria als het gaat om integriteit en gedrag.

De NAM realiseert zich dat zij met haar activiteiten gast is in een omgeving waarin mensen wonen, werken en verblijven en waar landschap, milieu en natuur zeer belangrijke waarden zijn. Enkele van haar kernwaarden hebben daar rechtstreeks mee te maken: vertrouwen, respect en verantwoordelijkheid.

Een goede buur

De NAM is diepgeworteld op lokaal en regionaal niveau in gemeenschappen waar zij actief is. Als goede buur weet zij wat er leeft in het dorp of de regio en levert zij een bijdrage aan het lokale welzijn. Maatschappelijke verantwoordelijkheidszin betekent ook deelnemen aan de samenleving en verantwoordelijkheid nemen. Al vele jaren ondersteunt de NAM met haar donatieprogramma lokale en regionale initiatieven. Enerzijds worden vele lokale leefbaarheidsprojecten en dorpsevenementen gesteund. Anderszijds investeert zij in het verduurzamen van sociale en maatschappelijke organisaties die een belangrijke rol spelen in het onderhouden en versterken van de sociale cohesie binnen een leefgemeenschap. Daarmee levert de NAM een structurele bijdrage aan het versterken van de jaarlijkse exploitatie. Zo helpt de NAM de energietransitie op lokaal niveau te versnellen.

Pro-actief omgevingsmanagement

De NAM hanteert een proactieve informatie-aanpak, waarbij de omgeving tijdig en openlijk informeren over zowel geplande als ongeplande activiteiten. Hiermee beoogt zij eventuele zorgen in een vroeg stadium te adresseren. De gebruikte communicatiekanalen omvatten nieuwsbrieven, social media-updates en een speciale NAM Omgevingsapp waar omwonenden de laatste informatie over haar activiteiten kan vinden. Daarnaast organiseert zij informatiebijeenkomsten en rondleidingen voor omwonenden en lokale overheden om hen inzicht te geven in de reguliere activiteiten in het algemeen en ingediende winningsplannen in het bijzonder. De NAM staat open voor feedback en past de communicatie aan op basis van input uit de omgeving. Deze aanpak resulteert in een constructieve dialoog en geeft de gemeenschap meer vertrouwen in het bedrijf.

Werkgelegenheid

NAM biedt direct en indirect werk aan duizenden mensen in heel Nederland. Zowel op kantoor als op de productielocaties werkt men volgens strenge normen en met de best beschikbare technieken. Medewerkers, ook die van aannemers, zijn in staat adequaat uitvoering te geven aan het uitgangspunt dat veiligheid voor mens en milieu in de omgeving waar zij werken voorop staat.

Verduurzamen van onze activiteiten

Tijdens het opschalen en ontwikkelen van duurzame energievormen, blijft aardgas nog geruime tijd een belangrijk onderdeel van de energiemix. Sinds 2024 heeft de NAM de ingekochte stroom die gebruikt wordt voor de productie en opslag van Nederlands aardgas volledig vergroend. Dit doet de NAM door het inkopen van GvO's (Garanties van Oorsprong) en door het vergroten van de opwekcapaciteit rondom haar eigen locaties. Zo wordt de CO₂-voetafdruk aanzienlijk verlaagd en draagt de NAM bij aan de verdergaande verduurzaming.

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
KGG	Ministerie van Klimaat en Groene Groei
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

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor de voorkomens van dit winningsplan is de onzekerheid in de compressibiliteit (C_m) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. Voor de voorkomens in dit winningsplan is een lineair compactiemodel gebruikt voor de passing en de prognose.

De C_m onzekerheid bevat meerdere componenten: onzekerheid over het compactiegedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van coreplug metingen. Niet al deze onzekerheden zijn kwantitatief te bepalen en daarom wordt er voor een inschatting ervaring uit het verleden gebruikt.

Voor een nieuw voorkomen wordt de onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingsmetingen is meer kennis beschikbaar gekomen over de combinatie van de depleterende dikte en compressibiliteit waarmee de onzekerheid geschat wordt op 25%. De onzekerheid voor de DP volgt uit de reservoirmodellen voor het "laag-midden-hoog" scenario. De vermenigvuldiging van de C_m met de DP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge C_m met een hoge DP wordt vermenigvuldigd geeft dit een maximum scenario voor de onzekerheid. Een combinatie van lage waarden geeft een minimum. Een vertaling van compactie naar bodemdaling kan worden gemaakt met behulp van de Geertsma formule:

$$H_{max} = 2 C_m (1 - \nu) \Delta P H \left(1 - \frac{D/R}{\sqrt{1 + (D/R)^2}} \right)$$

Waarbij:

- D : diepte veld [m]
- H : depleterende reservoirdikte [m], in deze analyse constant gehouden om dat de onzekerheid over de depleterende dikte verdisconteerd is in de C_m onzekerheid.
- ΔP : reservoir depletie (huidige druk – eind druk) [bar]
- ν : Poisson's ratio [-]
- R : straal van het veld [km], waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking met de veldcontouren zoals getoond in Figuur 7-5.

De waarden die gebruikt zijn in de bepaling van de toekomstige bodemdaling (en zijn onder- en bovengrens) worden getoond in Tabel 11-1 en Tabel 11-2. De bijbehorende drukprofielen zijn getoond in Bijlage D. De op deze manier berekende bodemdalingsonzekerheid is opgenomen in onderstaande Tabel 11-1. De C_m waarde volgt uit de kalibratie met de bodemdalingsmetingen. Het De Lier voorkomen kent een hogere compressibiliteit omdat deze gas produceert uit een geologisch jonger en zwakker reservoirgesteente.

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

	toekomstige drukdaling [bar]			Compressibiliteit	toekomstige bodemdaling [cm]			
Voorkomen	Laag productiescenario [bar]	Midden productiescenario [bar]	Hoog productiescenario [bar]	C_m (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
De Lier	3	6	9	1,65	25%	<2	<2	<2
Gaag	2	4	7	0,35	25%	<2	<2	<2
Maasdijk	6	12	16	0,25	25%	<2	<2	<2
Monster	4	5	9	0,59	25%	<2	<2	<2
's-Gravenzande	3	5	7	0,51	25%	<2	<2	<2
Noorderdam	0	5	34	0,43	25%	<2	<2	<2

Tabel 11-2: Overzicht van de overige invoerparameters en waarden, gebruikt voor bodemdalingsprognose.

Voorkomen	Diepte veld [m]	Gemiddelde depletende dikte [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Einddruk Midden productie scenario [bar]	Rigid basemen ⁹ [m]	Poissons ratio ¹⁰ [-]
De Lier	1365	50	145	113	106	2200	0,20
Gaag	2890	160	311	13	9	5000	0,20
Maasdijk	3495	108	432	392	380	5000	0,20
Monster	2790	165	309	102	97	5000	0,20
's-Gravenzande	2735	190	308	33	28	5000	0,20
Noorderdam	3485	70	379	122	117	5000	0,20

⁹ Rigid basement is een modelparameter die invloed heeft op de vorm van de bodemdalingskom. De diepte van het rigid basement is ongeveer 1,5 maal de diepte van het reservoir.

¹⁰ Gebaseerd op experimenten met gecementeerde zandsteen kernen.

12 BIJLAGE B: SEISMISCH RISICO: 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) gepubliceerd¹¹. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-3. 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:

- voorkomens die niet meer produceren;
- 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:

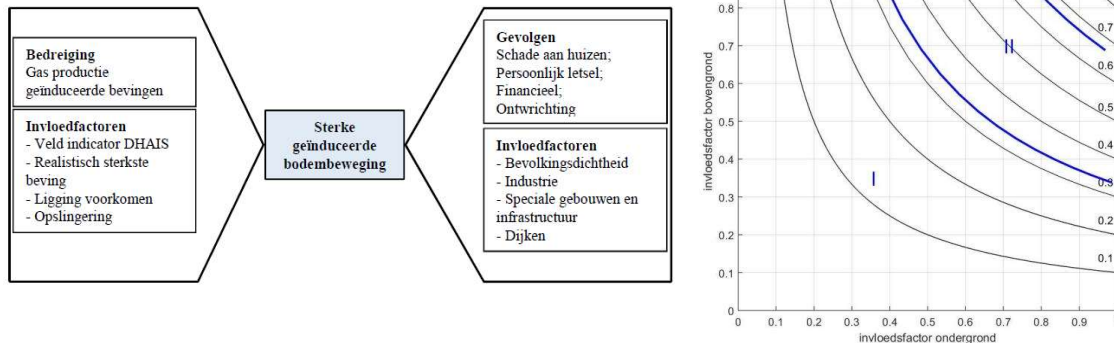
- seismisch actief zijn geweest;
- óf een niet-verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor $M_{max} \geq 2,5$ is.

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').

¹¹ 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 beving¹² 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.

¹² De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisht afneemt met de magnitude.

- *Opslingering*

De ondiepe ondergrond kan een opslingingering 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).

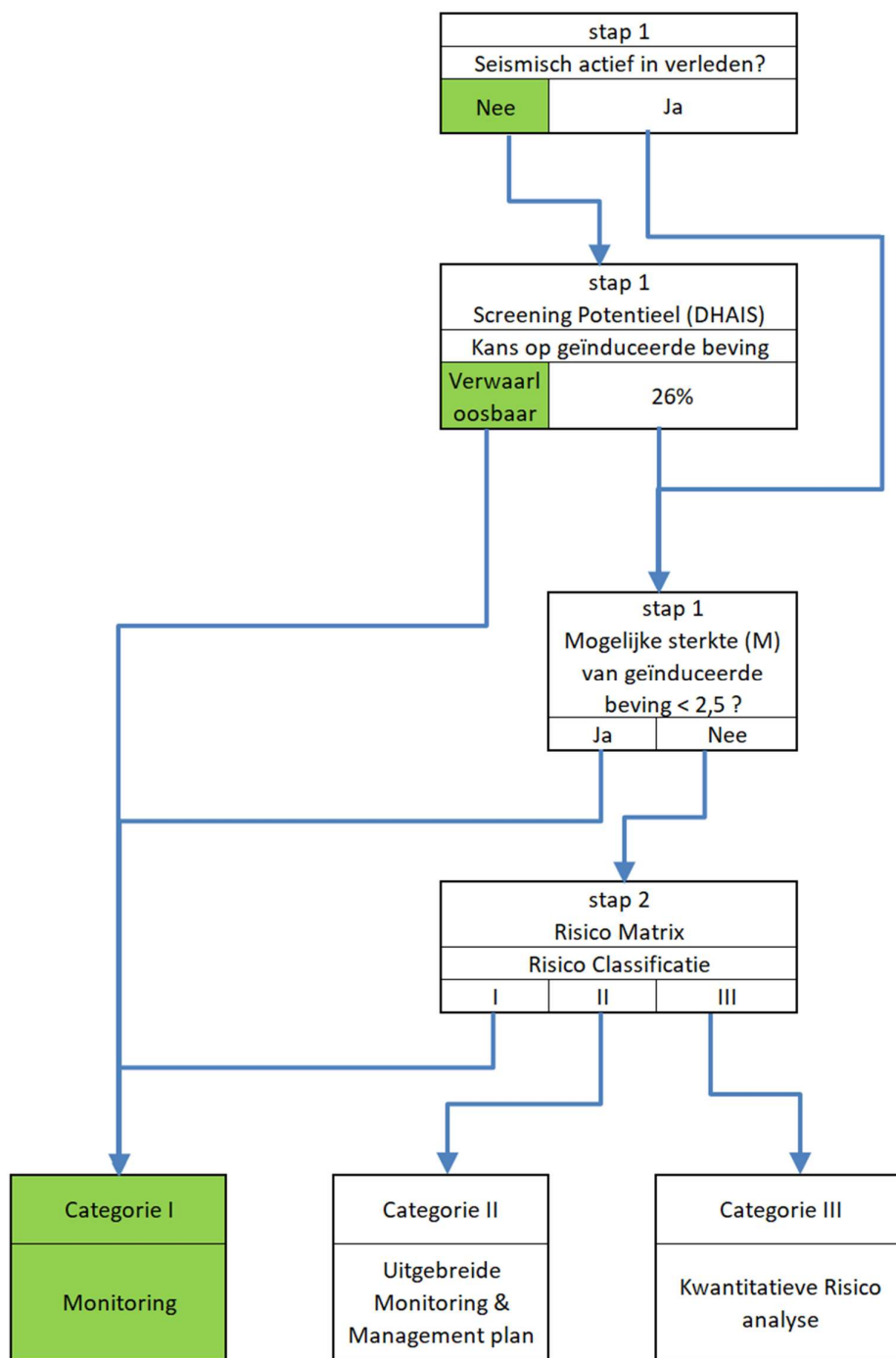
Het mogelijke gevolg van een beving volgt uit een analyse en score van de invloedfactoren bovengrond: bevolkingsdichtheid, industrie, speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken.

- 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>)

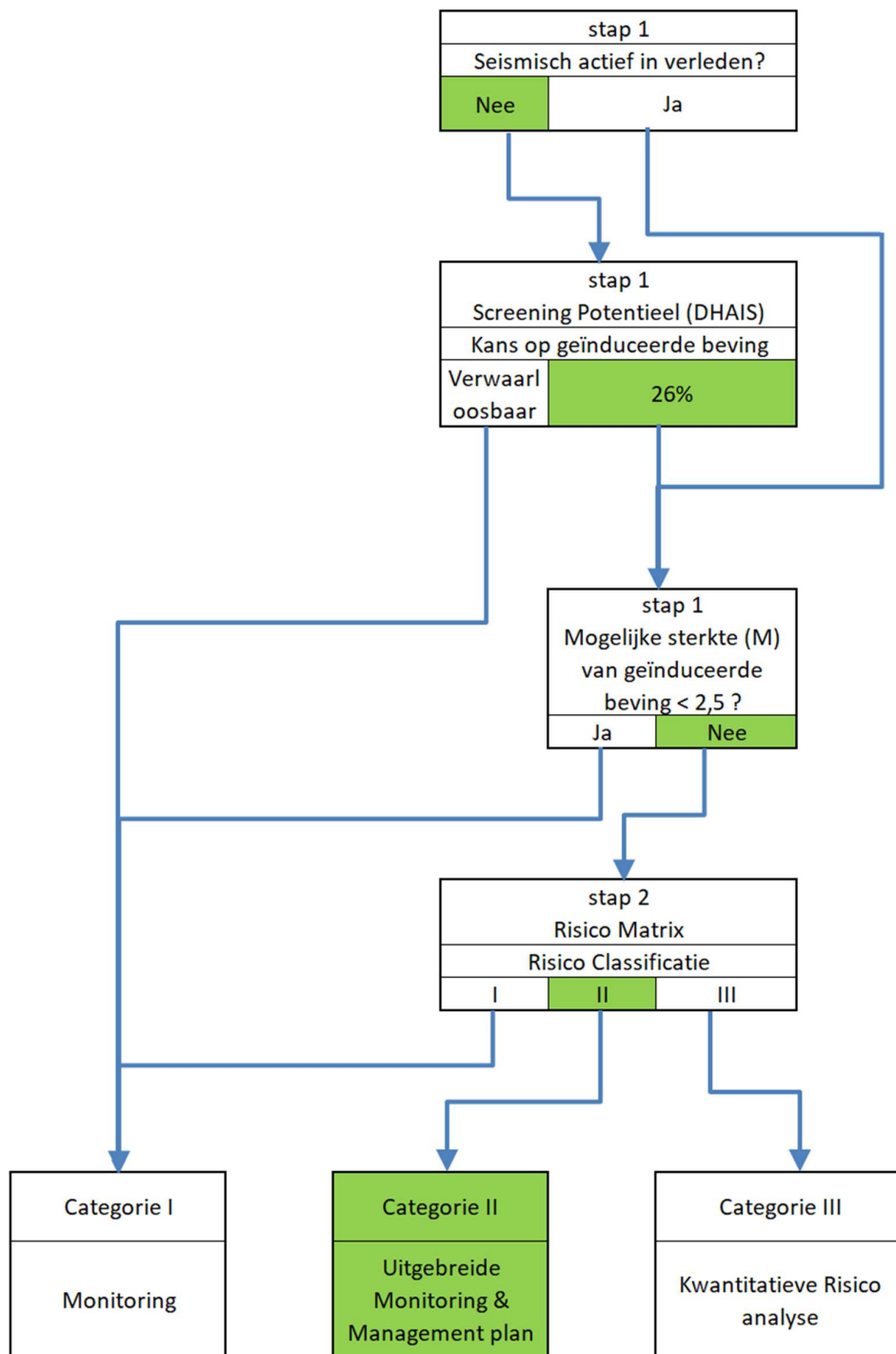
Als uit het voorgaande blijkt dat voorkomen(s) binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3.

12.1 *Seismische Risico Analyse voor de voorkomens van dit winningsplan*

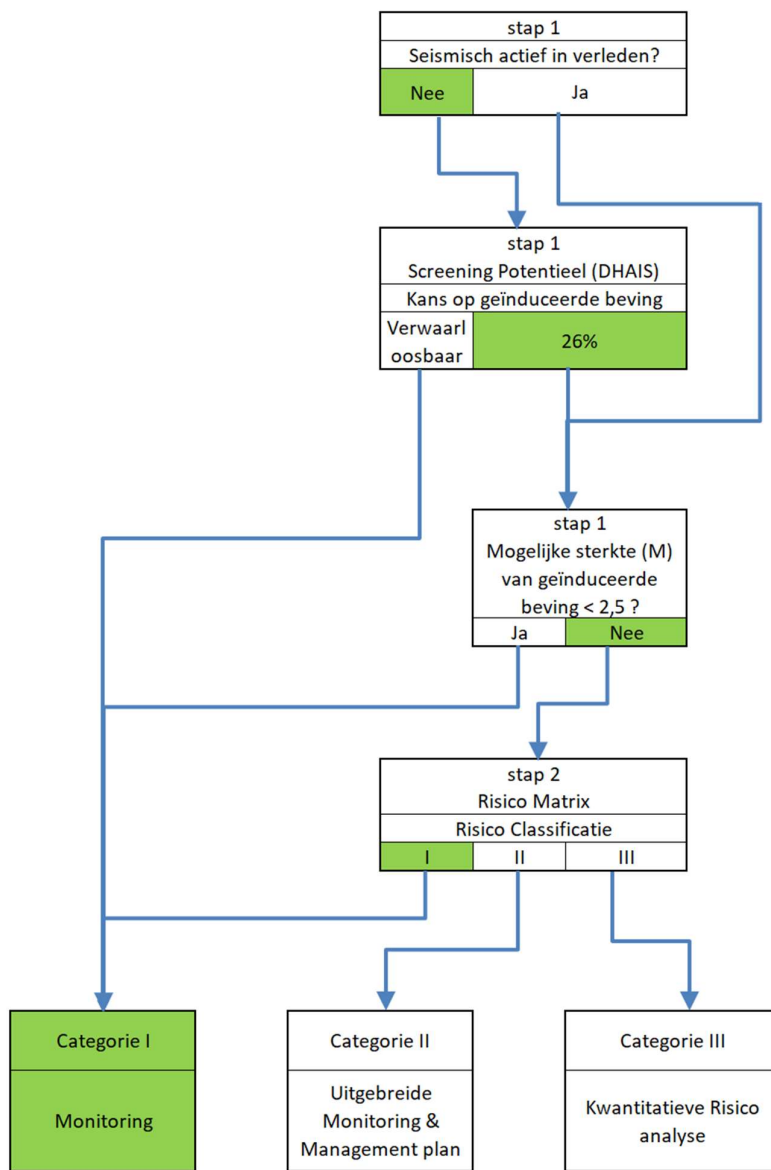
In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken of het veld al gebeefd heeft of wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van de maximale magnitude. In Figuur 12-2 staan voor de Lier en Maasdijk, in Figuur 12-3 staan voor de Gaag en Monster en in Figuur 12-4 staan voor Noorderdam en 's-Gravenzande voorkomens de uitkomst in groen voor de verschillende stappen. Details van de berekening worden verder besproken in deze bijlage.



Figuur 12-2: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor de Lier en Maasdijk om de risicocategorie te bepalen.



Figuur 12-3: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor Gaag en Monster om de risicocategorie te bepalen.



Figuur 12-4: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor Noorderdam en 's-Gravenzande 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 eindproductie in het "high-case productiescenario" uit Tabel 12-1.

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹³ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2022 is deze studie geactualiseerd met de data tot en met 1 maart 2021¹⁴. 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 uitgebracht¹⁵ welke gevolgd is in dit winningsplan.

Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen 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.

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

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.

¹³ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit.

¹⁴ TNO-rapport 2021 R10977, Roholl et al. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS), actualisatie 2021

¹⁵ Advies TNO DHAIS update 2021 en invloed op de leidraad SRA (http://www.nlog.nl/sites/default/files/2022-07/age_22-10_049-advies_mw-dhais_update_en_sra_20220701_redacted.pdf)

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ¹⁶	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens productie-scenario hoog	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E ¹⁷	DHAIS B	DHAIS kans
De Lier	50	145	41	2,6	1,3	geen	geen	0,75	0,75	verwaarloosbaar
Maasdijk	108	432	56	20,4	9,2	geen	geen	1,26	3,3	verwaarloosbaar
Gaag	140	311	305	32,2	9,8	geen	geen	1,26	6,99	26%
Monster	165	309	216	27	6	geen	geen	1,26	9,41	26%
's-Gravenzande	190	308	282	7,2	1,7	geen	geen	1,26	5,03	26%
Noorderdam	70	379	290	6	2,2	geen	geen	1,13	1,78	26%

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.

De breukdichtheid is bepaald volgens de top reservoir kaarten zoals getoond in Bijlage C.

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de "realistisch sterkste beving" (Mmax) bepaald. Er worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. 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 B-1.

¹⁶ 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.

¹⁷ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiteit (DHAIS), actualisatie 2021. TNO-rapport 2021 R10977

Tabel B-1: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methodes.

Voorkomen	Langste breuklengte (km) ¹⁸	Poisson's ratio ¹⁹	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
De Lier	1,5	0,2	50	1,8	2,8
Maasdijk	5,6	0,2	108	2,7	3,7
Gaag	9	0,2	140	3,3	3,9
Monster	6,8	0,2	165	3,1	4
's-Gravenzande	3,4	0,2	190	2,8	3,8
Noorderdam	1,6	0,2	70	2,6	3,0

Stap 2: Risico matrix

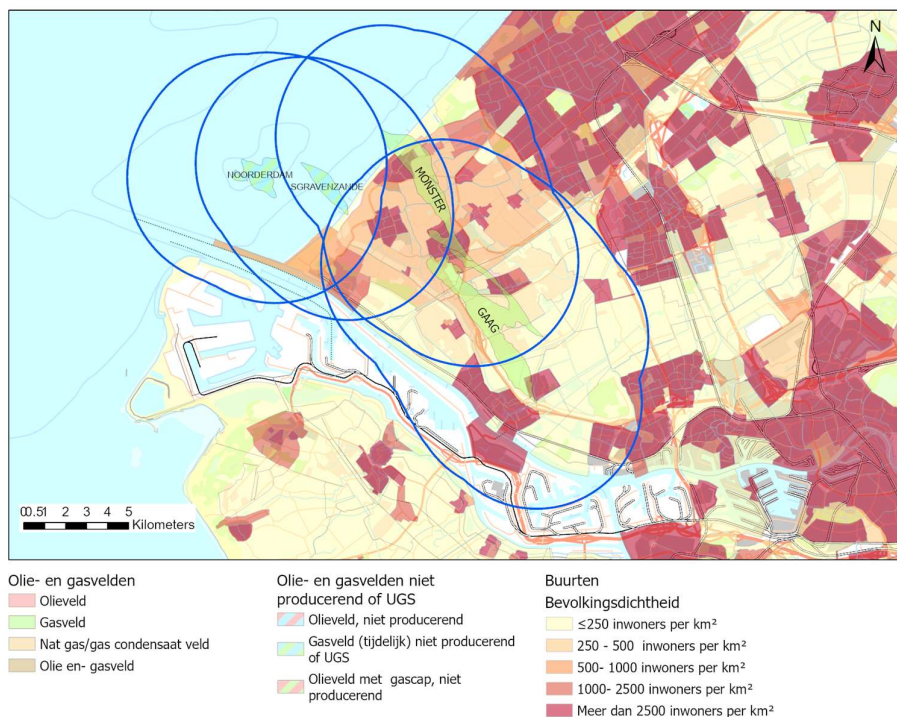
Voor de Gaag, Monster, 's-Gravenzande en Noorderdam voorkomens is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken ("Stap 2" van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel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

- Figuur B-1 en Figuur B-3 tonen de situaties voor respectievelijk "Bevolkingsdichtheid", "en "Dijken".
- Figuur B-2 toont de situaties voor Industriële inrichtingen", "Speciale gebouwen en vitale infrastructuur". Omdat de gebruikte risicokaartlaag geladen wordt van het internet en de url naar de bronhouder tijdelijk niet werkt is een oudere versie van de risicokaart gebruikt. Deze kaarten zijn vrijwel gelijk, echter de oude kaart laat voor industriële inrichtingen meer inrichtingen zien. Hierdoor is de score voor industriële inrichtingen voor Gaag en Monster van 3 naar 4.
- Figuur B-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen.

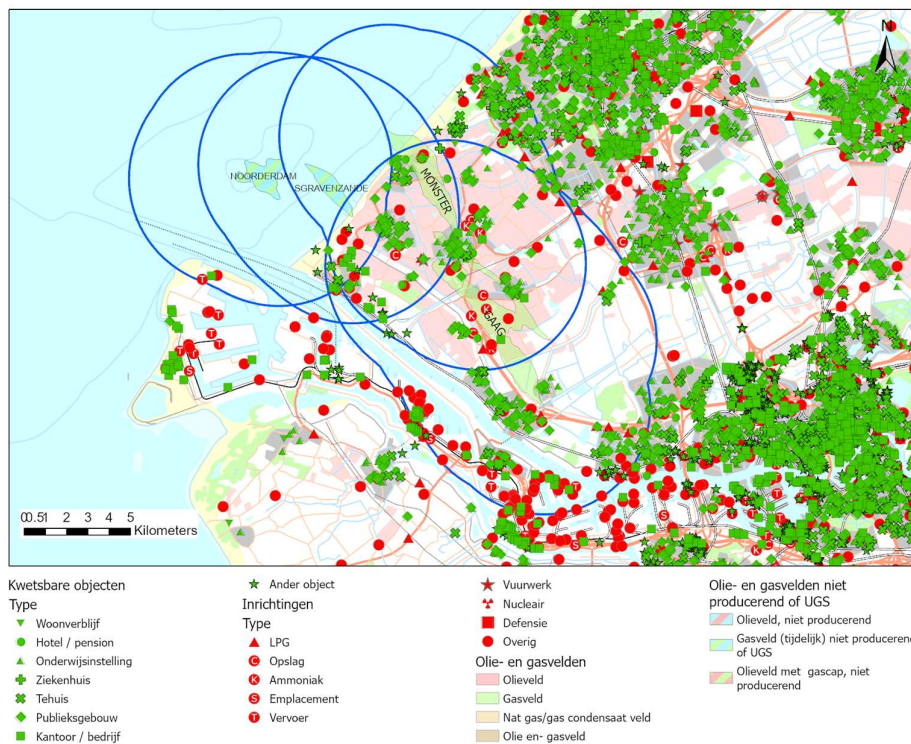
Voor de bevolkingsdichtheid is gekeken naar de gemiddelde dichtheid per buurt en per gemeente. De leidraad biedt de mogelijkheid om op beide manieren de gemiddelde dichtheid te bepalen binnen de bufferzone rondom het veld. Vanwege het verschil in oppervlakte tussen de wijken en de gemeentes zal het berekende gemiddelde binnen de buffer verschillend zijn. Bij de bepaling voor de score voor de bevolkingsdichtheid wordt uitgegaan van de maximumwaarde van de twee berekeningen. Aangenomen is dat er binnen de buffer hoogbouw aanwezig is.

¹⁸ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met een blauwe pijl

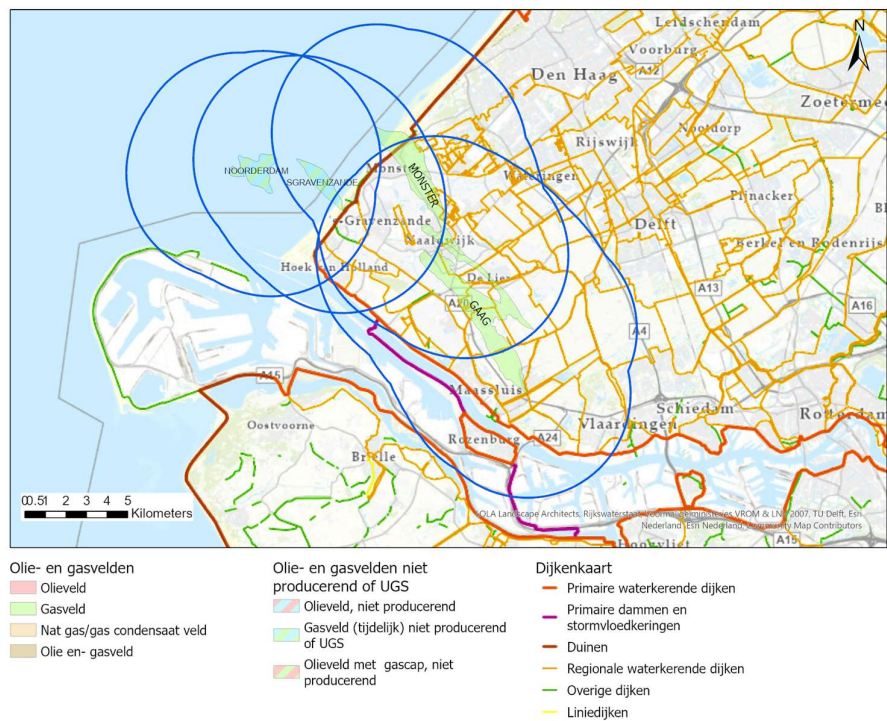
¹⁹ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen



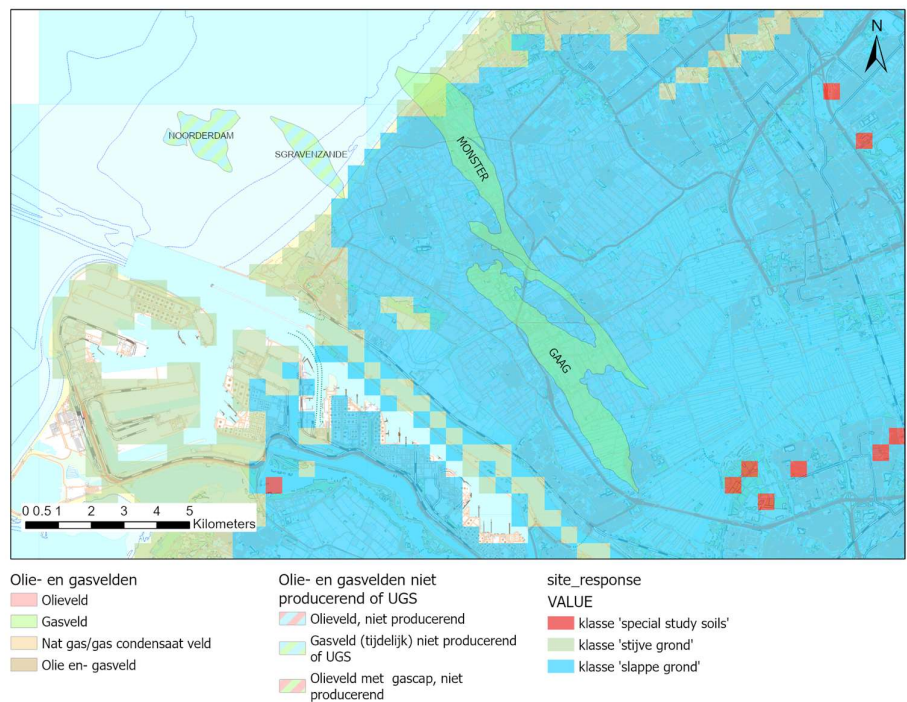
Figuur B-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven de Gaag en Mondster velden. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het voorkomen die relevant is voor de SRA.



Figuur B-2: Overzicht van de industriële inrichtingen, ziekenhuizen, onderwijsinstellingen en publieksgebouwen) boven de Gaag en Monster velden. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.



Figuur B-3: Overzicht van de dijken. De blauwe omtrek geeft de 5 km straal rond het voorkomen aan die relevant is voor de SRA.



Figuur B-4: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn weergegeven in Tabel B-2, inclusief onderbouwing en uitkomst.

Tabel B-2: Kwantitatieve evaluaties en daaruit voortkomende scores (C) voor de invloedsfactoren ondergrond (A) en bovengrond (B).

A: invloedsfactoren ondergrond voor de voorkomens Gaag en Monster (beiden gelijke scores)

Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslintering
5		Alle methodes > 4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode > 4,5 én/of alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode 4,1 – 4,5 én/of alle methodes 3,6 – 4,0		Gaag, Monster >60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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=26% of Bevend veld $M < 1,5$	Gaag, Monster, 's-Gravensande 1 methode 3,6 – 4,0 én/of alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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		Noorderdam 1 methode 3,1 – 3,5 én/of alle methodes 2,6 – 3,0		's-Gravensande 10-30% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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	P=Verwaarloosbaar	1 methode 2,6 – 3,0 én/of alle methodes $\leq 2,5$	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	Noorderdam <10 % slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) 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.

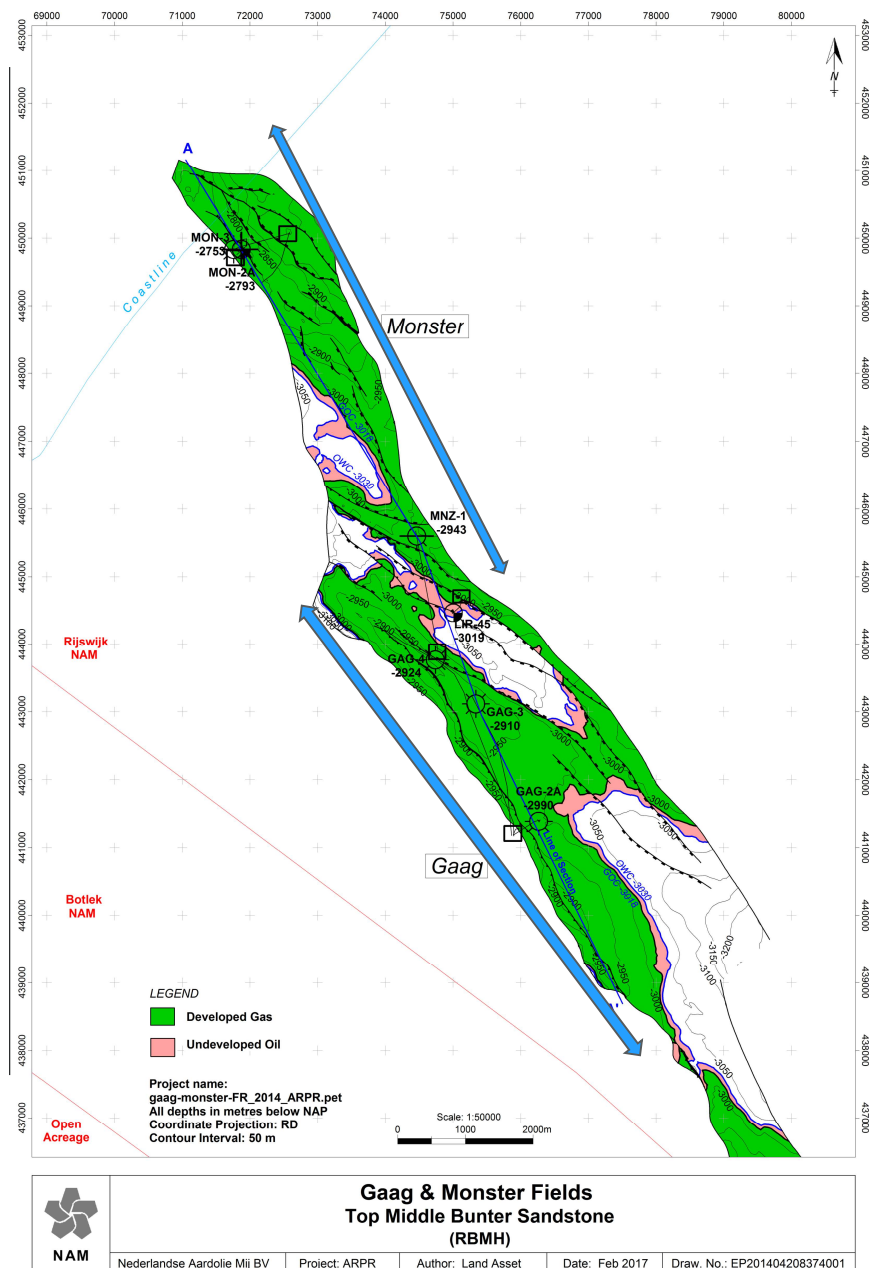
B: invloedsfactoren bovengrond voor de voorkomens Gaag en Monster

Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Gaag, Monster Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Monster, 's-Gravenzande Primaire dijken boven het veld
3	Gaag, Monster, 's-Gravenzande 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, tehuizen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Gaag, Noorderdam 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.	's-Gravenzande, Noorderdam 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	Noorderdam 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

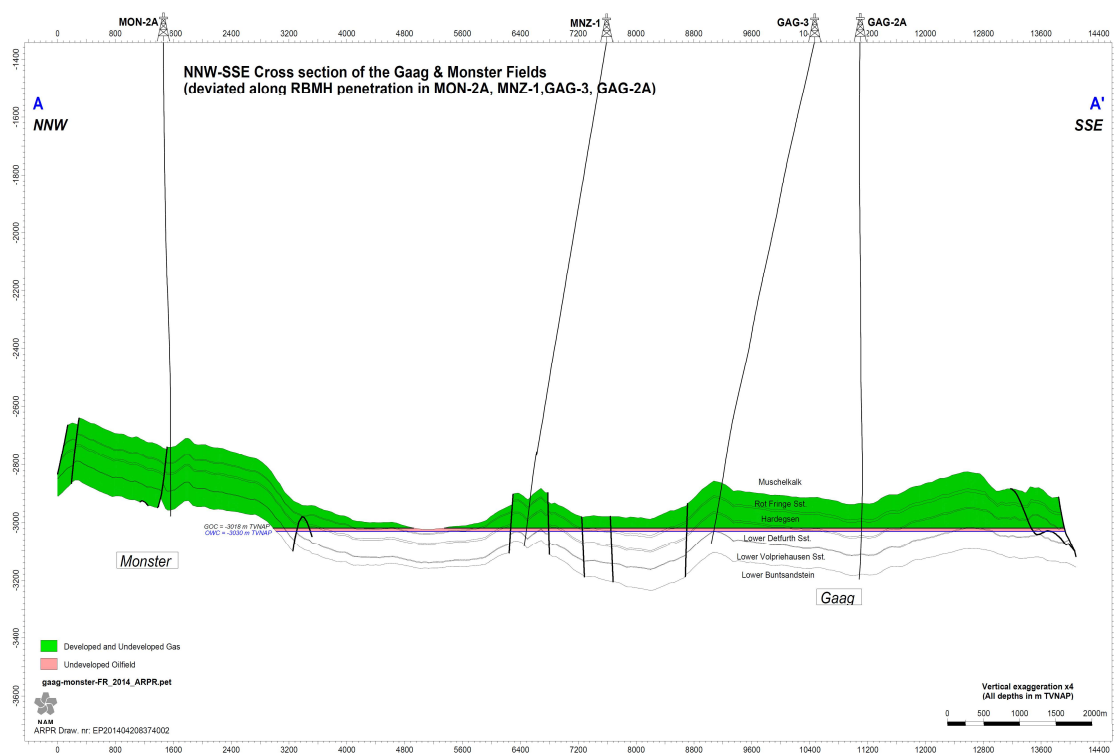
C: scores voor invloedsfactoren ondergrond en bovengrond

Voorkomen	Kans op beven of wanneer	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Gaag	2	2	0	3	0,5	3	4	3	3	0,81	II
Monster	2	2	0	3	0,5	3	4	3	4	0,88	II
's-Gravenzande	2	2	0	1	0,36	3	3	2	4	0,75	I
Noorderdam	2	1	0	0	0,21	1	3	2	3	0,56	I

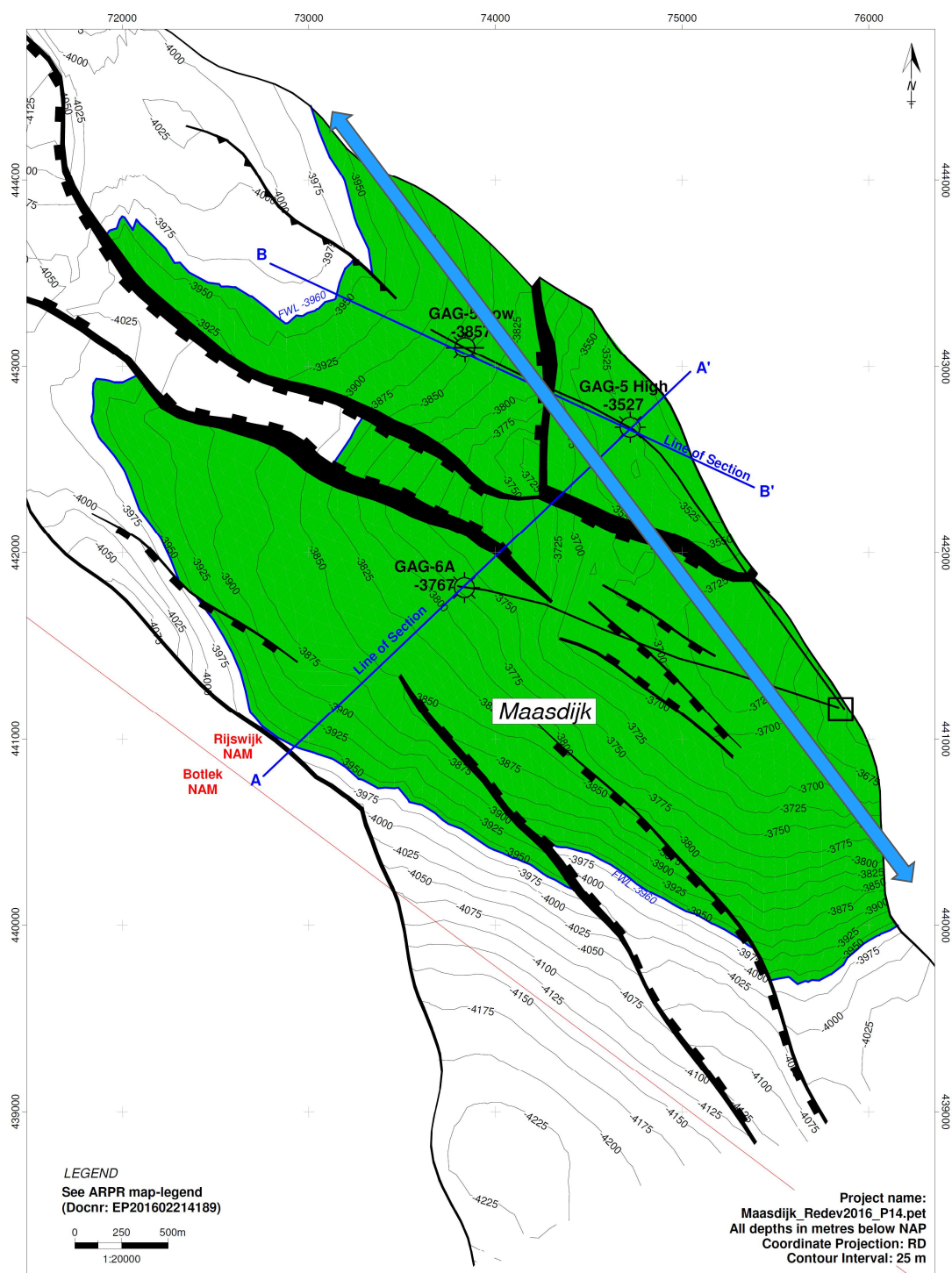
13 BIJLAGE C: GEOLOGISCHE KAARTEN VAN DE VOORKOMENS



Figuur 13-1: Kaart van de top van het Gaag-Monster voorkomen (Top Middle Bunter), inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan respectievelijk voor het Gaag en Monster veld.

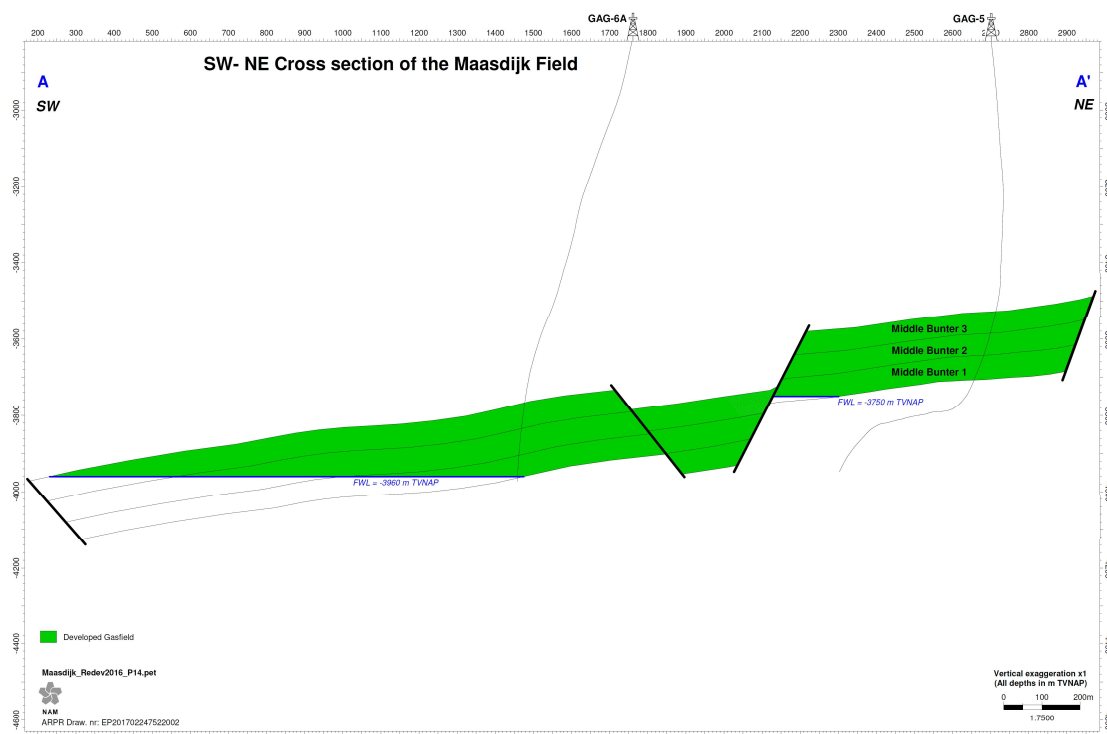


Figuur 13-2: Reservoirdoorsnede van het Gaag-Monster voorkomen.

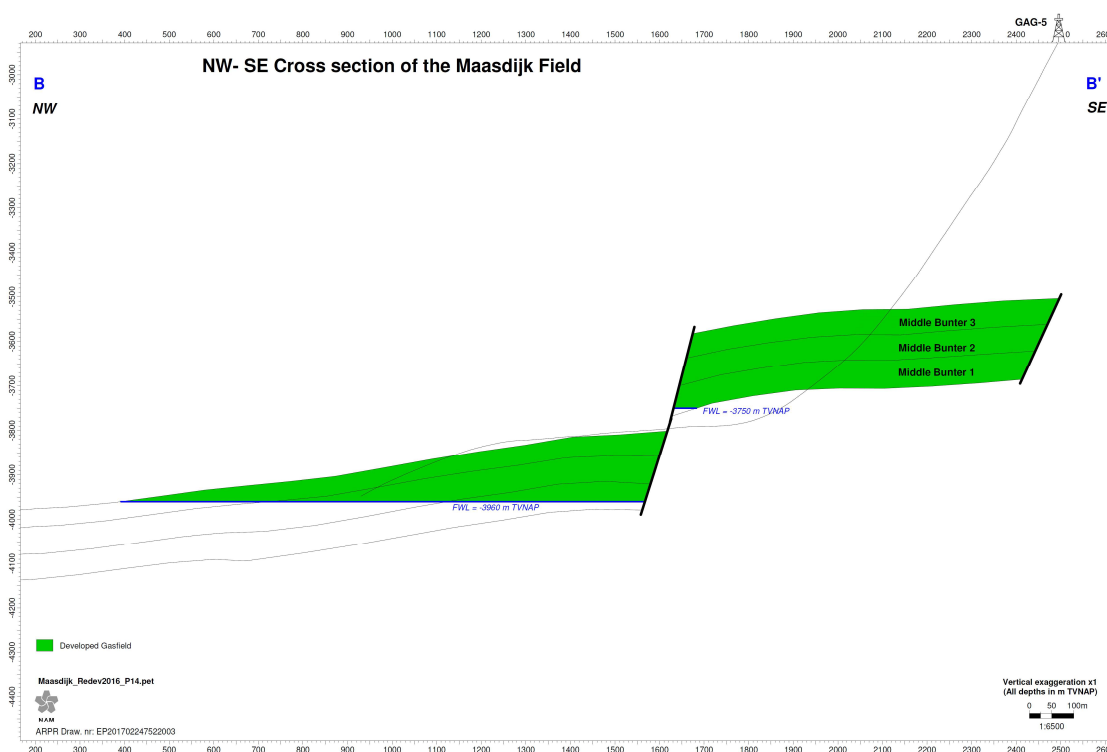


 NAM	Maasdijk Field Top Middle Bunter depth map (RBBM)				
Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR	Author: Land Asset	Date: Feb 2017	Draw. No.: EP201702247522001	

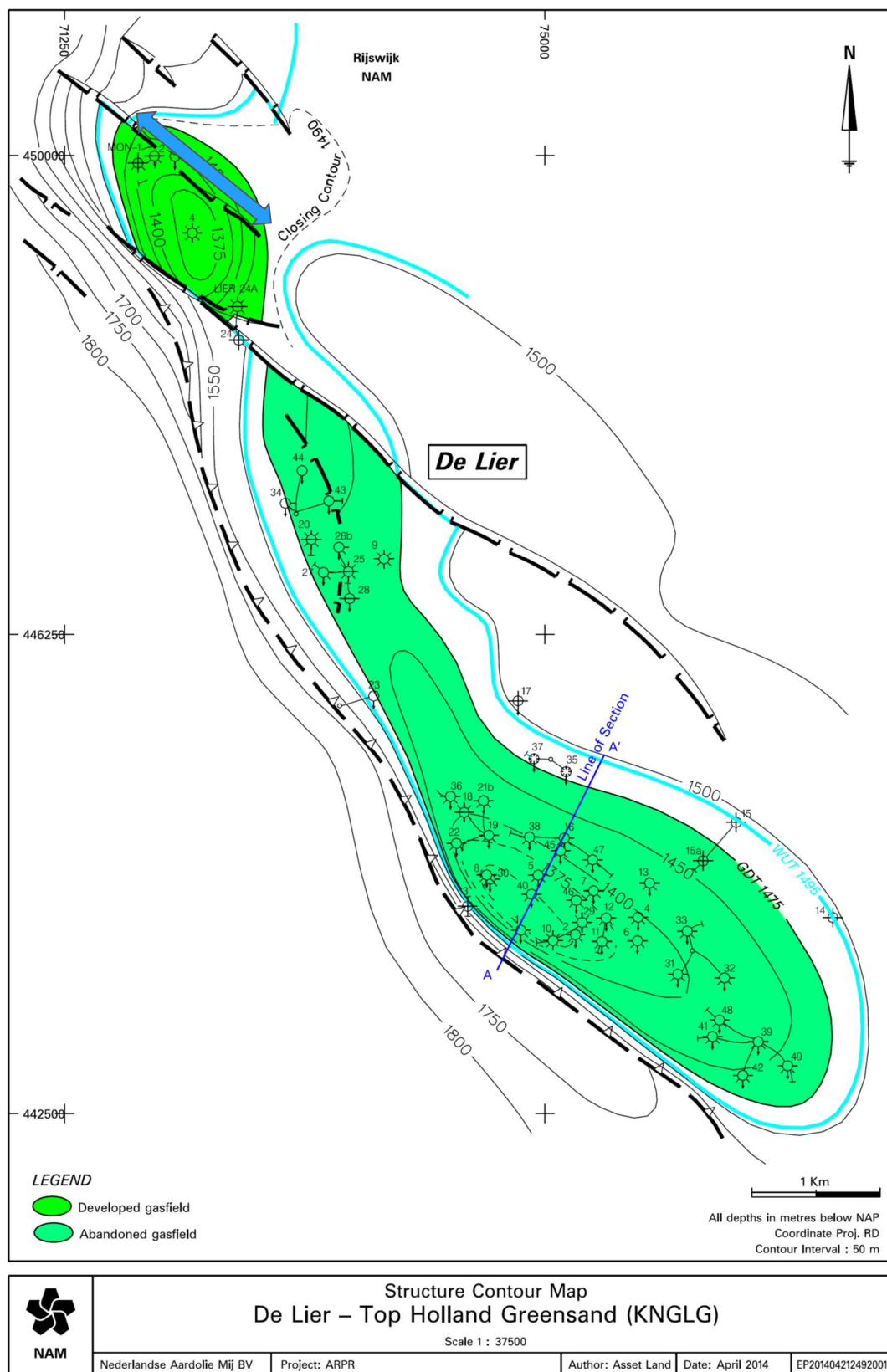
Figuur 13-3: Kaart van de top van het Maasdijk voorkomen (Top Middle Bunter), inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan voor dit veld.



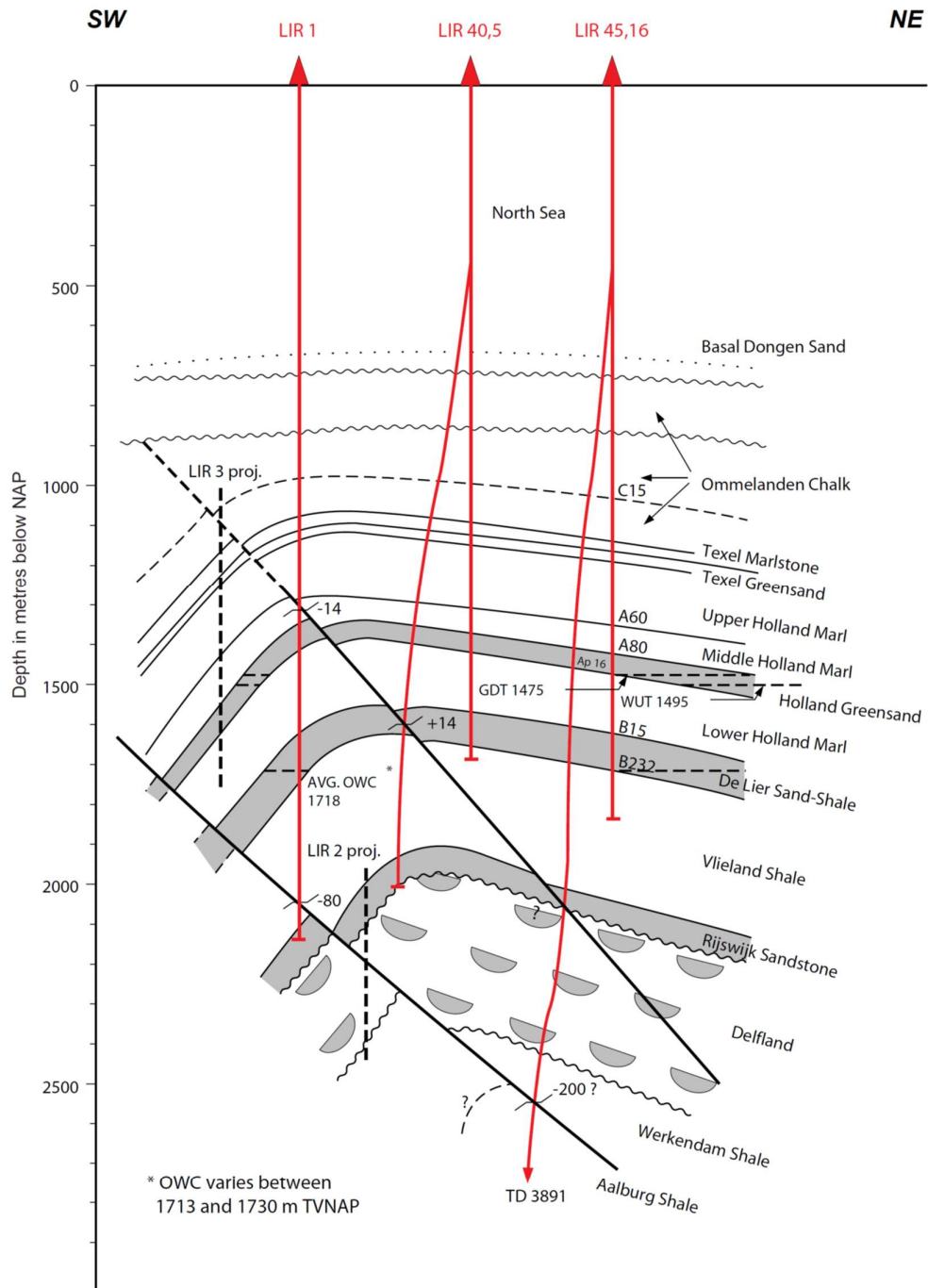
Figuur 13-4: ZW-NO Reservoirdoorsnede van het Maasdijk voorkomen.



Figuur 13-5: NW-ZO Reservoirdoorsnede van het Maasdijk voorkomen.



Figuur 13-6: Kaart van de top van het de Lier voorkomen (Top Holland Greensand), inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan voor dit veld. NB alleen het noordwestelijke blok produceert nog.

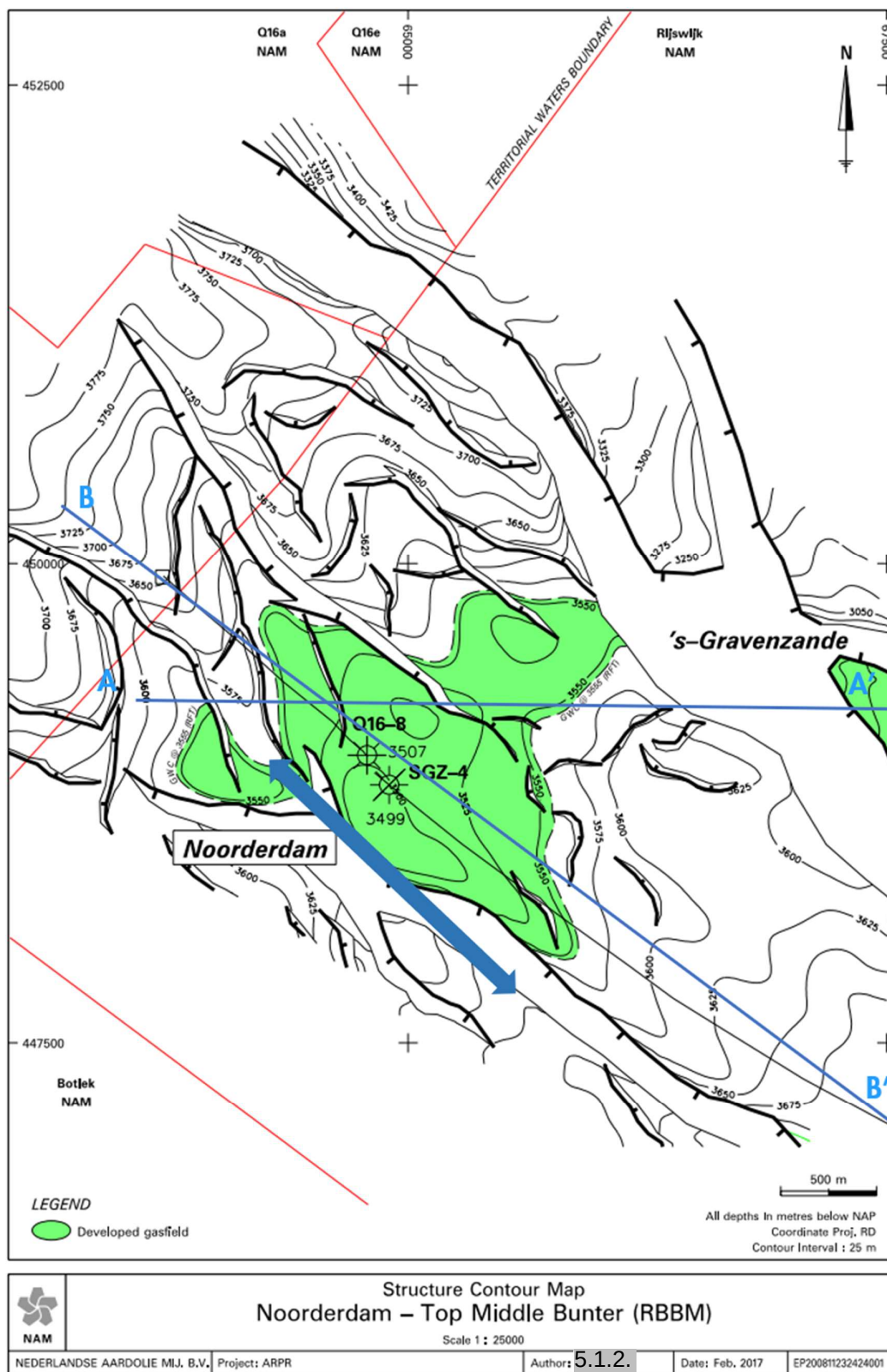


**Schematic Cross Section
De Lier Field**

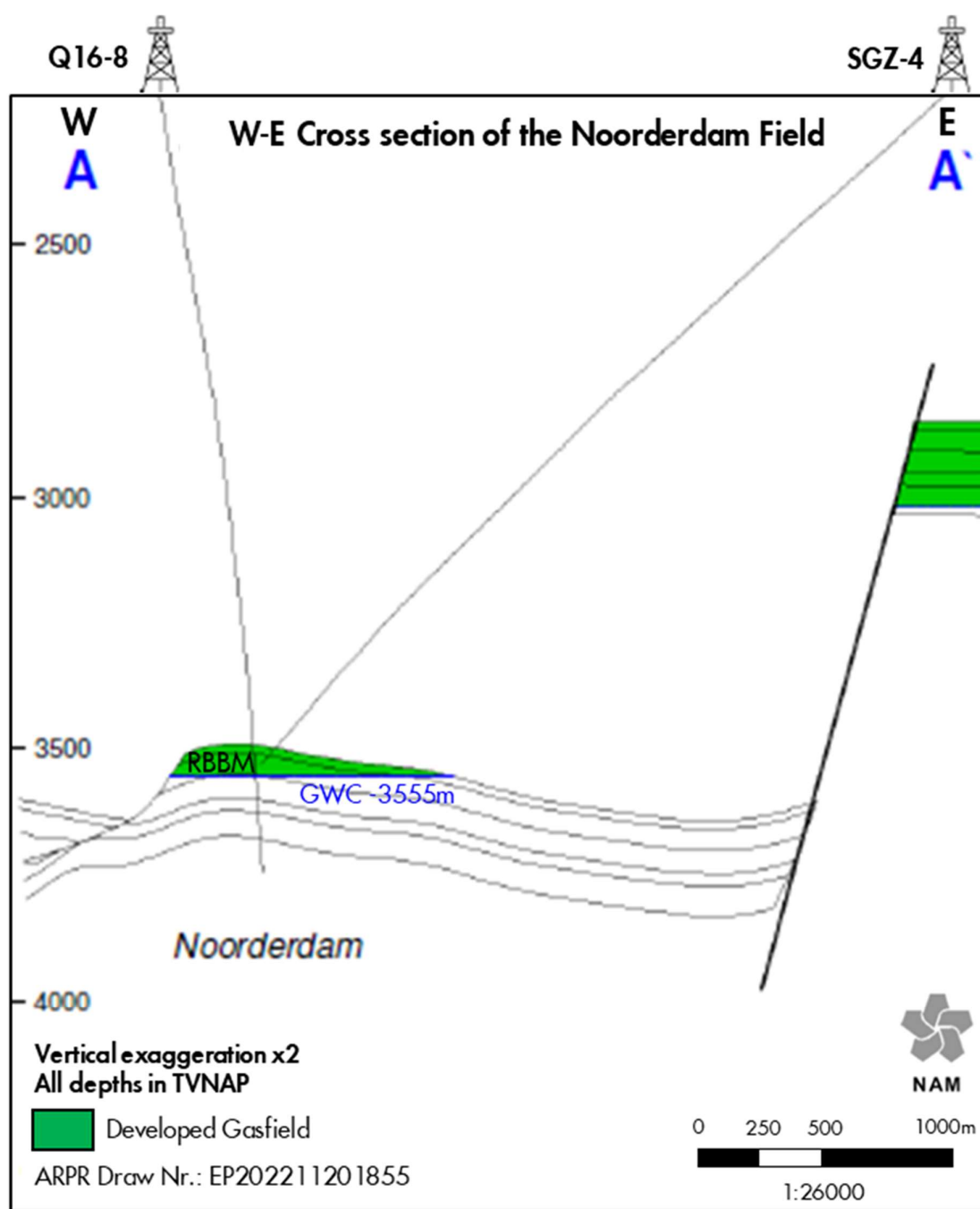


NAM
ARPR Draw. nr.: EP200811227859003

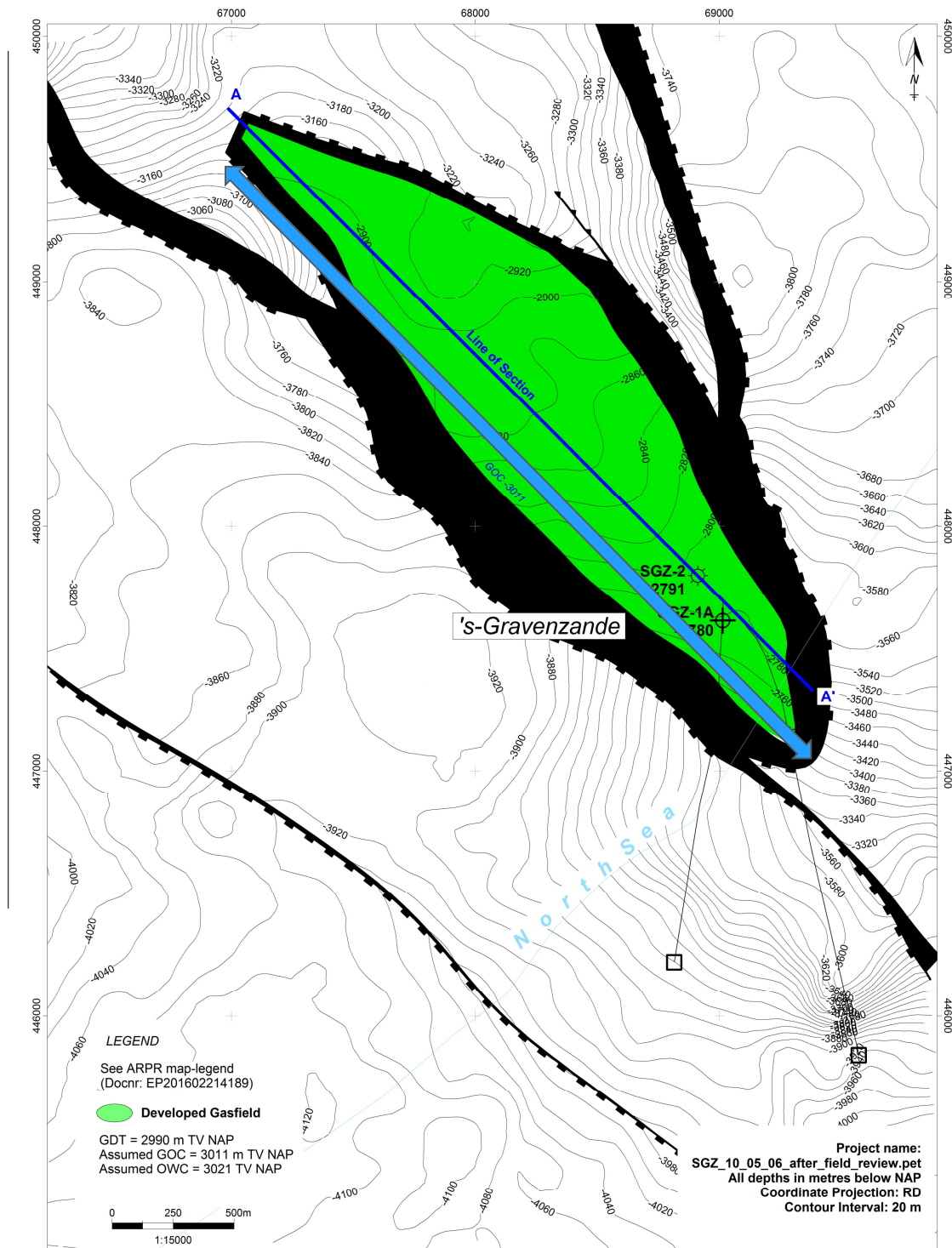
Figuur 13-7: Reservoirdoorsnede van het de Lier voorkomen.



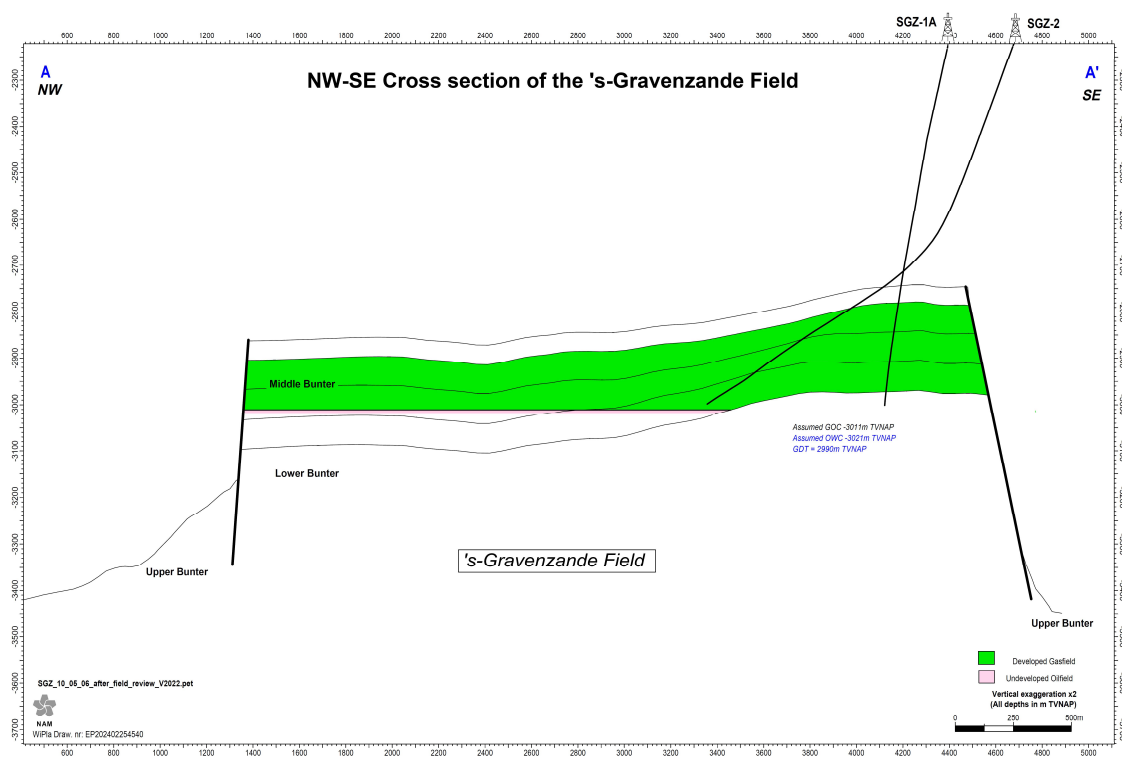
Figuur 13-8: Kaart van de top van het Noorderdam gasveld, inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan die gebruikt is in de SRA berekening. Doorsnede A-A' is gegeven in Figuur 13-9.



Figuur 13-9: Doorsnede van het Noorderdam voorkomen.



Figuur 13-10: Kaart van de top van het 's-Gravenzande voorkomen (Top Middle Bunter), inclusief de breuken. De blauwe pijl geeft de langste breuk aan.



Figuur 13-11: Reservoirdoorsnede van het 's-Gravenszande voorkomen

14 BIJLAGE D: DRUKKEN PER JAAR

jaar	Gaag			Monster		
	Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)			Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)		
	L	M	H	L	M	H
1988		311				
1989		310			309	
1990		303			304	
1991		297			296	
1992		286			274	
1993		276			269	
1994		267			266	
1995		258			253	
1996		248			240	
1997		239			227	
1998		230			213	
1999		213			201	
2000		177			193	
2001		145			185	
2002		114			169	
2003		106			160	
2004		93			151	
2005		82			143	
2006		75			139	
2007		71			132	
2008		64			125	
2009		55			121	
2010		47			118	
2011		42			117	
2012		36			115	
2013		33			113	
2014		30			110	
2015		27			109	
2016		25			107	
2017		23			106	
2018		21			106	
2019		20			105	
2020		19			104	
2021		17			104	
2022		15			104	
2023		14			103	
2024	13	13	13	102	102	101
2025	12	12	12	101	100	100
2026	11	11	11	100	99	99
2027	11	10	10	99	98	97
2028		9	9	98	97	96
2029			8		97	95
2030			8			95
2031			7			94
2032			7			93
2033			6			93

jaar	Maasdijk Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)			De Lier Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)		
	L	M	H	L	M	H
1998		432				
1999		430				
2000		430				
2001		429				
2002		429				
2003		428				
2004		428				
2005		428				
2006		427				
2007		425				
2008		424				
2009		423				
2010		422				
2011		421				
2012		420				
2013		419			145	
2014		418			138	
2015		409			132	
2016		406			127	
2017		403			125	
2018		403			122	
2019		400			121	
2020		399			121	
2021		397			120	
2022		396			117	
2023		395			116	
2024	393	392	392	113	113	113
2025	391	390	390	110	110	110
2026	389	387	387		108	108
2027	387	384	385		106	107
2028		383	383			106
2029		382	381			105
2030		380	380			105
2031			378			104
2032			377			104
2033			376			104

jaar	Noorderdam			s-Gravenzande		
	Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)			Gemiddelde reservoir druk per scenario (bar)		
	L	M	H	L	M	H
2001					308	
2002					292	
2003					229	
2004					176	
2005		379			154	
2006		308			137	
2007		190			112	
2008		151			95	
2009		135			82	
2010		130			68	
2011		129			65	
2012		129			56	
2013		129			50	
2014		129			47	
2015		129			45	
2016		129			42	
2017		123			40	
2018		123			37	
2019		123			35	
2020		123			35	
2021		123			34	
2022		122			33	
2023		122			33	
2024	122	122	122	33	33	33
2025		120	110	31	31	31
2026		118	98	30	30	30
2027		118	93		29	29
2028		117	91		28	28
2029		117	90			27
2030			90			27
2031			89			26
2032			89			26
2033			89			26