

Aanvraag Instemming Winningsplan

Gaag-Monster

Augustus 2017

Blanco pagina

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 (met nadruk op de ondergrond, zoals de geologie) en de mogelijke risico's en effecten met betrekking tot bodemdaling en -trilling, inclusief eventuele maatregelen.

De winning kan alleen plaatsvinden indien de Minister van Economische Zaken (EZ) instemt met het winningsplan. Het uitgangspunt hierbij is de Mijnbouwwet, waaraan voldaan moet worden. De procedure van een winningsplan duurt circa 10 maanden en bevat de volgende stappen:

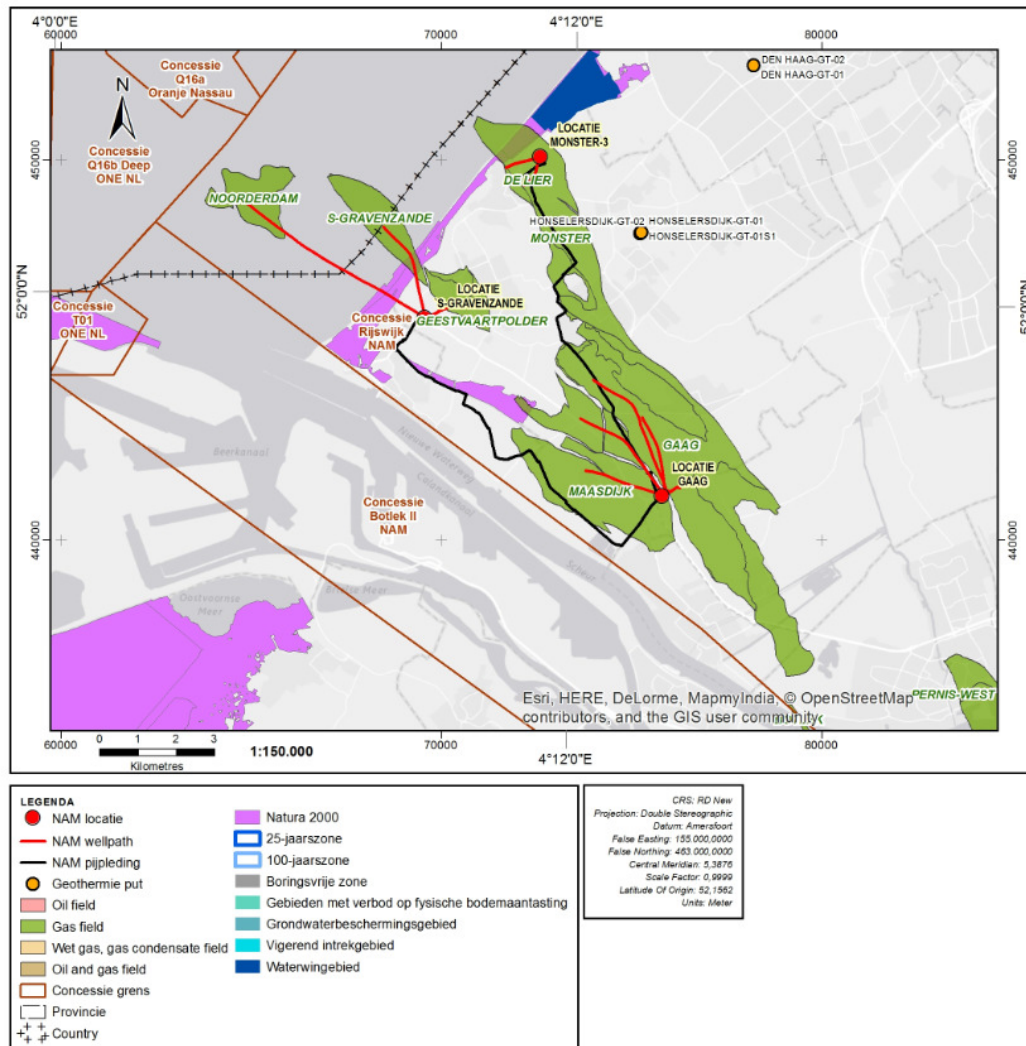
- NAM dient een winningsplan in bij de Minister van EZ en vraagt om instemming.
- De Minister van EZ vraagt advies aan verschillende partijen die bij de winning betrokken zijn, zoals: provincies, gemeenten, waterschappen, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), Technische commissie bodembeweging (Tcbb), TNO en de Mijnraad.
- Deze adviezen worden meegenomen in het ontwerp instemmingsbesluit van de Minister van EZ.
- 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 EZ een definitief instemmingsbesluit op. Uiteindelijk zal de Minister al dan niet instemmen met het winningsplan. Er kunnen ook aanvullende voorschriften worden gesteld.
- Het definitieve instemmingsbesluit gaat vervolgens nog 6 weken ter inzage voor beroep. Alleen belanghebbenden kunnen in deze fase beroep aantekenen.
- Indien er beroep is ingediend dan zal de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State hierover oordelen.
- Bij een definitief winningsplan verloopt de gaswinning verder volgens dit winningsplan; indien er afwijkingen zijn zal NAM een herziening van het winningsplan moeten indienen.

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

Achtergrond winningsplan Gaag-Monster

Dit winningsplan omvat de combinatie van gasvelden Gaag, Maasdijk, 's-Gravenzande, Geestvaartpolder, Noorderdam, Monster en De Lier. De velden (ook wel "voorkomens" genoemd in winningsplannen) liggen in de provincie Zuid-Holland en liggen voor het grootste gedeelte in de volgende 2 gemeenten: Midden-Delfland en Westland. De velden in dit winningsplan worden vanaf de locaties in Monster ("Monster-3", afgekort MON), 's-Gravenzande (SGZ) en Gaag (GAG) geproduceerd. Het gewonnen gas wordt via bestaande infrastructuur naar het landelijke Gasunie netwerk getransporteerd. De velden worden in één winningsplan samengevoegd omdat de infrastructuur gedeeld wordt. Gasproductie uit dit gebied vindt al sinds de jaren 80 plaats.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur van de velden Gaag, Maasdijk, 's-Gravenzande, Monster en De Lier, en het plan voor hydraulische stimulatie van (extra) putten in het Maasdijk veld.



Hoeveel gas kan worden gewonnen?

NAM verwacht nog 151 tot 1719 miljoen Nm³ aardgas te winnen over de periode 2017-2027 uit de verzameling van velden in dit winningsplan, afhankelijk van het productiescenario. De daadwerkelijke productie hangt af van het gedrag van bestaande putten en het succes van nieuwe boringen. Het gaat hier dus om de laatste productievolumes van een bestaande winning: zelfs bij het hoge productiescenario is de resterende productie minder dan 10% van de totale productie uit deze velden.

Bodemdaling door gaswinning

Door de winning van gas uit diepe gesteentelagen neemt de druk van het gas in het gesteente langzaam af. Het gewicht van kilometers dikke gesteentelagen boven het gasveld zorgt ervoor dat de gashoudende gesteentelaag iets wordt samengeperst. Dit kan zich aan de oppervlakte manifesteren in een lichte bodemdaling; een zeer geleidelijk proces, dat over decennia plaatsvindt en zich over een groot gebied uitstrekt. Om een beeld te geven; de 'helling' die ontstaat door bodemdaling door gaswinning is typisch een paar centimeter over de lengte van een kilometer. Op het niveau van een woning komt dit neer op een verschil van de dikte van 1 vel A4 papier tussen de voor- en achtergevel. Meer informatie staat op www.commissiebodemdaling.nl en op de TNO website www.natuurinformatie.nl.

Het winningsplan bevat een overzicht van de gemeten bodemdaling tot nu toe en een prognose van de bodemdaling door gaswinning aan het einde van de winning in 2027. Voor het meten van bodemdaling worden

vaste peilmerken gebruikt die al sinds 1989 om de 3 jaar worden gemeten. De meest recente grootschalige meting is gedaan in 2016. In het gebied vindt plaatselijk sterke autonome bodemdaling plaats. Autonome bodemdaling is de bodemdaling die in het gebied aanwezig is zonder invloed van gaswinning (bijvoorbeeld door inklinking). Dit maakt directe meting van bodemdaling door gaswinning moeilijk. De verwachte bodemdaling door toekomstige gaswinning is verwaarloosbaar: minder dan 2 cm over een periode van meer dan 10 jaar. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen naar bodemdaling. De totale bodemdaling sinds het begin van de productie eind jaren 80 blijft onder de 6 cm.

Schade door bodemdaling wordt niet verwacht omdat de bodemdaling door gaswinning beperkt, langzaam en over een groot gebied plaatsvindt. Hierdoor kunnen waterpeilen door het waterschap Delfland worden aangepast. NAM is aansprakelijk voor eventuele meerkosten van bijvoorbeeld het peilbeheer als gevolg van bodemdaling door gaswinning. Bij een bodemdaling van minder dan 2 cm is daar overigens geen sprake van, omdat de jaarlijkse schommelingen in de waterstand aanzienlijk groter zijn.

Mocht de periodiek gemeten bodemdaling door gaswinning significant afwijken van de huidige voorspelling, dan zal NAM een actualisatie van het winningsplan moeten opstellen.

Toelichting risico van aardbevingen

In 2014 is een rapport van de Onderzoeksraad voor de Veiligheid verschenen met een duidelijke boodschap: er moet meer aandacht komen voor de veiligheid bij gaswinning. Dit heeft geleid tot aanpassing van de Mijnbouwwet. In de tussentijd is door SodM een methodiek ontwikkeld om het risico van aardbevingen beter in beeld te brengen. Bedrijven als NAM moeten deze methodiek gebruiken in de winningsplannen. In het winningsplan Gaag-Monster is het risico van aardbevingen volgens deze nieuwe methodiek uitgewerkt.

Op basis van verschillende parameters met betrekking tot de ondergrond en gasproductie is bepaald wat de waarschijnlijkheid is dat een gasveld zou kunnen beven. Daarnaast wordt op basis van de specifieke geologische eigenschappen een inschatting gemaakt van de sterkste beving waar theoretisch gezien rekening mee moet worden gehouden. Ook is rekening gehouden met andere elementen, zoals de opbouw van de ondiepe ondergrond en bevolkingsdichtheid.

Velden die zouden kunnen beven worden ingedeeld in 3 categorieën, waarbij categorie 1 de lichtste en categorie 3 de zwaarste is. Afhankelijk van de risicocategorie gelden er voor een veld monitoringsverplichtingen, beheersmaatregelen en onderzoeksverplichtingen. Alleen het Groningen gasveld valt in categorie 3.

Onder de lijn Amsterdam-Arnhem hebben zich in Nederland nooit aardbevingen door gaswinning voorgedaan (tot 2017 konden in dit gebied trillingen met een magnitude groter dan 2 gedetecteerd worden, in de toekomst kunnen ook kleinere, niet-voelbare trillingen gemeten worden). Theoretisch is een beving echter niet onmogelijk. Vanwege de mogelijke bovengrondse effecten als er toch een beving zou plaatsvinden, zijn de velden Gaag en Maasdijk ingedeeld in categorie 2. Voor deze velden zijn extra monitoringsmaatregelen nodig, bijvoorbeeld om de detectiegrens te verlagen. Het is belangrijk om te benadrukken dat het risico van aardbevingen en schade door gaswinning niet te vergelijken is met de situatie in Groningen vanwege de omvang van de reservoirs.

Omdat bodemtrillingen niet worden verwacht, wordt ook geen schade aan gebouwen verwacht. Echter, NAM is altijd wettelijk aansprakelijk voor schade die zij veroorzaakt volgens het Burgerlijk Wetboek. Mochten omwonenden toch schade ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij NAM of bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade.

Toepassen hydraulische putstimulatie

Om het gas goed te winnen is voor sommige velden hydraulische putstimulatie gewenst en daarom opgenomen in het winningsplan. De term *hydraulische putstimulatie* wordt opzettelijk gebruikt om verwarring

met grootschalig fracken, zoals bijvoorbeeld bij schaliegaswinning in de Verenigde Staten, te voorkomen.

In Nederland wordt deze stimulatietechniek al sinds de jaren 1950 regelmatig en succesvol toegepast. Verdere uitleg over de techniek staat in dit winningsplan beschreven. De techniek is in het verleden ook al veilig en succesvol bij putten in het Maasdijk veld toegepast. Nieuwe putten in het Maasdijk veld zullen soortgelijke stimulaties toepassen.

SodM heeft in 2016 een samenvattend overzicht gepubliceerd over stimulatie¹, met als conclusie:

“SodM komt tot de slotsom dat, voor zover bekend, er geen nadelige gevolgen zijn geweest voor mens en milieu en dat de toepassing van fracking ten behoeve van conventionele gaswinning op een verantwoorde manier kan plaatsvinden. Het wettelijke regime, het toezicht daarop en de gehanteerde beheersmaatregelen zijn volgens de huidige inzichten solide en voldoende.”

Deze conclusie is gebaseerd op een evaluatie van alle tot dan toe uitgevoerde hydraulische putstimulaties.

Voor deze evaluatie heeft SodM 5 risicogebieden voor mens en milieu onderzocht:

1. Seismische risico's (risico op aardbevingen);
2. Integriteit van de afsluitende lagen;
3. Geochemische interacties;
4. Integriteit van de put;
5. Blootstelling aan gevaarlijke stoffen.

Het risico op aardbevingen door hydraulische putstimulatie in Nederland wordt als verwaarloosbaar ingeschat.

In de afgelopen 50 jaar zijn in Nederland meer dan 220 stimulaties uitgevoerd. Hierbij zijn geen voelbare bevingen geconstateerd. Dit beeld wordt bevestigd door de bovengenoemde evaluatie van SodM uit 2016.

¹ Bron: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/03/01/kamerbrief-met-inventarisatie-sodm-over-fracking-en-mogelijke-consequenties>

Inhoud

1	Samenvatting	3
	Inhoud	7
	Formulier aanvraag instemming winningsplan.....	9
2	Inleiding	11
2.1	Doel van het Winningsplan	11
2.2	Leeswijzer	11
3	Plaats van winning	13
3.1	Productielocatie, putten en voorkomens.....	13
3.2	Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas.....	15
4	Boringen	16
4.1	Inleiding: Algemene beschrijving van een put.....	16
4.2	Overzicht boringen in voorkomens.....	17
4.3	Schematische voorstelling putverbuizingen	17
4.4	Putstimulatie.....	18
5	Ondergrond	25
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten.....	25
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	25
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen.....	28
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	29
6	Ontwikkelingsvooruitzichten.....	30
6.1	Inleiding	30
6.2	Historische Productie	30
6.3	Onzekerheden.....	34
6.4	Winningsstrategie & reservoir management	34
6.5	Winningsnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	36
6.6	Duur van de winning	40
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning.....	40
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen.....	41
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd.....	41
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	41
7	Bodemdaling	42
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	42
7.2	Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling	44
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	47
7.4	Onzekerheid in verwachte bodemdaling.....	48
7.5	Monitoring van bodemdaling	48
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	49

7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	49
8	Bodemtrilling.....	50
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand.....	50
8.2	Historische bevingen in de voorkomens van dit winningsplan.....	50
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse.....	50
8.4	Seismische Risico Analyse voor het voorkomen/de voorkomens in dit winningsplan.....	54
8.5	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit de voorkomens in dit winningsplan	55
8.6	Monitoring van bodemtrillingen	56
8.7	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen of te beperken.....	56
8.8	Maatregelen die gevolgen van bodemtrillingen beperken of voorkomen	58
9	Overige omgevingsaspecten.....	59
9.1	Algemeen	59
9.2	Effecten op natuur en milieu	59
10	Verklarende woordenlijst.....	65
11	Bijlage A: Bodemdaling details en achtergronden	66
12	Bijlage B: Seismische Risico Analyse.....	68
13	Bijlage C: Geologische kaarten voor de voorkomens	76
14	Bijlage D: Spanningcondities in een reservoir tijdens hydraulische stimulatie	90

Formulier aanvraag instemming winningsplan*ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)**Elektronisch in te dienen bij:**Ministerie van Economische Zaken**Directie Energie & Omgeving**mijnbouwaanvragen@minez.nl*

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming voor een wijziging / actualisatie van het 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 / actualisatie bestaat uit een verlengde productievoorspelling van de verschillende voorkomens in dit winningsplan, een actualisatie van de seismische risico analyse en bodemdalingsvoorspellingen, en het plan voor een nieuwe put in het Maasdijk voorkomen.
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 28000 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	
	<i>E-mail</i>	@shell.com
Mw 34 lid 2	<i>Indiener</i>	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunning(s)gebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) • Rijswijk – KB. dd. 3 januari 1955, N069 • Gemeente Midden-Delfland en Westland • Provincie Zuid-Holland
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	• Gaag Bunter • Maasdijk Bunter • S-Gravenzande Bunter • Geestvaartpolder Bunter • Noorderdam Bunter • Monster 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 (waarom niet)

	Bedrijfs- en productiegegevens	Sectie
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1, 2
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	3
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	5
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	Bijlage C
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, gasputten	3.1
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	3.1
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	4.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	4.3
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	3.2
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	6.4
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	6.4
Mb 24 lid 2	Reservoir management	6.4
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	6.5
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	6.6
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	6.9
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	6.7
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefaakte koolwaterstoffen	6.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	6.10
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	5.4
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning	Sectie
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	7.2 – 7.4 Bijlage A
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.6
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	7.5
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	7.7
	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, 8.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	8.8
	Overige veiligheidsaspecten	Sectie
Mw 35 lid 1g	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	9.1, 9.2
Ondertekening  Functie: NAM Asset Manager - Asset Land Mb 24 lid I Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen.		Datum: 2/8/2017 Plaats: Assen Zie deel "vertrouwelijk"

2 Inleiding

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Rijswijk (Jan-1955, NO69). Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

Dit winningsplan omvat de combinatie van gasvoorkomens Gaag, Maasdijk, 's-Gravenzande, Geestvaartpolder, Noorderdam, Monster en De Lier. Deze voorkomens zijn in het verleden al samengevoegd in één winningsplan omdat de infrastructuur gedeeld wordt. De reden voor de actualisatie van het winningsplan is de verlengde levensduur van de voorkomens Gaag, Maasdijk, 's-Gravenzande, Monster en De Lier, en het plan voor hydraulische stimulatie van (extra) putten in het Maasdijk voorkomen.

Dit winningsplan bevat een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen, en een nieuwe seismische risicoanalyse. Dit is de tweede actualisatie van het winningsplan Gaag-Monster. De reden voor de eerste actualisatie in januari 2013 was het langer kunnen produceren van het Gaag voorkomen, terwijl er voor de voorkomens Geestvaartpolder, Noorderdam en De Lier plannen waren deze voorkomens weer in productie te nemen. De eerste actualisatie is het **vigerend winningsplan** tot aan instemming met dit aangepaste winningsplan.

In mei 2017 is tevens een wijziging instemmingsbesluit voor het vigerend winningsplan ingediend, om de periode van produceren van het Monster voorkomen aan te passen. Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties:

Datum	Versie	Document
Dec 2003	1.0	Originele winningsplan
Jan 2013	1.0	Eerste actualisatie (vigerend winningsplan)
Mei 2017		Wijziging instemmingsbesluit vigerend winningsplan voor Monster
	2.0	Deze (tweede) actualisatie

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen wordt, de geologie en de eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen en de voorspelde productiehoeveelheden, mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen. Hoofdstuk 1 (Samenvatting) geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details.

De gasvoorkomens in dit winningsplan worden vanaf verschillende locaties en door meerdere putten geproduceerd. Hoofdstuk 3 (Plaats van winning) en 4 (Boringen) geven meer informatie over de locaties, huidige en toekomstige putten, en putstimulaties. Hoofdstuk 5 (Ondergrond) geeft een beschrijving van de ondergrond. In hoofdstuk 6 (Ontwikkelingsvooruitzichten) wordt ingegaan op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor de voorkomens in dit winningsplan.

De nog te verwachten bodemdaling door toekomstige productie wordt beschreven in hoofdstuk 7 (Bodemdaling). De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

Hoofdstuk 8 (Bodemtrilling) gaat verder in op de seismische risicoanalyse. De seismische risicoanalyse laat zien dat de meeste gasvoorkomens in dit winningsplan in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I) en de Gaag en Maasdijk velden in risicocategorie II.

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

- a. de totale productie uit een veld niet uitkomt boven de maximale totale voorspelde productie in het “hoog scenario” van sectie 6.5 van dit winningsplan, onafhankelijk van welke putten of infrastructuur hierbij gebruikt wordt. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit een veld gaat uitkomen boven de 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 verschillende velden van dit winningsplan in de 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 één of meer velden in dit plan groter blijkt te zijn.

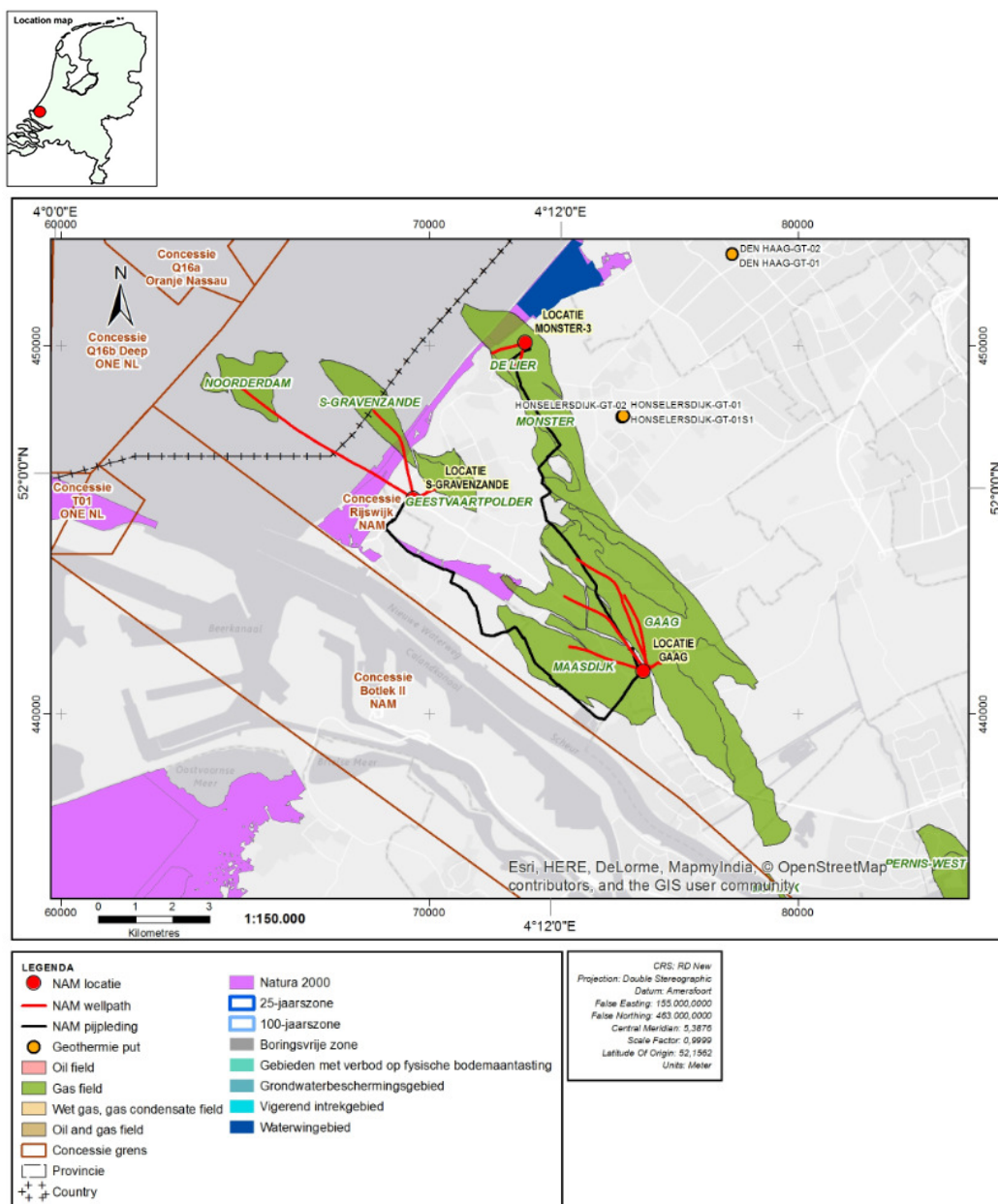
Eventuele toekomstige activiteiten op een locatie (bijvoorbeeld compressie) of in een reservoir (bijvoorbeeld extra putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

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

3 Plaats van winning

3.1 Productielocatie, putten en voorkomens

De gasvoorkomens in dit winningsplan worden vanaf verschillende locaties en door meerdere putten geproduceerd. De gasvoorkomens liggen in de provincie Zuid-Holland en liggen voor het grootste gedeelte onder de gemeenten Midden-Delfland en Westland. Alleen de randen van het Maasdijk en Gaag voorkomen liggen voor een klein deel ook nog in de gemeenten Rotterdam, Maassluis en Vlaardingen. Alle voorkomens vallen onder het Hoogheemraadschap van Delfland. In de figuur hieronder is een topografische kaart met de locatie van de voorkomens, de putten, de oppervlaktelocaties en pijpleidingen, de waterwin- en grondwaterbeschermingsgebieden, de beschermde natuurgebieden (inclusief Natura 2000) en bestaande geothermieputten aangegeven.



De productielocatie GAG is gelegen in de gemeente Midden-Delfland, de productielocaties SGZ en MON zijn gelegen in de gemeente Westland. Hieronder volgen een drietal luchtfoto's van de puttenlocatie en behandelingsinstallaties.



Figuur 3-1: De Gaag puttenlocatie en behandelingsinstallatie



Figuur 3-2: De 's-Gravenzande puttenlocatie

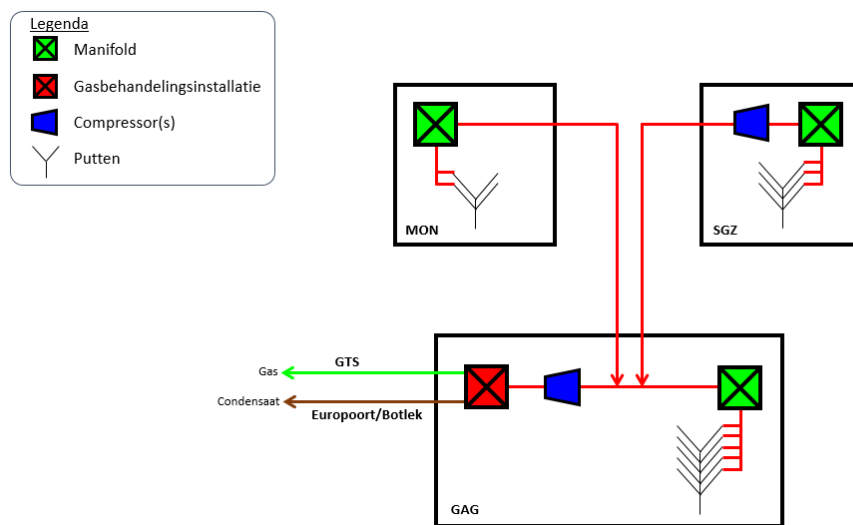


Figuur 3-3: De Monster puttenlocatie en behandelingsinstallatie

3.2 Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas

Figuur 3-4 geeft een schematische weergave van de gasstromen in het Gaag-Monster productiesysteem. Het gas uit het Monster en het De Lier voorkomen wordt op de Monster-3 locatie (MON) geproduceerd uit twee productieputten. Op de 's-Gravenzande locatie (SGZ) zijn drie putten om de voorkomens 's-Gravenzande, Geestvaartpolder en Noorderdam te produceren. Het gas uit het Gaag voorkomen wordt geproduceerd via drie productieputten op de Gaag locatie (GAG). Ook het gas uit het voorkomen Maasdijk wordt geproduceerd vanaf de GAG locatie. Alle gasstromen worden op de GAG locatie samengevoegd. Na het comprimeren van de gasstroom, wordt deze in de behandelingsinstallatie van GAG op specificatie gebracht en afgeleverd aan GasTerra B.V.

De condensaatstroom (een kleine hoeveelheid vloeibare koolwaterstoffen die meekomen met de gasproductie) wordt afgeleverd aan de Europoort installaties.



Figuur 3-4: Schema van de gasstromen in het Gaag-Monster systeem

4 Boringen

4.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

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

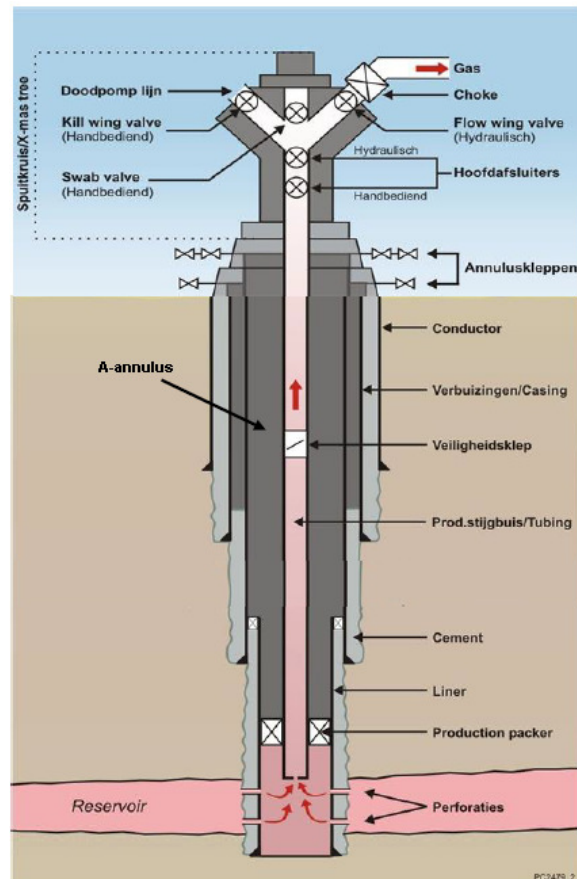
Het boren van een put gebeurt met een boortoren. Voordat de boortoren op locatie wordt geplaatst wordt er een buis in de grond geheid (ongeveer 50 meter diep). De boortoren wordt daarna boven op deze geheide buis opgebouwd. Een boorpijp bestaat van onder naar boven uit een beitel, motor, stabilisatoren, meetapparatuur en boorpijpen tot naar de boortoren. Tijdens het boorproces wordt er gebruik gemaakt van boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en koeling van de boorpijp. Tevens levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om gasinstroom te voorkomen. Bovenop het boorgat staat een metalen installatie, bestaande uit verschillende afsluiters die tijdens het boorproces geactiveerd kunnen worden: 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: een 'casing'. De casing wordt in het boorgat vast gecementeerd waardoor een sterke en stabiele put ontstaat. Dit geeft bescherming en isolering van bovenliggende grondlagen en het grondwater. Het boren van secties en zetten van casing herhaald zich meerdere keren totdat het gasveld is bereikt.

Voor de gasproductie wordt een aparte productie-stijgbuis ('tubing') gebruikt. Deze verbuizing zorgt ervoor dat gas gecontroleerd omhoog kan stromen. De tubing is dus een buis binnen 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. Tevens heeft de tubing verschillende veiligheidskleppen. Als de tubing is geïnstalleerd, worden er perforaties gemaakt in de casing ter hoogte van het reservoir en kan het gas door de tubing omhoog stromen. Aan het oppervlakte is de 'X-mas tree' de verbinding tussen de tubing en de bovengrondse gasleiding. Deze '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 gas-

stroomsnelheid continu gemeten kunnen worden.



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

4.2 Overzicht boringen in voorkomens

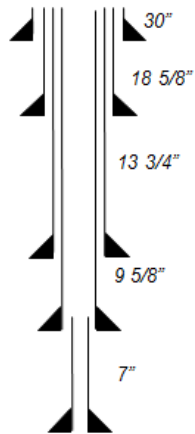
In Tabel 4-1 zijn de bestaande boringen per voorkomen met verdere algemene informatie weergegeven. Het uiteindelijk aantal putten voor de voorkomens in dit winningsplan is onzeker. Op dit moment verwachten wij alleen voor het Maasdijk voorkomen nog extra boringen. Voor het Maasdijk voorkomen is één extra boring meegenomen als onderdeel van het mid-case productie scenario (put GAG-7). Het high-case scenario bevat nog een tweede boring.

Tabel 4-1: Lijst van boringen per voorkomen

Voorkomen	NAM Locatie	Putnaam	Formatie	Putvorm	Putstatus
Gaag	Gaag	GAG-1	Bunter		geabandonneerd
	Gaag	GAG-2A	Bunter	gedevieerd	producerend
	Gaag	GAG-3	Bunter	gedevieerd	producerend
	Gaag	GAG-4	Bunter	horizontaal	producerend
	Monster-Zuid	LIR-1C	Bunter		geabandonneerd
Maasdijk	Gaag	GAG-5	Bunter	gedevieerd	producerend
	Gaag	GAG-6A	Bunter	gedevieerd	producerend
	Gaag	GAG-X	Bunter	gedevieerd	gepland
's-Gravenzande	's-Gravenzande	SGZ-1A	Bunter		geabandonneerd
	's-Gravenzande	SGZ-2	Bunter	gedevieerd	producerend
Geestvaartpolder	's-Gravenzande	SGZ-3B	Bunter	gedevieerd	gesuspenseerd
Noorderdam	's-Gravenzande	SGZ-4	Bunter	gedevieerd	producerend
Monster	Monster-3	MON-1	Bunter		geabandonneerd
	Monster-3	MON-2A	Bunter	gedevieerd	geabandonneerd
	Monster-3	MON-3	Bunter	gedevieerd	producerend
Monster	Monster-Zuid	MNZ-1	Bunter		gesuspenseerd
De Lier	Monster-3	MON-4	Greensand	gedevieerd	producerend

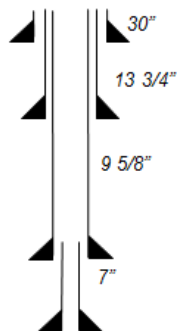
4.3 Schematische voorstelling putverbuizingen

Hieronder zijn schematisch en in tabelvorm een aantal voorbeelden van putverbuizingen weergegeven. De GAG-4 put wijkt enigszins af van het algemene schema aangezien deze geen gebruik maakt van een fijnmazige filterbuis in plaats van perforaties door de verbuizing ("wire wrapped screen").

Gag-3, Gag-4, Mon-3, SGZ-2

Wellbore	NOM.OD (mm)	Type	Top Depth TV (m)	Bottom Depth TV (m)
GAG - 4	30.000	Conductor - Driven	1.06	42.23
GAG - 4	18.788	Surface Casing	0.88	991.26
GAG - 4	13.375	Intermediate Casing	0.59	1845.24
GAG - 4	9.625	Production Casing	0.53	2851.65
GAG - 4	7.000	Production Liner	2827.29	2935.11
GAG - 4	7.625	Completion String (single)	-0.23	2761.84
GAG - 4	9.625	Packer with Tail	2761.33	2828.28

Wellbore	NOM.OD (mm)	Type	Top Depth TV (m)	Bottom Depth TV (m)
SGZ - 2	30.000	Conductor - Driven	3.17	49.58
SGZ - 2	18.625	Surface Casing	2.98	894.75
SGZ - 2	13.375	Intermediate Casing	2.83	2021.45
SGZ - 2	9.625	Production Casing	2.45	2671.18
SGZ - 2	7.000	Production Liner	2636.92	2997.27
SGZ - 2	7.000	Completion String (single)	1.59	2622.44
SGZ - 2	7.000	Packer with Tail	2622.12	2638.44

Gag-5

Wellbore	NOM.OD (mm)	Type	Top Depth TV (m)	Bottom Depth TV (m)
GAG - 5	30.000	Conductor - Driven	1.89	37.27
GAG - 5	13.375	Surface Casing	0.30	898.25
GAG - 5	9.625	Intermediate Casing	0.39	1940.23
GAG - 5	7.000	Intermediate Liner	1897.01	3435.94
GAG - 5	4.500	Production Liner	3394.98	3946.98
GAG - 5	5.000	Completion String (single)	-0.74	3365.16
GAG - 5	7.000	Packer with Tail	3363.83	3393.46

De putten die produceren van de Bunter reservoirformatie zijn op een diepte tussen de 2740 m TVNAP en 3880 m TVNAP door perforaties verbonden met het gashoudende reservoir. De put in het De Lier gasveld (MON-4) is op een diepte tussen de 1342 m TVNAP en 1427 m TVNAP door perforaties verbonden worden met de De Lier Greensand reservoirformatie.

4.4 Putstimulatie

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

De verwachte gasproductie-snelheden uit de putten is over het algemeen voldoende. Het Maasdijk voorkomen ligt echter erg diep op meer dan 3,5 kilometer en produceert slecht. Om productie te stimuleren is in het verleden hydraulische putstimulatie toegepast. Ook bij vervolgboringen in het Maasdijk voorkomen zal hydraulische putstimulatie nodig zijn.

Alle operationele handelingen staan onder toezicht van SodM en worden uitgevoerd overeenkomstig de daarvoor geldende regelgeving. Dit betekent dat bij stimulatie wordt voldaan aan vereisten uit het Mijnbouwbesluit en de Mijnbouwregeling. Voor aanvang van iedere stimulatie wordt een werkveiligheidsplan ingediend.

Hydraulische stimulatie - Algemeen

Om de gaswinning te bevorderen en de doorlatendheid van het gashoudende gesteente te vergroten gebruiken operators de hydraulische stimulatie-techniek. Deze techniek wordt al sinds de jaren 50 regelmatig en succesvol toegepast in Nederland. Dankzij gebruik van deze techniek wordt er meer aardgas uit bestaande en nieuwe gasvelden geproduceerd.

Bij hydraulische stimulatie wordt vloeistof onder druk via de boorput in het gasveld gebracht. Door de druk ontstaan op gecontroleerde wijze plaatselijk kleine scheuren in het gashoudende gesteente dat zich meestal op een diepte van ruim drie kilometer bevindt. De vloeistof bestaat uit zout water (90%), chemicaliën (2%) en kleine keramiekkorrels (8%). De korrels blijven als opvulmiddel in het gesteente achter. Zij houden de gecreëerde scheuren open zodat het gas gemakkelijker naar de boorput kan stromen. Een deel van de frackvloeistof wordt in de eerste dagen van productie na de frack-operatie via een tijdelijke productie-installatie teruggewonnen. Dit deel wordt in een gesloten systeem opgevangen en gaat naar een erkende afvalverwerker. Een ander deel van de frackvloeistof wordt geleidelijk met het formatiewater mee geproduceerd via de normale productie-installatie, en wordt als productiewater verwerkt. De rest van de frackvloeistof (minder dan de helft) blijft achter in het gashoudende gesteente en kan daaruit niet vrijkomen.

De website van SodM geeft een overzicht van hydraulische stimulatie waarin duidelijk wordt dat deze methode in conventionele gaswinning nooit tot problemen heeft geleid.² Verdere uitleg over de techniek en werkzaamheden op NAM locaties waar gestimuleerd wordt staan beschreven op de website van NAM (nam.nl).

Analyse van een mogelijk seismische dreiging - Algemeen

De seismische dreiging geassocieerd met hydraulische stimulatie in Nederland wordt als verwaarloosbaar ingeschat. In de afgelopen 50 jaar zijn in Nederland meer dan 220 stimulaties uitgevoerd. Hierbij zijn geen voelbare bevingen geconstateerd.

Dat de kans op seismiciteit zeer klein is wordt bevestigd in het rapport van Witteveen en Bos uit 2013³. In dit rapport is een mogelijk verband tussen hydraulische stimulatie en aardbevingen onderzocht, aan de hand van alle sinds 1986 uitgevoerde stimulaties in Nederland en de waarnemingen van aardbevingen gedurende die periode. Hierin wordt gesteld dat er geen duidelijk verband is tussen hydraulische stimulatie en aardbevingen. Van de 94 bestudeerde stimulaties kan bij slechts 1 stimulatie een eventueel verband met een aan het oppervlak niet voelbare beving niet volledig uitgesloten worden.

² <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2016/03/04/inventarisatie-sodm-fracking-in-conventionele-gaswinning>

³ Witteveen en Bos, "Aanvullend onderzoek naar mogelijke risico's en gevolgen van de opsporing en winning van schalie- en steenkoolgas in Nederland", Rapport aan Ministerie van EZ, 2013

Hydraulische stimulatie – Maasdijk

In het Maasdijk veld hebben hydraulische stimulaties plaatsgevonden in de putten GAG-5 in 1999 en GAG-6 in 2015. Tijdens en na deze putstimulaties is geen seismische activiteit waargenomen.

In het navolgende overzicht worden de onderwerpen beschreven die deel uit maken van de locatie specifieke risicoanalyse voor de hydraulische stimulatie van putten in het Maasdijk voorkomen. Er zullen hoogstwaarschijnlijk meerdere stimulaties per put worden uitgevoerd, afhankelijk van de boorresultaten van de put. De risicoduiding hieronder verandert niet met het precieze aantal stimulaties. De risicoanalyse behandelt de volgende aspecten

- a) Integriteit van de te behandelen put;
- b) Integriteit van de afdekkende lagen;
- c) Stimulatievloeistof volumes en samenstelling, en het risico van geochemische interacties;
- d) Injectiedrukken en gevolgen voor spanningscondities in het reservoir;
- e) Afstanden tot gekarteerde breuken en het seismisch risico van de operatie;
- f) Locatie van de put ten opzichte van drink- en grondwatergebieden, en verwerking van stimulatievloeistof.

Integriteit van de te behandelen put

Voor de put integriteit worden de volgende maatregelen genomen bij het putontwerp om zeker te zijn dat de tubing en het cement voldoende sterk is om de verwachte drukken en temperaturen tijdens de stimulatie operatie te weerstaan.

- **Tubing integriteit.**

Met het software tool Wellcat⁴ wordt de mechanische belasting op tubing en casing onder invloed van druk en temperatuur doorgerekend. Hieruit volgen waarden voor de minimale steundruk op de A-annulus tijdens het pompen van de frac, voor gegeven waarde van de maximale tubing druk (typisch 620 bar bij de x-mas tree) en de maximale dichtheid van de frackvloeistof (ongeveer 1600 kg/m³).

- **Cement integriteit**

Het cement is van een type met een groot vermogen om vervormingen op te vangen zodat deze speciaal geschikt is voor hydraulische stimulatie. Met het software tool DSealect⁵ wordt de mechanische belasting op het cement vlak boven het reservoir en rond de schoen van de liner boven het reservoir, en de mechanische belasting van de tubing tegen het cement doorgerekend. Hieruit volgt de minimaal vereiste temperatuur van de frackvloeistof, voor gegeven waarde van de gemiddelde dichtheid van de frackvloeistof in de tubing, en de maximale tubing druk.

Met DSealect wordt niet alleen de mechanische integriteit van het cement zelf, maar ook de integriteit van de bond tussen liner en cement, en van de bond tussen cement en formatie berekend. De berekening geeft aan welke residuale capaciteit van de mechanische sterkte boven het ontwerpminimum resteert voor het scenario van een frack. Bij een residuale sterkte boven de 30% van de ontwerpnorm voor een faalmechanisme (DSealect berekent meerdere

⁴ WellCat is een industry standard software tool voor de mechanische analyse van tubing en casing.

⁵ DSealect is een software tool dat door Shell samen met Halliburton en TNO ontwikkeld is. Hiermee wordt een numerieke analyse gedaan van gesteente, cement en verbuizing tegen het cement. Dit tool is door externe experts buiten NAM geverifieerd.

faalmechanismes waar micro-annuli zouden kunnen ontstaan) is de conclusie dat het model aantoont dat het ontwerp geschikt is voor het gemodelleerde scenario. Deze 30% residuale sterkte is equivalent met een design factor van 1,3.

De volgende maatregelen worden genomen bij de stimulatie

- **Operationele maatregelen**

Voor aanvang van de stimulatie wordt gecontroleerd of de A-annulus de minimaal vereiste druk kan houden. Daarnaast wordt er in de gecementeerde productie tubing een Cement Bond Log genomen om de kwaliteit van het cement te verifiëren. Ook worden er elektronische en mechanische veiligheidsinstellingen ingesteld om te voorkomen dat de A-annulus druk en tubingdruk tijdens het pompen van de stimulatievloeistof de maximaal toegestane waarden overschrijden.

Een goede cement bond, gecombineerd met het feit dat de DSealact berekening geen micro-annulus laat zien en de plastische eigenschappen van het cement, bevestigt dat de aanwezigheid van een micro-annulus zeer onwaarschijnlijk is. Eerdere fracks (in zowel putten met als zonder cement) hebben inderdaad nooit problemen met micro-annuli laten zien (geen drukopbouw in A-annulus, etc.).

- **Monitoring na afloop van de stimulatie operatie**

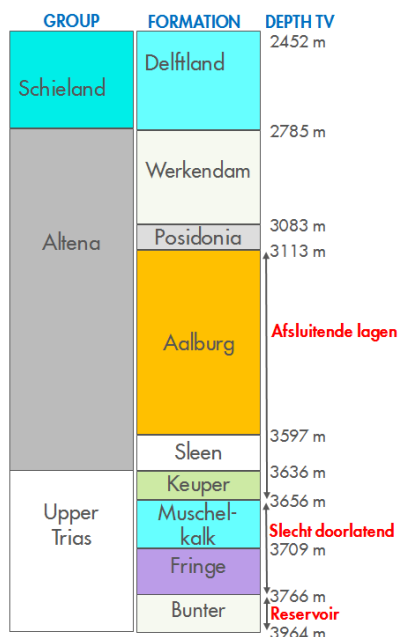
Na de stimulatie blijft de druk van de A-annulus continu gemeten om aan te tonen dat deze niet afwijkt van normale A-annulus druk tijdens productie.

Integriteit van de afdekkende lagen

Het reservoir in het Maasdijk voorkomen wordt gevormd door de Bunter zandsteen. Direct boven het Bunter liggen twee slecht doorlatende formaties, Fringe zandsteen en Muschelkalk kalksteen. Boven deze twee formaties ligt de afdekkende laag die het gasvoorkomen afsluit. Deze laag wordt gevormd door de Keuper, Sleen en Aalburg formaties - dit zijn kleilagen. Sleen en Aalburg maken deel uit van de Altena groep. De dikte van deze afdekkende laag is in totaal meer dan 500 meter.

Uit microfrac tests is geschat dat het horizontale spanningscontrast tussen een zandsteen reservoir en de bovenliggende afsluitende kleilagen ongeveer 30 bar is voor ongedepleteerde reservoirs. In de afsluitende laag is de horizontale spanning dus 30 bar hoger dan de spanning in een ongedepleteerd reservoir. Ongedepleteerd betekent dat er nog geen gas uit het reservoir gewonnen is, waardoor de gasdruk dus ook nog niet is afgenomen.

De groei van een frack in het Bunter reservoir naar boven wordt belemmerd doordat de horizontale insitu spanning (S_h) in de afsluitende kleisteenlaag hoger is dan in het reservoir en doordat de mechanische parameters van de afsluitende laag verschillen van die van het reservoir. Daarom zal de frack bij voorkeur in het reservoir verder groeien. Tevens zal de druk in de frack afnemen met de afstand. Hierdoor wordt de groei in de afdeklaag verder beperkt. Uit frack-modellering blijkt dat de frack niet meer dan 100 meter verticaal boven het reservoir zal groeien, en niet meer dan enkele tientallen meters in de afsluitende laag (Keuper, Sleen en Aalburg formaties).



Figuur 4-1: Schematische aanduiding van het gashoudende gesteente van het Maasdiik voorkomen waaruit geproduceerd wordt (Bunter) en de verschillende lagen daarboven. Dieptes zijn bij benadering.

Stimulatievloeistof volumes en samenstelling, en het risico van geochemische interacties

De samenstelling van de frackvloeistof zal dicht bij die van de recente fracks liggen. De website www.nam.nl geeft informatie over de frackvloeistoffen die gebruikt zijn bij vorige stimulaties. Aangezien nog niet besloten is welke aannemer de frack zal gaan uitvoeren en elke aannemer zijn eigen frackvloeistof gebruikt is de precieze samenstelling nog niet bekend. Het volume aan vloeistof voor de frack zelf zal ongeveer 600 m³ zijn. Naast de frackvloeistof zal er ongeveer 150 ton kleine keramiekkorrels gebruikt worden.

De frackvloeistof wordt gemaakt op basis van kaliumchloride brine (KCl). De KCl is toegevoegd om zwelling van kleimineralen in het reservoir tegen te gaan. De verdere chemische toevoegingen geven de frackvloeistof een basisch karakter. Er wordt geen geochemische reactie met het gesteente of reservoir vloeistoffen verwacht. Aangezien in de afsluitende laag zich geen zoutformaties bevinden, worden ook geen oplossingsverschijnselen verwacht.

Er zijn meerdere barrières die contact tussen enerzijds de productie/ frack vloeistoffen op de locatie als ook in de put en anderzijds de omgeving voorkomen (zie ook de sectie "Locatie van de put ten opzichte van drink- en grondwatergebieden" hieronder). Daarnaast is er op alle fracklocaties een grondwater-monitoringprogramma actief. Het risico op contaminatie van grondwater is derhalve zeer klein.

Injectiedrukken en gevolgen voor spanningscondities in het reservoir

Tijdens het pompen van de frack blijft de injectiedruk begrensd. De druk in de frack vlak bij de put zal de initiële spanningsconditie in het reservoir niet meer dan 150 bar overschrijden ("net pressure"). Stimulatiemodellerings laat zien dat op een afstand van enkele tientallen meters van de frack-tip de druk terugloopt tot gemiddelde reservoirdruk. Een breuk op vele tientallen meters afstand van de frack tip zal met de volumes die verpompt worden daarom niet in een kritische spanningsconditie komen. Technische details van de analyse rond spanningsconditie staan in bijlage D.

Afstanden tot gekarteerde breuken en het seismisch risico van de operatie

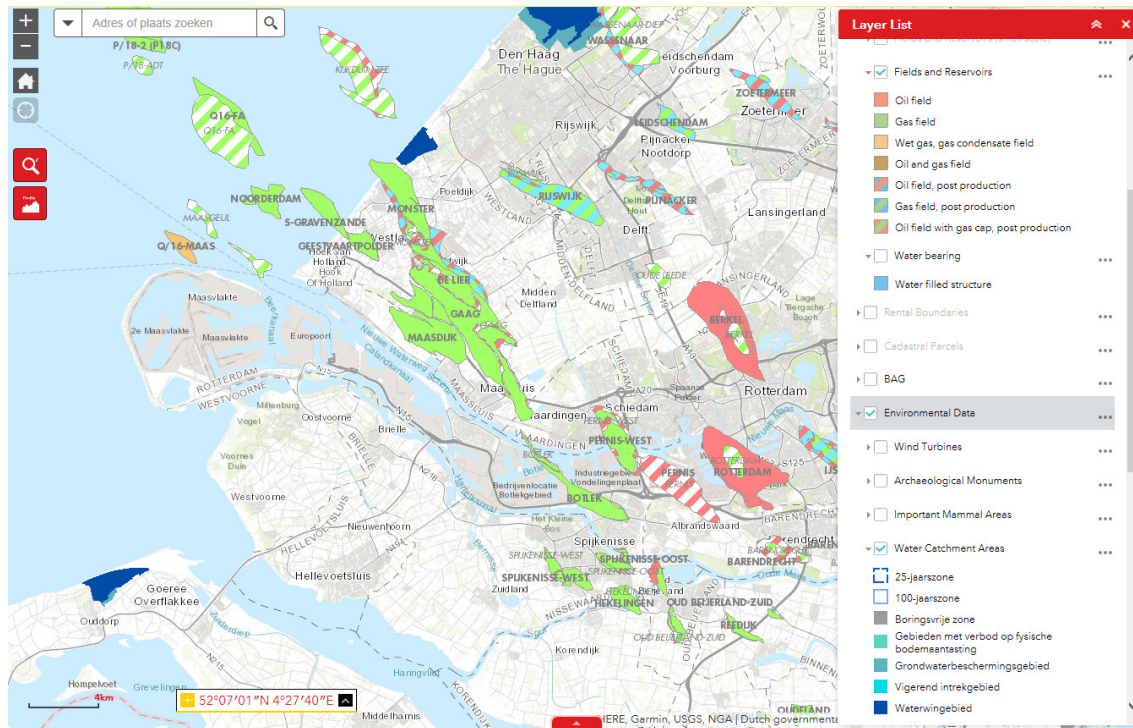
De regionale maximum horizontale spanningsrichting in het reservoir is noordwest-zuidoost georiënteerd⁶ en de frack zal dus voornamelijk in noordwestelijke en zuidoostelijke richting groeien. De frack zal worden ontworpen met een lengte van 70-100 m vanaf de put. De put en frack worden ontworpen zodat de dichtstbijzijnde gekarteerde breuk in de voorkeursrichting van de frack zich honderden meters van de put af bevindt. De kans dat de frac de breuk raakt is derhalve zeer klein.

Het risico op aardbevingen door hydraulische putstimulatie in Nederland wordt als verwaarloosbaar ingeschat. Op enkele tientallen meters afstand van de frack zal de druk tijdens hydraulische stimulatie niet afwijken van de gemiddelde reservoir druk. Hierdoor is de kans op re-activatie van de dichtstbijzijnde gekarteerde breuk zeer klein. In de afgelopen 50 jaar zijn in Nederland meer dan 220 stimulaties uitgevoerd. Hierbij zijn geen voelbare bevingen geconstateerd. Dit beeld wordt bevestigd door de evaluatie van SodM uit 2016, zoals al beschreven de algemene analyse van een mogelijk seismische dreiging bij hydraulische stimulatie.

Locatie van de put ten opzichte van drink- en grondwatergebieden, en verwerking van stimulatievloeistof

De putlocaties liggen op ruime afstand van bestaande waterwinning- en grondwaterbeschermingsgebieden (zie Figuur 4-2). Effecten op deze gebieden zijn daarom niet te verwachten.

⁶ Van Balen, R.T., Houtgast, R.F., Cloetingh, S., 2005. Neotectonics of the Netherlands: a review. Quaternary Sciences Review, V 24, p 439-454



Figuur 4-2: Positie van waterwinning- en grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van voorkomens in dit winningsplan

De voorraadvaten met chemicaliën worden op locatie geplaatst in aparte lekbakken. Tevens zijn de locaties voorzien van een vloeistofdichte vloer en een systeem om vloeistoffen en hemelwater op te vangen. Hierdoor kan stimulatievloeistof de locatie niet ongecontroleerd kan verlaten.

Na de stimulatie wordt de frack-vloeistof terug-geproduceerd via een tijdelijke productie-installatie. De vloeistof en chemicaliën worden opgevangen in gesloten tanks waarna de tanks worden afgevoerd naar erkende verwerkers.

5 Ondergrond

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. Deze informatie wordt gebruikt om een voorspelling te kunnen maken over hoeveel gas aanwezig is en hoeveel hiervan geproduceerd kan worden. Doordat de vorm van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij de putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en de andere eigenschappen van het voorkomen. Voorspellingen zullen daarom altijd een onzekerheidsmarge hebben. De grootte van de onzekerheidsmarge verschilt van parameter tot parameter, en zal dus een verschillende impact op verschillende voorspellingen hebben.

De vorm en diepte van het veld wordt bepaald uit de analyse van geluidsgolven ("seismiek"). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden van geluid in de lagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen exact bekend op een heel klein aantal plaatsen waar een put het reservoir binnengaat. Het gevolg daarvan is dat er onzekerheid is over de vorm en exacte diepte van het veld buiten de putten.

De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, elektrische weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van gesteente-eigenschappen als porositeit, saturatie in de poriën en doorlaatbaarheid van het gesteente voor stroming (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald door middel van metingen die verkregen zijn door na het boren meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

Uit deze boorgat-metingen worden de eigenschappen berekend van het gesteente rond de boorgaten. 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. Inherent hieraan zijn onzekerheden, omdat de eigenschappen van de gesteenten niet overal hetzelfde zijn. De informatie uit een klein aantal put-locaties moeten over een heel veld geëxtrapoleerd worden.

Diverse aspecten van de winning, zoals de hoeveelheid gas, de mogelijke productiesnelheid en het verloop van productie in de tijd, met de daarbij behorende drukdaling, bevatten daarom onzekerheid. De voorspellingen voor deze aspecten zijn daarom van onzekerheidsmarges voorzien.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Hieronder zullen de geologische formaties uiteengezet worden. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar geologische standaardliteratuur.⁷

Tijdens de geologische geschiedenis (enkele honderden miljoenen jaren) worden lagen die organische bestanddelen bevatten soms diep begraven. Dat kan leiden tot het genereren van gas of

⁷ Geology of the Netherlands, Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007

olie. De olie of het gas dat daarna naar boven stroomt ('migreert') komt terecht in gesteente dat is afgesloten met een afdekkende laag waar zich dan het olie- of gasreservoir vormt.

De gesteentelagen in de ondergrond zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van aardplaten en botsingen tussen aardplaten in de geologische geschiedenis zijn er golvingen ontstaan in de lagen. Omdat gesteente niet goed buigzaam is leidt dit tot breuken. Het resultaat is dat het gesteente vaak uit licht schuin-iggende breukblokken bestaat.

Tabel 5-1: Geologische formaties

Ouderdom	Groep		Formatie	Member	Afkorting		
Tertiair	North Sea (NS)		Upper		NS		
			Mid	Rupel	NM		
			Lower	Asse Clay	NLFFB	Impermeable	
				Brussels Sand	NLFFS		
				Ieper Clay	NLFFY	Impermeable	
				Basal Tuffite	NLFFT		
		Landen Clay	NLLFC	Impermeable			
Boven Krijt	Chalk (CK)	Ommelanden		CK			
		Texel	Plenus Marl	CKTXP			
					CKTXM		
Onder Krijt	Rijnland (KN)	Holland	Upper Holland Marl	KNGLU	Impermeable		
			Middel Holland Claystone	KNGLM	Impermeable		
			Holland Greensand	KNGLG	Reservoir		
			Lower Holland Marl	KNGLL	Impermeable		
		Vlieland	De Lier Sandstone	KNNSL	Reservoir		
			Main Vlieland Claystone	KNNCM	Impermeable		
			Rijswijk Sandstone	KNNSR	Reservoir		
Jura	Schieland	Delftland (DF)		SLD			
	Altena (AT)	Werkendam		ATWD			
		Posidonia Shale		ATPO	Oil Source		
		Aalborg Shale		ATAL	Impermeable		
		Sleen Shale		ATRT	Impermeable		
			Keuper		RNKP	Impermeable	
Trias	Upper Trias (RN)	BUNTER	Muschelkalk		RNMU	Impermeable	
			UPPER	Rot	Rot Fringe Sst	RNROF	Reservoir
				Solling	S. Claystone	RNSOC	
	Lower Trias (RB)		MIDDEL	Hardeggen		RBMH	Reservoir
				Detfurth	D. Claystone	RBMDL	
					Lower D. Sandstone	RBMDL	Reservoir
				Volpriehausen	V. Clay-Siltstone	RBMVC	
					V. Sandstone	RBMVL	Reservoir
				LOWER	Lower Buntsandstein		RBSH
Perm	Rotliegend (RO)		Slochteren		RO		
Carbon	Limburg (DC)				DC	Gas Source	

Reservoir Formaties

Bunter Groep (Trias, licht Roze)

De Bunter groep is het gashoudend reservoir voor de Gaag, Monster, 's-Gravenzande, Noorderdam en Maasdijk voorkomens. De Bunter heeft zich ontwikkeld tijdens het Trias tijdperk en bestaat in deze voorkomens uit afwisselende lagen van zandsteen en kleisteen, met soms wat laagjes carbonaten. De Bunter kan worden opgedeeld in een Lower-, Middel- en Upper-Bunter, binnen welke individuele formaties & members bestaan (zie Tabel 5-1).

De Lier & Holland Greensand (Onder Krijt, Licht Groen)

De De Lier en de Holland Greensand members van de respectievelijk de Vlieland en Holland Formaties vormen het gas- en oliehoudend reservoir voor het De Lier voorkomen. Deze zanden zijn gevormd tijdens het Onder Krijt, en daarmee jonger dan de Bunter reservoirs (zie Tabel 5-1). Het De Lier olieveld is niet langer in productie en niet onderdeel van dit winningsplan, maar voor volledigheid weergegeven in de meeste kaarten en bijlage.

Bron Koolwaterstoffen:

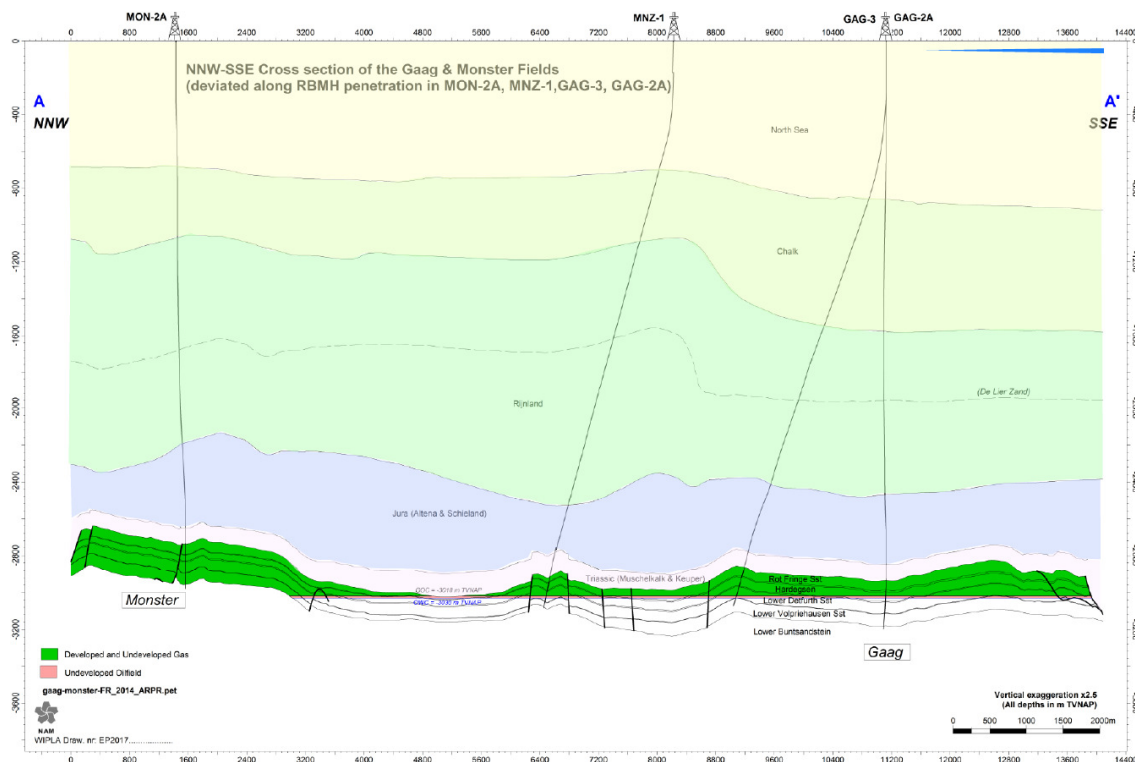
Het gas in de Bunter voorkomens is gevormd in de koollagen van het Carboon. Omdat dit diep is begraven, onder voldoende druk en temperatuur, zijn deze organische elementen gas gaan genereren. Omdat gas lichter is dan water, is dit gas in verloop van tijd omhoog gemigreerd langs breuken, door verticaal permeabele lagen en natuurlijke fracturen naar de bovenliggende zandsteenlagen van Trias ouderdom met goede reservoir eigenschappen (Bunter reservoir). Het gas zal zich verzamelen in de hoogste plaatsen van het reservoir omdat het lichter dan water is. Boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Het gas in het De Lier Holland Greensand voorkomen is ook gevormd in de koollagen van Carboon ouderdom. De olie in het De Lier voorkomen komt uit de Posidonia kleilagen van Jura ouderdom. Deze koolwaterstoffen zijn op dezelfde wijze gemigreerd naar de bovenliggende zandlagen van onder Krijt ouderdom (*Holland Greensand* reservoir).

Structuur

De Monster, Gaag, Maasdijk, Noorderdam en 's-Gravenzande gasvelden zijn gevormd in breukstructuren. Het reservoir wordt afgesloten door kleilagen van Trias en Jura ouderdom.

Het voorkomen is gevormd in een dome-vormige structuur, die verzet wordt door één belangrijke breuk. De voorkomens worden afgesloten door vroeg krijt ouderdom kleilagen ("Holland Claystone").



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).

Reservoir Eigenschappen:

In Tabel 5-2 zijn de gemiddelde gesteente-eigenschappen van de verschillende voorkomens weergegeven. Hierbij moet gemeld worden dat de eigenschappen een significante onzekerheid met zich meebrengen.

Over het algemeen zijn de Middel Bunter reservoirs van betere kwaliteit dan de Upper Bunter reservoirs. Voor het diepste voorkomen, Maasdijk (~3700m), is de doorlaatbaarheid echter ook van de Middel-Bunter door compactie ver achteruitgegaan. Om deze reden moeten putten in dit voorkomen hydraulisch gestimuleerd worden om efficiënte productie te verkrijgen.

Tabel 5-2: Gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit en permeabiliteit van dat net zand in de voorkomens

Voorkomen	Producterende Formatie	Ave NtG (v/v)	Ave Por (v/v)	Ave Perm (mD)
Gaag	Upper bunter	0.15	0.08	2.7
	Middle Bunter	0.88	0.11	47.8
Monster	Upper bunter	0.01	0.06	0.4
	Middle Bunter	0.81	0.09	12.5
s-Gravenzande	Upper bunter	0.21	0.08	17.1
	Middle Bunter	0.89	0.11	154.3
Noorderdam	Middle Bunter	0.96	0.04	9.1
Geestvaartpolder	Upper bunter	0.11	0.09	17
	Middle Bunter	0.98	0.14	175
Maasdijk	Middle Bunter	0.91	0.04	1.5
De Lier	Holland Greensand	0.78	0.21	1.8

In bijlage C zijn schematische doorsneden en geologische kaarten van alle voorkomens in dit winningsplan weergegeven.

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Bunter formatie, die hierboven besproken is, bevindt zich nog ongeveer 2800 m gesteente. Dat bestaat uit de volgende formaties van boven naar beneden (zie ook Tabel 5-1):

Tertiair

- Boven-Noordzee: Kleilagen (impermeabel) afgewisseld met zandlagen. Deze formatie beslaat de bovenste 300 - 400 m. Grondwater bevindt zich hierin.
- Onder-Noordzee: Kleilagen (impermeabel) afgewisseld met zandlagen.

Krijt

- Ommelanden: Krijtsteen
- Texel: Krijtsteen
- Holland: Kleilagen en Mergel. Impermeabel. Holland Greensand reservoir.
- Vlieland: Klei. Impermeabel. De Lier zandsteen reservoir.

Jura

- Delftland: Silt & Klei
- Werkendam: Silt & Klei
- Posidonia: Klei. Impermeabel. Bron voor olie.
- Aalburg: Klei. Impermeabel.
- Sleen: Klei. Impermeabel.

Trias

- Keuper: Klei. Impermeabel
- Muschelkalk: Klei en kalksteen. Impermeabel

Voor alle voorkomens in dit winningsplan geldt dus dat deze op grote diepte liggen en dat zich een groot aantal impermeabele en continue lagen tussen het voorkomen en het oppervlak bevinden.

5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Waterwinning vindt plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee formatie, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt meestal op ongeveer 20 tot 150m diepte. Zoutwater is aanwezig in de ondergrond tot aan de basis van een sedimentair bassin (>5km in Nederland), en vaak ook verder. Het dichtstbijzijnde waterwingebied ligt op ongeveer 1 kilometer van de De Lier productielocatie (zie hoofdstuk 3).

Geothermische projecten kunnen gescheiden worden in “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 en ook op plaatsen binnen het winningsgebied. Omdat het boren zich beperkt tot de bovenste ~300m is er geen interactie met gaswinning.

Aardwarmte maakt gebruik van energie diep uit de aarde en putten moeten dieper geboord worden (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 injectie put (deze brengt het afgekoelde water weer terug in hetzelfde reservoir). SodM is intensief betrokken bij geothermieprojecten om toezicht te houden op de veiligheid en om te beoordelen of deze activiteiten en gaswinning veilig naast elkaar kunnen worden uitgevoerd en bestaan. Er vinden verschillende van dergelijke geothermieprojecten plaats in het Gaag-Monster gaswinningsgebied, gerelateerd aan warmtelevering aan kassen. Voor elk project werkt NAM met SodM en de geothermie-operator samen voor het bepalen van de meest veilige geothermie-putlocaties zodat ze niet interfereren met bestaande en toekomstige gasputten en projecten.

Zoutwinning, gasopslag of ander gebruik van de diepe ondergrond is niet voorzien in dit gebied.

6 Ontwikkelingsvooruitzichten

6.1 Inleiding

De in dit winningsplan beschreven voorkomens liggen in de Rijswijk winningsvergunning. De velden zijn vanaf eind jaren '80 aangeboord, getest en in productie genomen. Het De Lier veld is zelfs in een eerdere periode in productie geweest (1957-1993). Op het moment van actualisatie van het winningsplan zijn de velden Geestvaartpolder en Noorderdam niet meer in productie. Het voorkomen Monster produceert langer dan in het vigerend winningsplan was voorspeld doordat de productiecapaciteit van putten minder snel is afgenomen. Voor de voorkomens Gaag, 's-Gravenzande en De Lier zijn productievooruitzichten geactualiseerd. Voor het Maasdijk voorkomen zijn er naast de productie uit de bestaande putten nog verdere ontwikkelingsplannen door middel van één of meer extra boringen.

6.2 Historische Productie

Het navolgend overzicht geeft aan sinds wanneer productie plaatsvindt uit de voorkomens zoals beschreven in dit winningsplan:

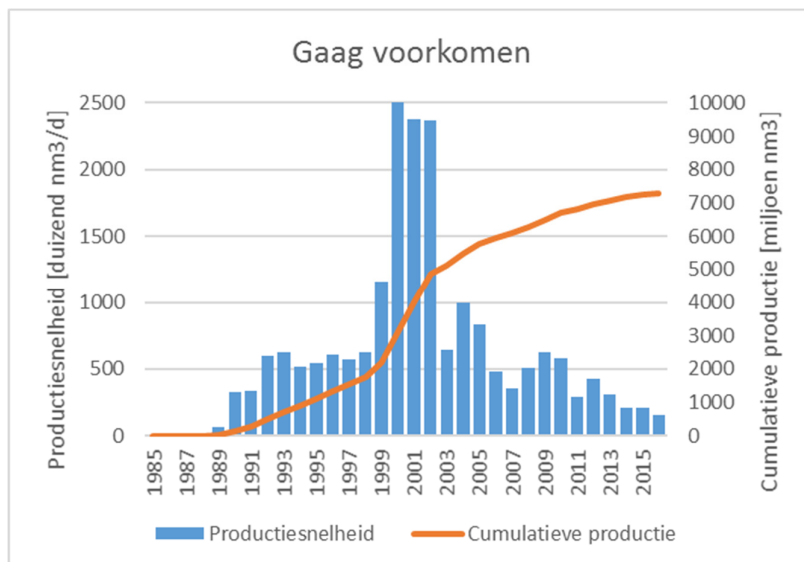
Voorkomen	NAM Locatie	Jaar productiestart
Gaag	Gaag	1989
Monster	Monster-3	1990
Maasdijk	Gaag	1999
's-Gravenzande	's-Gravenzande	2002
Geestvaartpolder	's-Gravenzande	2005
Noorderdam	's-Gravenzande	2006
De Lier	Monster-3	2013 (eerder 1957-1993)

De historische productie per jaar zijn te vinden in het overzicht hieronder. Voor de productie tot en met 2002 zijn alleen de cumulatieve hoeveelheden gegeven. Voor het De Lier voorkomen komt de historische productie voor 2002 uit het De Lier Zuid blok. De productie sinds 2013 en nog toekomstige productie komt uit het De Lier Noord blok.

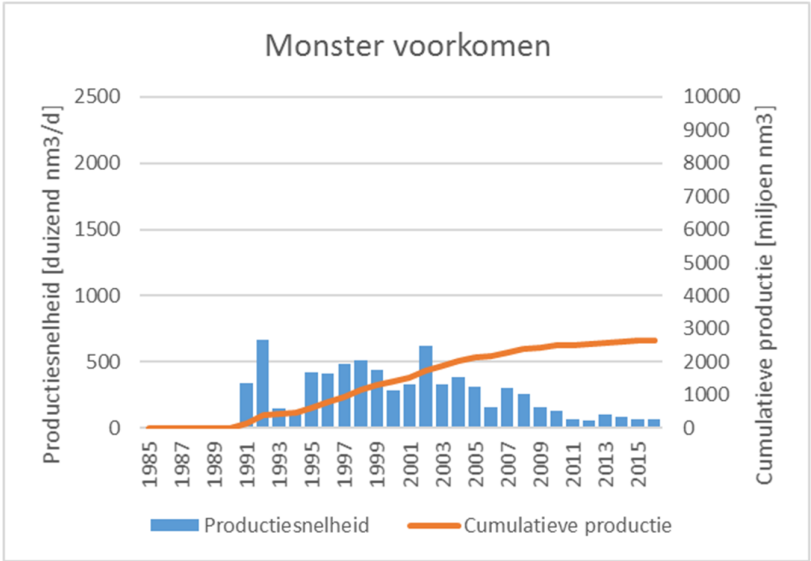
Productie [in miljoen Nm ³]	Historische productie t/m 2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Historische productie t/m 2016
De Lier	2229	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	16	13	12	2271
Gaag	4880	236	365	304	174	129	186	227	211	106	157	114	76	78	57	7301
Geestvaartpolder	-	-	-	48	81	93	101	65	112	22	-	13	20	0	-	555
Maasdijk	18	1	2	-	5	6	5	8	6	4	5	6	4	45	17	131
Monster	1746	120	142	112	58	110	94	57	48	24	21	38	31	26	25	2650
Noorderdam	-	-	-	-	154	331	128	53	17	3	-	0	-	-	-	685
's-Gravenzande	206	918	891	395	298	465	307	230	192	112	156	96	62	26	56	4410

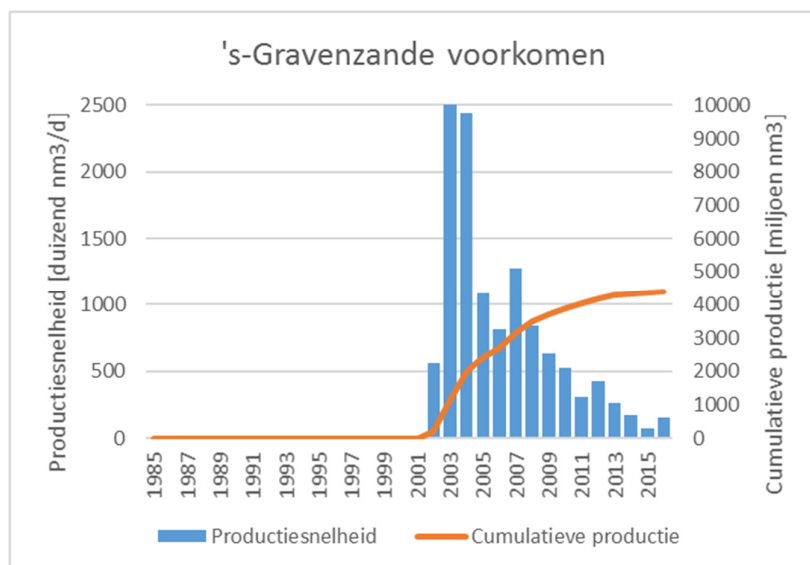
Figuur 6-1 geeft de historische productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer. De productiesnelheden uit de Gaag, Monster en 's-Gravenzande voorkomens zijn door drukdaling aanzienlijk afgenomen. De overige velden hebben vanaf aanvang productie een kleinere productiecapaciteit laten zien, voornamelijk als gevolg van slechtere gesteente-eigenschappen.

De Noorderdam en Geestvaartpolder voorkomens zijn als gevolg van productie van formatiewater ingesloten en produceren niet meer (Geestvaartpolder sinds 2015 en Noorderdam sinds 2012).









Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie voor voorkomens in dit winningsplan

6.3 Onzekerheden

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

- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande putten;
- De mate waarin de aanpalende breukblokken in het reservoir ook gas-gevuld zijn;
- De mate waarin waterproductie de gasproductie zal hinderen of stoppen;
- De gasproductie-snelheid van nieuwe geplande putten, zoals in het Maasdijk voorkomen.

Deze onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoirgedrag en door gegevens uit de toekomstige boringen.

6.4 Winningsstrategie & reservoir management

De winning uit alle voorkomens vindt plaats doordat gas naar de put stroomt als gevolg van de aanwezige reservoirdruk in combinatie met compressie aan het oppervlak. Er wordt geen injectie toegepast. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.

Voor het Maasdijk voorkomen zijn nog extra boringen voorzien die de winning van het veld kunnen verbeteren. Voor de mid-case productievoorspelling is dat één extra boring. Eventuele verdere installatie van compressiecapaciteit zal de gangbare vergunningsprocedures volgen.

In navolgend overzicht wordt de verwachte totale gaswinning per voorkomen gegeven. De “statische GIIP” geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. De “Mid Case” en “High Case” verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het “winningspercentage” is gedefinieerd als het percentage van het oorspronkelijke aanwezige gas dat geproduceerd wordt.

Voorkomen	Statische GIIP [miljoen Nm3]	Totale winning tot eind 2016 [miljoen Nm3]	Verwachte totale winning [Mid case] [miljoen Nm3]	Verwachte totale winning [High case] [miljoen Nm3]	Verwacht winnings- percentage [Mid case]	Verwacht winnings- percentage [High case]
De Lier	308*	41*	64	95	21%	31%
Gaag	7920	7301	7553	7766	95%	98%
Geestvaartpolder	1130	555	555	555	49%	49%
Maasdijk	3470	131	461	1079	11%	31%
Monster	4140	2650	2748	2978	66%	72%
Noorderdam	1040	685	685	713	66%	69%
s-Gravenzande	5100	4410	4569	4680	90%	92%

* alleen volumes uit het De Lier Noord blok

Het uiteindelijke winningspercentage van de verschillende voorkomens varieert tussen de 20% tot 95%. De grote variatie in winningspercentage is voornamelijk een gevolg van de variatie in gesteente eigenschappen per voorkomen en het type formatie waaruit geproduceerd wordt. Over het algemeen wordt de hoogste winningspercentage behaald in voorkomens met productie uit de Middel Bunter formatie (Gaag en 's-Gravenzande). Productie uit het diepste Bunter voorkomen (Maasdijk) en Holland Greensand (De Lier) laten het laagste winningspercentage zien. Voor Maasdijk wordt geprobeerd met extra boringen het winningspercentage omhoog te brengen.

De reservoirprestaties worden gemeten door de volgende methodes:

- Voortdurende drukmeting in de 'X-mas tree' (metingen worden van afstand uitgelezen);
- Water-, condensaat- en gasproductiemetingen;
- Regelmatige drukmetingen bij het reservoir;
- Indien nodig, gassaturatie-logs om veranderingen in het gas-water contact rond de put te monitoren.

Met deze monitoring wordt de hoeveelheid aanwezig gas, de mogelijkheid van compartimentalisatie in het reservoir, en de invloed van mogelijk aanwezige aquifers geëvalueerd.

6.5 Winingssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

Voor elk voorkomen zijn er drie te verwachten productieprofielen gegeven (Laag, Midden, Hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Tabel 6.1 geeft de verwachte productie uit de voorkomens zoals opgenomen in dit winningsplan. Opgemerkt dient te worden dat de gegeven getallen jaargemiddelden zijn, en op dag-basis kunnen andere waarden voorkomen.

Het Laag scenario gaat uit van de resterende hoeveelheden gas die op basis van een conservatieve inschatting met de huidige putten geproduceerd kunnen worden. Hiertoe is met behulp van een “decline curve analysis” (DCA) gekeken naar een trend in de afname van het productieniveau ten opzichte van de cumulatieve productie, waarbij wordt aangenomen dat de productie ophoudt wanneer de minimum stroomsnelheid van een put bereikt wordt.

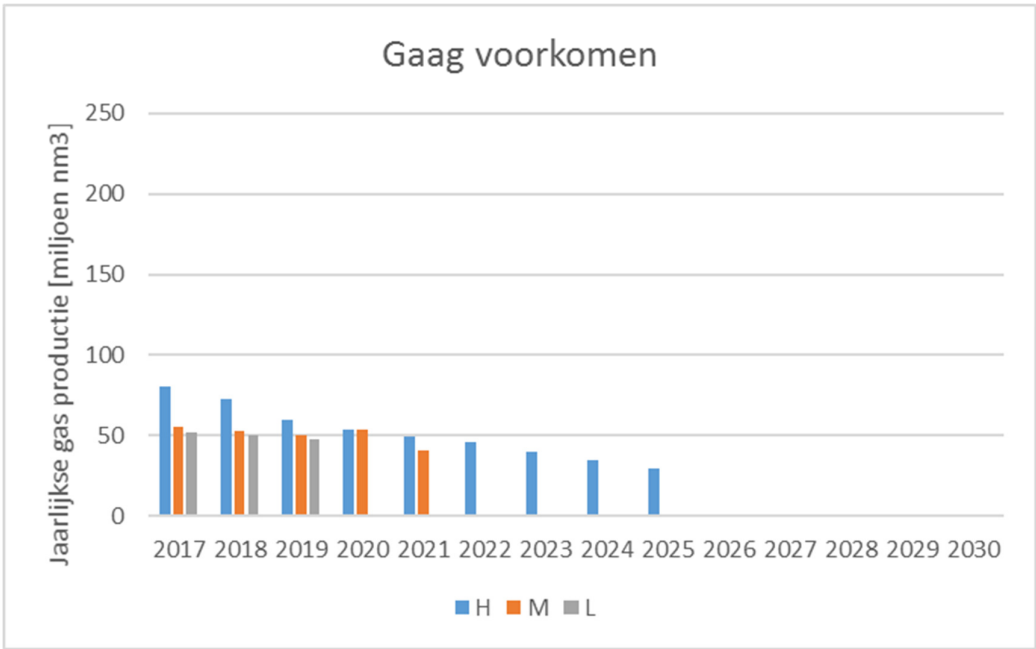
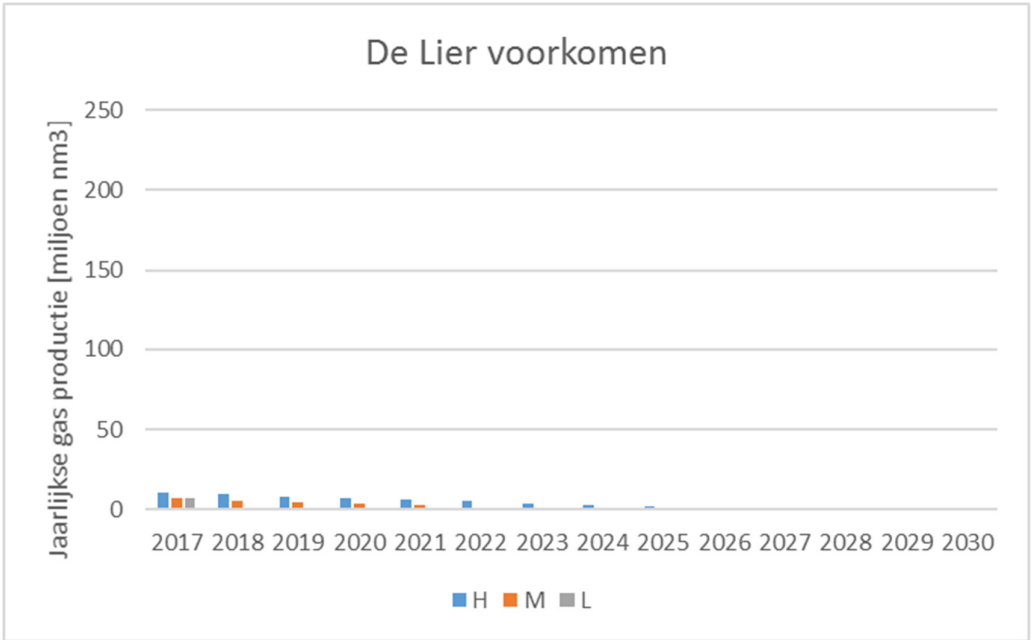
Het Midden scenario gaat uit van de resterende hoeveelheden gas die op basis van een gemiddelde inschatting met de huidige putten geproduceerd kunnen worden. Hierin is de verwachte productie van één extra boring in het Maasdijk voorkomen meegenomen. Ook is hierin de verwachte bijdrage van verdere productie optimalisatie en ontwateringsactiviteiten in putten meegenomen.

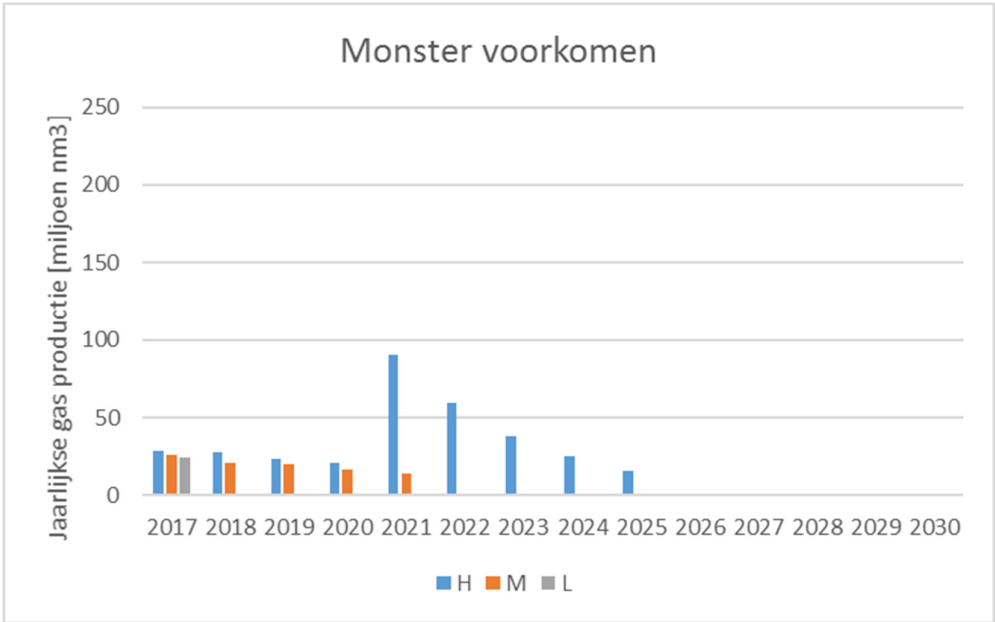
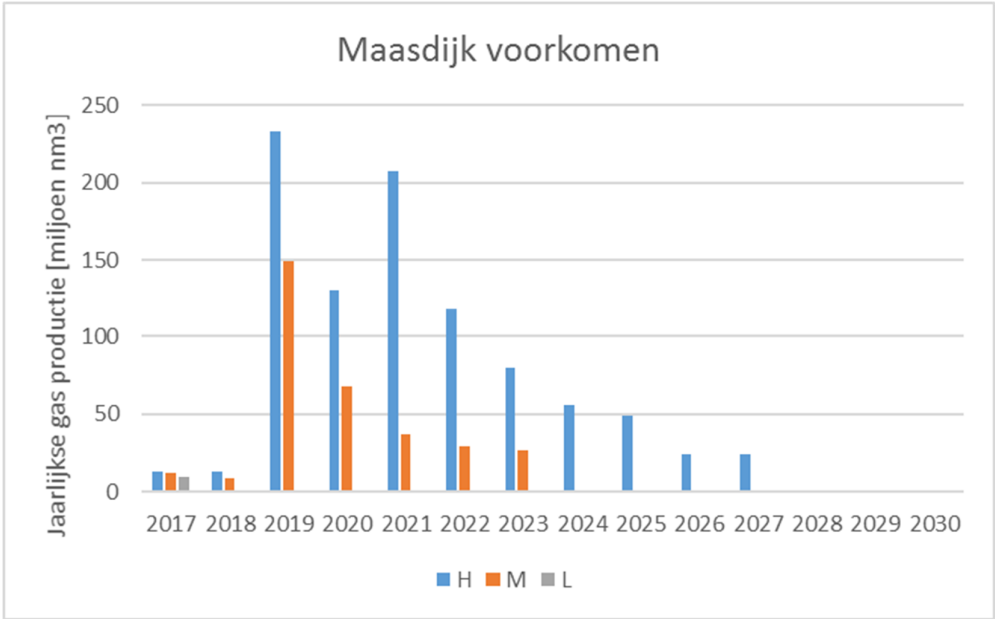
Het Hoog scenario gaat uit van de resterende hoeveelheden gas die op basis van een optimistische inschatting met de huidige putten geproduceerd kunnen worden. Hierin zijn tevens in totaal twee extra boringen en hydraulische stimulatie van put GAG-5 in het Maasdijk voorkomen meegenomen. Voorts is voor dit scenario ook voor het Monster voorkomen één extra boring meegenomen. Tenslotte is ook een verlengd gasproductie profiel ten gevolge van optimalisatie en ontwateringsactiviteiten in putten meegenomen.

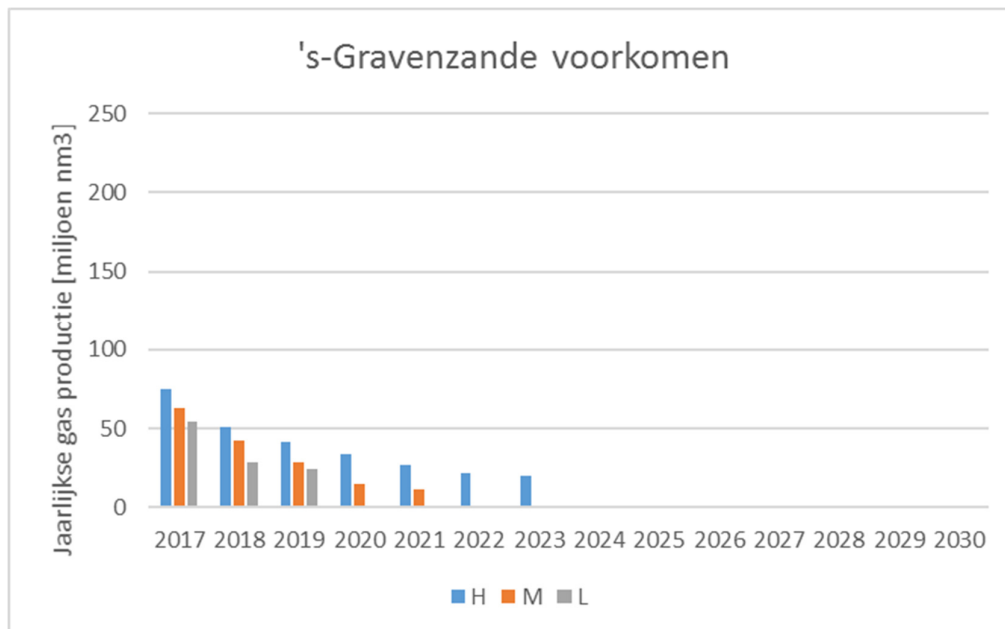
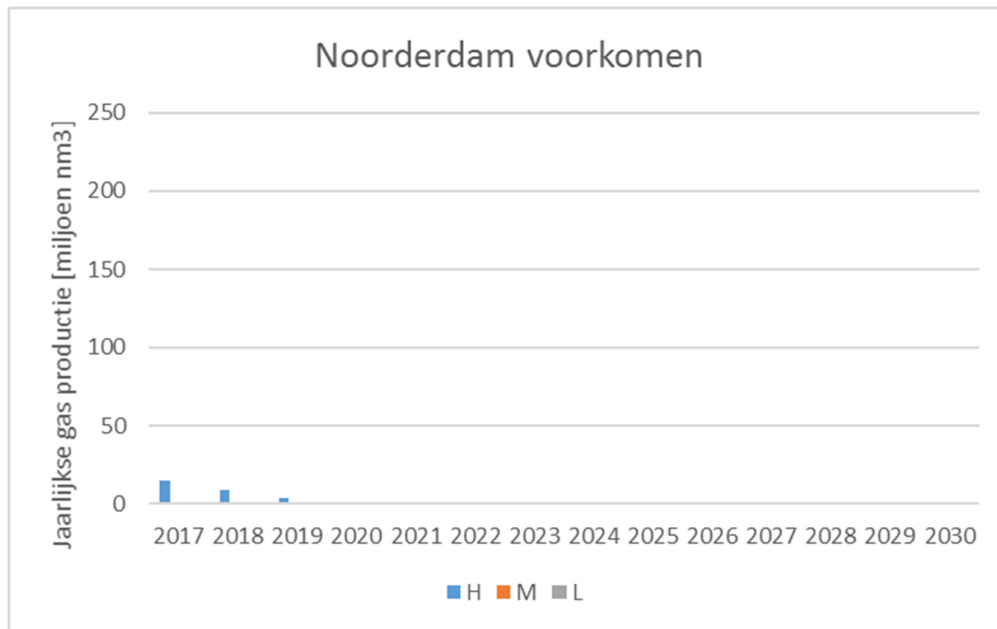
Voor het Geestvaartpolder voorkomen is voor geen van de scenarios verdere productie meegenomen. Voor Noorderdam alleen in het hoog scenario maar geen productie voor het laag en midden scenario.

Tabel 6-1: Verwachte jaarlijkse productie

Verwachte jaarlijkse productie per voorkomen [miljoen Nm ³]		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
De Lier	H	10	10	8	7	6	5	4	3	2	-	-
	M	7	5	4	3	3	-	-	-	-	-	-
	L	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gaag	H	80	72	59	54	49	46	40	35	30	-	-
	M	55	53	50	54	40	-	-	-	-	-	-
	L	52	50	48	-	-	-	-	-	-	-	-
Geestvaartpolder	H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maasdijk	H	13	13	233	130	207	118	80	56	49	24	24
	M	12	8	149	68	37	30	26	-	-	-	-
	L	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Monster	H	28	28	23	21	90	59	38	25	16	-	-
	M	26	21	20	17	14	-	-	-	-	-	-
	L	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noorderdam	H	15	9	4	-	-	-	-	-	-	-	-
	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
's-Gravenzande	H	75	51	42	33	27	22	20	-	-	-	-
	M	63	42	28	15	11	-	-	-	-	-	-
	L	54	29	24	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAAL	H	222	183	369	245	380	250	182	119	97	24	24
	M	164	130	252	157	105	30	26	-	-	-	-
	L	146	79	72	-	-	-	-	-	-	-	-







6.6 Duur van de winning

De duur van de winning verschilt per voorkomen. Tabel 6.1 laat zien tot wanneer de winning voortduurt voor de verschillende voorkomens en productiescenarios. Het laatste jaar van productie voor het gehele winningsplan is 2027.

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

De geschatte hoeveelheid gas voor eigen gebruik is minder dan 0.3 mln Nm³ per jaar voor de Gaag en Monster installaties. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit de jaren 2014 t/m 2016 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de latere jaren.

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

In beginsel wordt tijdens normale productie geen gas afgefakkeld of afgeblazen.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Samenstelling van het gas per voorkomen:

	De Lier	Gaag	Maasdijk	Monster	Noorderdam	's-Gravenzande
Init Condensate NGL Cont Exp	75,0	142,3	186,0	127,0	108,0	100,0
Condensate Density	730,0	780,4	788,0	774,0	756,0	785,0
Relative Gas Density (air=1)	0,7	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6
Datum Depth AH (meters)	1400,0	3000,0	3865,0	2900,0	3520,0	2900,0
GHV (MJ/Nm3)	45,0	43,4	42,3	43,1	42,6	43,0
Init Press Gas Datum (bara)	150,0	310,8	432,0	309,0	379,2	308,0
Init Gas Zone Temp (degC)	57,0	106,0	140,0	106,0	134,0	101,0
Wobbe (MJ/Nm3)	55,7	54,8	53,6	55,0	53,7	54,2
C1 (mol%)	87,5	92,2	87,4	91,3	89,3	90,3
CO ₂ (mol%)	0,2	0,9	1,5	1,7	1,7	1,0
H ₂ S (mol%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N ₂ (mol%)	1,0	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5

Samen met het gas wordt uit sommige voorkomens zout formatiewater meegeproduceerd. De verwerking van het formatiewater staat beschreven in de volgende paragraaf.

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

Het vrijgekomen water van de locaties 's-Gravenzande en Monster wordt met een pijpleiding getransporteerd naar locatie Gaag. Samen met het productiewater van de locatie Gaag wordt het water vervolgens per vrachtwagen vervoerd naar locatie Pernis-West. Op locatie Pernis-West wordt het water via een injectieput terug in de ondergrond op circa 2000 meter diepte gepompt. De waterinjectie op Pernis-West is vergund middels een Wabo vergunning met kenmerk DGETMEM/12060373 (gedateerd 01-06-2012). In deze vergunning is het voorschrift opgenomen dat NAM jaarlijks een rapportage dient op te stellen met daarin onder andere de hoeveelheden geïnjecteerd productiewater en injectiedrukken.

7 Bodemdaling

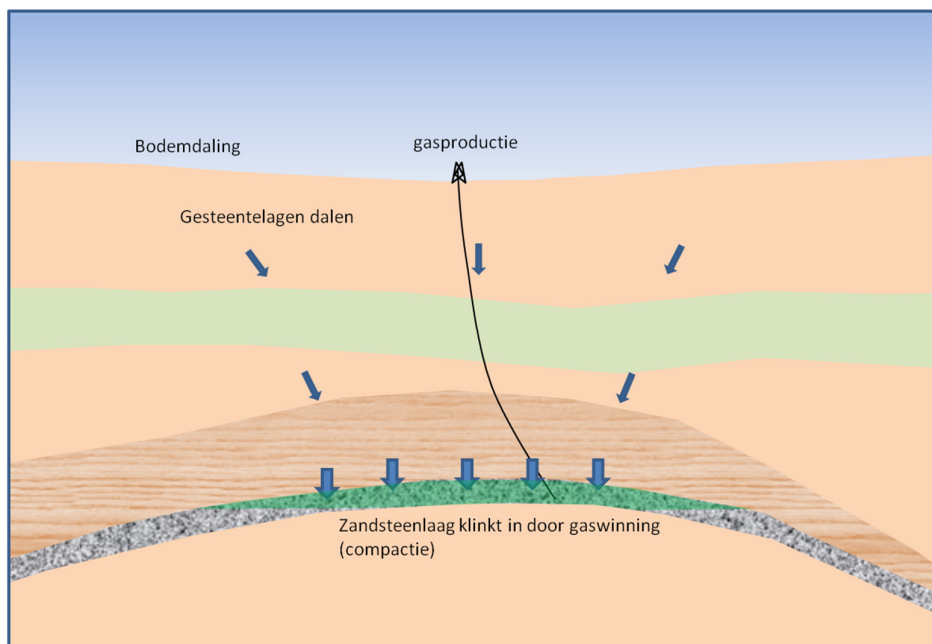
De bodemdalingsprognose laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven de reservoirs van dit winningsplan minder dan 2 cm bedraagt. De totale bodemdaling vanaf start van de winning in 1989 tot aan het einde van de productie in 2027 bedraagt naar verwachting minder dan 6 cm.

7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

Algemene achtergrond bodemdaling

In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Figuur 7-1 illustreert dit proces. Deze zogenaamde compactie van het reservoir hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van het depleterende 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 velden zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak slechts een fractie van de compactie van het reservoirgesteente bedragen.

Bodemdaling kan gezien worden als een ondiepe schotel met een doorsnee van enkele kilometers. Deze bodemdalingsschotel van een veld beslaat een groter oppervlak dan het veld zelf. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kunnen de bodemdalingsschotels elkaar overlappen.

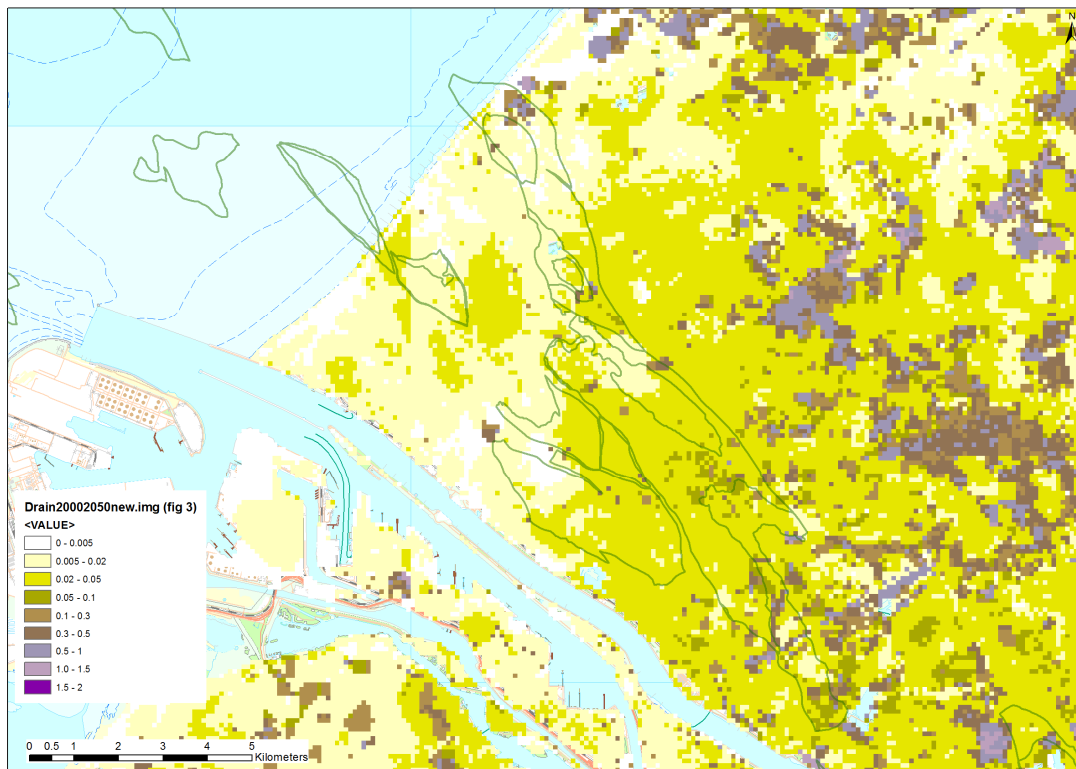


Figuur 7-1: Drukval in het reservoir kan resulteren in bodemdaling. (NB figuur niet op schaal)

Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gas- of oliewinning zijn er ook andere oorzaken die leiden tot bodemdaling, samengevat onder de term autonome bodemdaling. Dit kan natuurlijke bodemdaling zijn of bodemdaling door drainage van veen- en kleigebieden. Veenoxidatie en veen/klei inklinking zijn de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. De mate van autonome

daling kan worden bepaald aan de hand van metingen en/of modelvoorspellingen. In deze modellen wordt oxidatie en inklinking berekend waarbij gebruik wordt gemaakt van laboratoriumgegevens en het voorkomen van bepaalde grondsoorten in de ondiepe ondergrond. Tegelijkertijd worden deze modellen gevalideerd en gekalibreerd door bodemdalingsmetingen. Voorspellingen van autonome bodemdaling gaan uit van bepaalde grondwaterscenario's. Dit zijn aannames over het toekomstig waterpeilbeheer door de waterschappen. Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050 (Deltares en PBL⁸, 2011, Hopman et al. 2013⁹). De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Geconcludeerd wordt dat de autonome bodemdaling in dit gebied op basis van deze aannames enkele centimeters kan zijn tot lokaal enkele decimeters voor de periode 2000-2050.



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

⁸ Deltares en PBL, 2011, Deltascenario's Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, Deltares rapport 1205747-000

⁹ Victor Hopman, Ger de Lange, Laura Vonhogen, Pauline Kruiver, Freek van Leijen, Raluca Ianoshi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013

7.2 Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling

De bodemdaling wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). De compactie en bodemdaling volgen dan uit de methode die beschreven is door Geertsma en van Opstal¹⁰.

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds 1989 om de 3 jaar gemeten. De metingen worden vergeleken met de gemodelleerde bodemdaling en indien nodig wordt het model aangepast aan deze metingen. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2016. Zoals in Figuur 7-3 weergegeven bedroeg in 2016 de maximale gemeten daling in dit gebied 13,4 cm sinds de nulmeting in 1989. De gemeten daling is weergegeven naast de groene punten ("peilmerken") in het figuur. De reden dat er bij veel punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1989 of 2016) niet gemeten is.

Opvallend in dit plaatje is dat hoge waarden voor sommige metingen worden omringd door punten met lagere waarden. Deze hoge waarden worden verklaard door de combinatie van autonome daling en bodemdaling als gevolg van gaswinning. De metingen met minder daling zijn daarom representatiever voor de bodemdaling door alleen gaswinning.

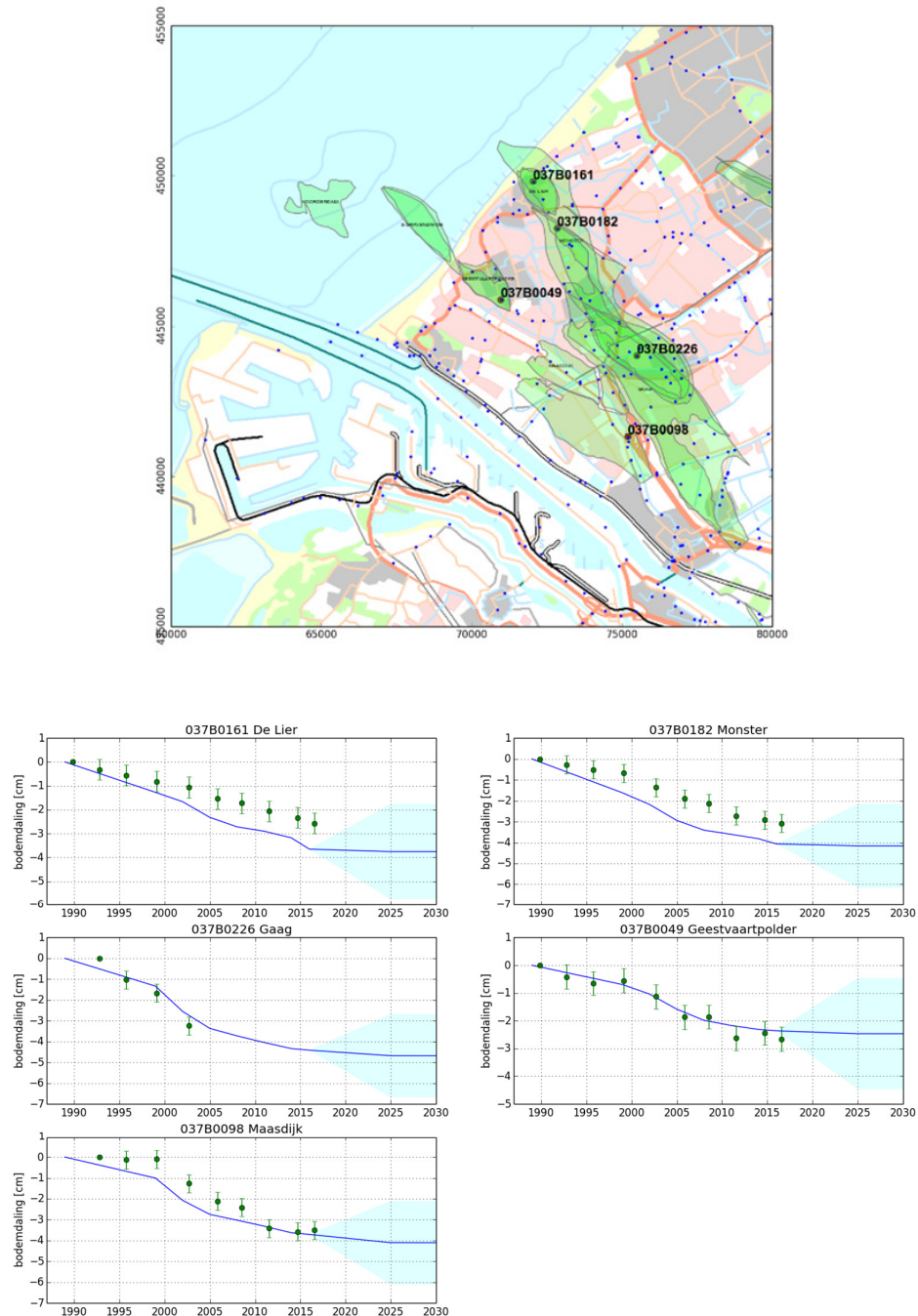
De gemeten bodemdaling door gaswinning boven het Gaag voorkomen is minder dan 6 cm (2,4-5,6 cm). De contourlijnen in Figuur 7-3 tonen de bodemdaling die door het model is gegenereerd. Hierbij wordt geconcludeerd dat het model past bij de metingen die representatief zijn voor de bodemdaling door gaswinning (nogmaals, de minst dalende punten).

¹⁰ Geertsma, J. and van Opstal, G. (1973). A Numerical Technique for Predicting Subsidence Above Compacting Reservoirs, Based on the Nucleus of Strain Concept. Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., 28, pp. 63-78



Figuur 7-3: In 2016 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1989 weergegeven op de peilmerken (groene punten). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm.

Om inzicht te verkrijgen in de kwaliteit van het model ten opzichte van historische metingen zijn boven de in dit winningsplan genoemde producerende voorkomens meetpunten geselecteerd waar meerdere keren in de tijd de bodemdaling is gemeten en die representatief zijn voor de bodemdaling door gaswinning (relatief minst dalende punten). Figuur 7-4 toont de resultaten voor deze meetpunten. Tevens laat dit figuur de nog te verwachten totale bodemdaling zien. Deze totale bodemdaling wordt veroorzaakt door productie uit het voorkomen zelf en de bodemdaling die wordt veroorzaakt door omliggende producerende voorkomens.

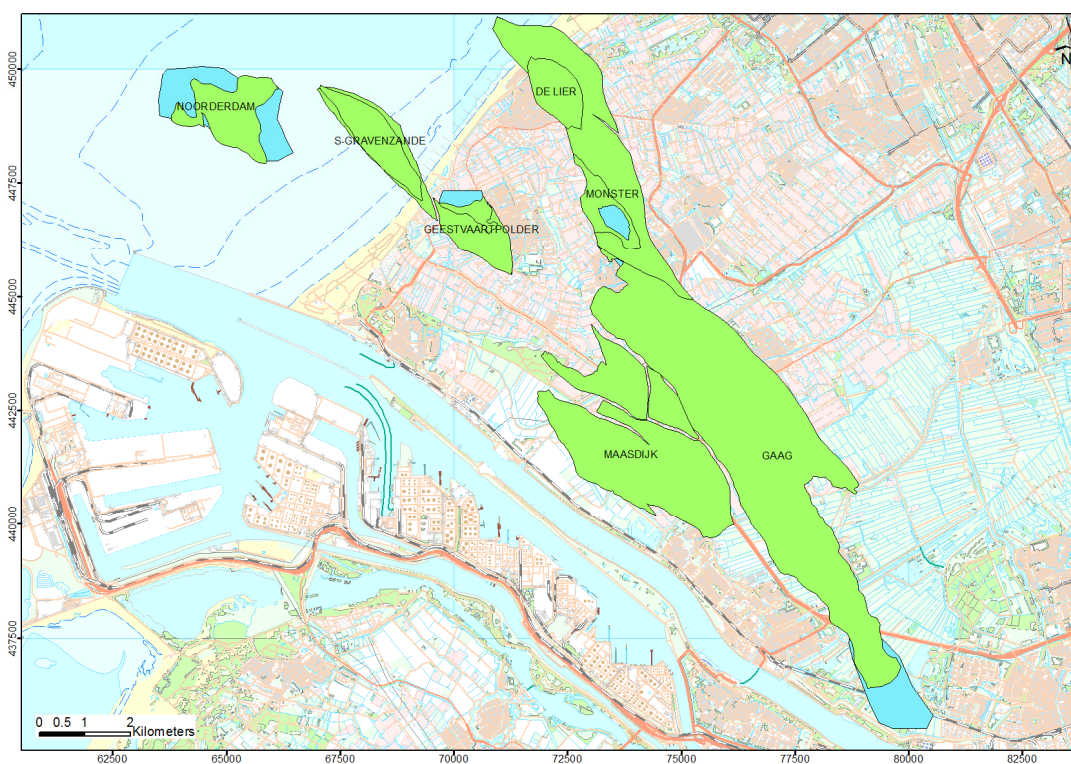


Figuur 7-4: Vergelijking van gemeten bodemdaling (groene punten) en berekende bodemdaling (lijn) voor een peilmerk boven ieder producerend voorkomen genoemd in dit winningsplan. Hierbij zijn peilmerken gekozen met de minste autonome bodemdaling om het effect van autonome bodemdaling te minimaliseren. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als één standaarddeviatie) bedraagt 4 mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de berekende bodemdaling op deze locatie, met de onzekerheid (licht blauwe gebied) op de voorspelde bodemdaling. De uiteindelijke onzekerheid voor de voorspelling is +/- 2cm.

7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

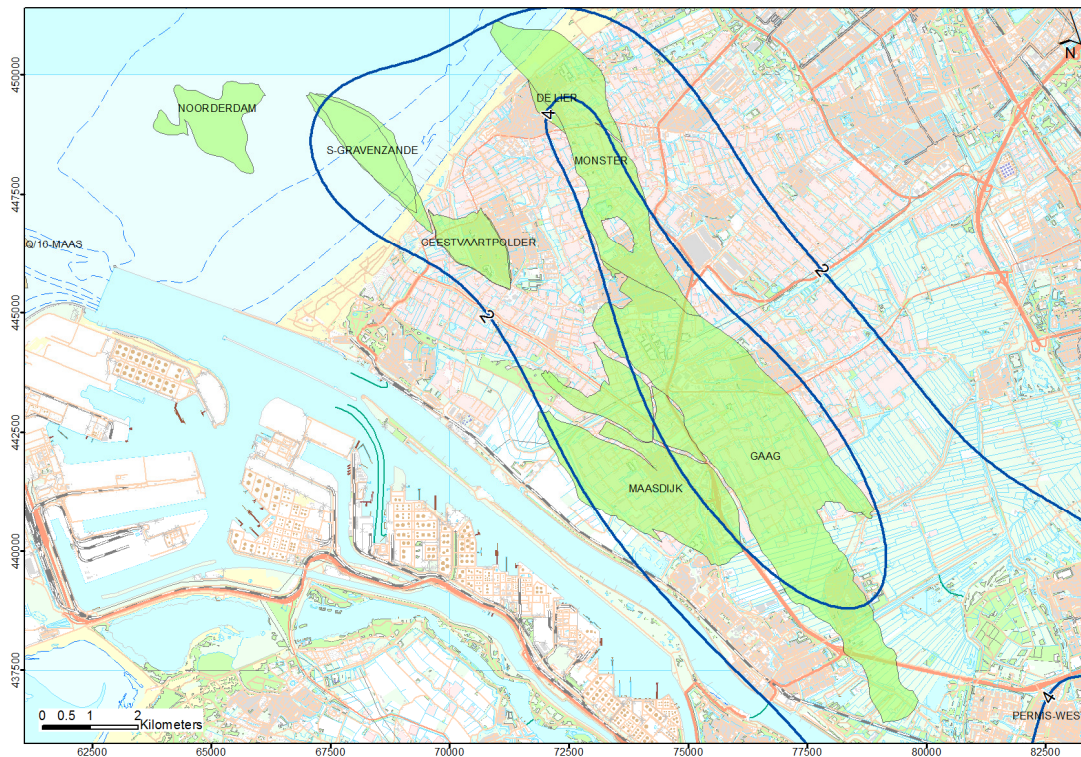
Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en het productiescenario zoals beschreven in dit winningsplan is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens opgesteld. De toekomstige bodemdaling door gaswinning in dit gebied wordt weergegeven in Figuur 7-5. Hierbij is ook rekening gehouden met mogelijke drukdaling in ondergrondse watervoerende pakketten die aan de gasvelden grenzen. Aangenomen is dat de drukdaling in deze watervoerende pakketten de helft zal zijn van de maximale drukdaling van het gasveld. Er wordt geen noemenswaardige bodemdaling door gaswinning verwacht na beëindiging van productie in 2027.

De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning is minder dan 2 cm aan het einde van de gasproductie. Aangezien de voorspelde daling kleiner is dan de onzekerheid van de berekening en het ook niet mogelijk is een dergelijke kleine daling met voldoende precisie te meten, zijn er geen contouren getoond.



Figuur 7-5: Te verwachten bodemdaling (2016 – 2027) veroorzaakt door de gasproductie beschreven in dit winningsplan. De bodemdaling door gaswinning bedraagt minder dan 2 cm. Het gasvoerende gedeelte van de voorkomens is aangegeven in groen en het watervoerend gedeelte in blauw.

Figuur 7-6 toont de uiteindelijke totale bodemdaling door gaswinning na afloop van de productie beschreven in dit winningsplan. De totale bodemdaling blijft kleiner dan 6 cm.



Figuur 7-6: Voorspelling van de totale bodemdaling door gaswinning in 2027. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

7.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling bedraagt minder dan 2 cm (Figuur 7-5). De verwachte drukdaling van de velden van dit winningsplan is gering. Ook is de onzekerheid in deze drukdaling gering. De onzekerheid in drukdaling gecombineerd met onzekerheid in de waarde van de compressibiliteit, is gebruikt om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen. Deze onzekerheid is voor alle velden maximaal 2 cm. Dit is verder uitgewerkt in bijlage A.

7.5 Monitoring van bodemdaling

De bodemdaling wordt gemeten volgens het meetplan voor alle Zuid-Holland voorkomens¹¹. Geodetische technieken die voor de metingen gebruikt worden zijn waterpassen en InSAR (satelliet) metingen. Het meetplan wordt jaarlijks ter instemming aan SodM gestuurd. In het meetplan is opgenomen dat de nulmeting in 1989 is verricht en dat elke 3 jaar een herhalingsmeting wordt uitgevoerd. De meest recente meting is uitgevoerd in 2016 (zie Figuur 7-3). Resultaten van de metingen worden middels een meetregister aan het SodM verstrekt.

¹¹ NAM. 2016. Formulier actualisering meetplan Zuid-Holland 2017

Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan dienen aan te passen. Indien nodig zal productie in het aangepast winningsplan beperkt moeten worden.

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. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals in Figuur 7-5 is aangegeven, bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens minder dan 2 cm over een periode van meer dan 10 jaar. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur verwacht omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is. Hierbij wordt verwezen naar "Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkings 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 in het gebied rondom West-Groningen en Loppersum¹² beschrijven bevestigen dit beeld.

Tevens is kans klein dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Bij een daling van minder dan 2 cm in gebieden met een kunstmatig peilbeheer is de mate van bodemdaling aanzienlijk kleiner dan de jaarlijkse schommelingen in de waterstand (verschil zomer- en winterpeil). De waterhuishouding in het gebied is in de loop van eeuwen tot stand gekomen en wordt tegenwoordig volledig kunstmatig geregeld. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil ten opzichte van het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, kan dit worden tegengaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is daarbij verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. In het geval dat dit beheer, als gevolg van de door de gaswinning veroorzaakte bodemdaling, toch te maken meerkosten met zich meebrengt die voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. Met de betreffende waterschappen kunnen afspraken worden gemaakt in bilateraal verband.

De beperkte bodemdaling zal geen effect hebben op de natuur of het milieu, zoals 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 uit dit winningsplan is minder dan 2 cm over een periode van meer dan 10 jaar. Dit is een zeer geringe bodemdaling die binnen de onzekerheidsmarge valt van de metingen naar bodemdaling. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Zuid-Holland worden vergeleken met de tot dan toe gemeten bodemdaling. Gevolgen zullen door NAM besproken worden met het Hoogheemraadschap Delfland.

¹² http://www.commissiebodemdaling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum_def_par_20110421.pdf

8 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat de voorkomens van dit winningsplan in categorie I (laagste risicocategorie), behalve Gaag en Maasdijk die nog net in categorie II vallen. Hieronder wordt uiteengezet hoe deze categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

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

Als gevolg van de drukdaling in het gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. In sommige gevallen kan dit resulteren in 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 voorkomens van dit winningsplan

In Zuid-Holland hebben tot op heden nog geen geïnduceerde bevingen plaatsgevonden. Daarmee wordt geconstateerd dat de gasvelden in deze regio minder gevoelig zijn voor aardbevingen. SodM onderschrijft dat “in Zuid-Holland is echter de kans op aardbevingen zeer gering omdat ze in gebieden liggen met een stabiele ondergrond.”¹³

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

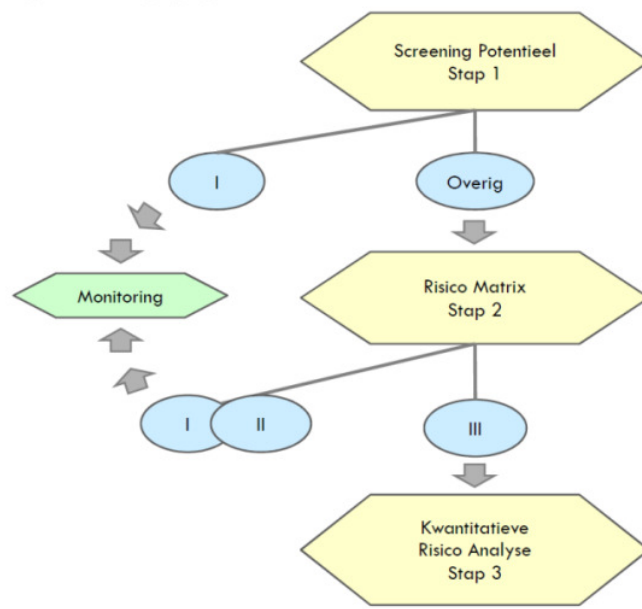
Recent heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁴. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 8-1. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving door gaswinning, hoe klein dan ook;
- De theoretische “maximale bevingsmagnitude” (Mmax) als er een beving zou plaatsvinden.

Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.

¹³ <https://www.sodm.nl/documenten/rapporten/2017/07/13/staat-van-de-sector-geothermie>

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



Figuur 8-1: Schematische weergave van de verschillende stappen en risicocategorieën (I, II, III) in de seismische risico-inventarisatie (conform SodM, 2016)

Stap 1:

In stap 1 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 $M_{max} < 2,5$.

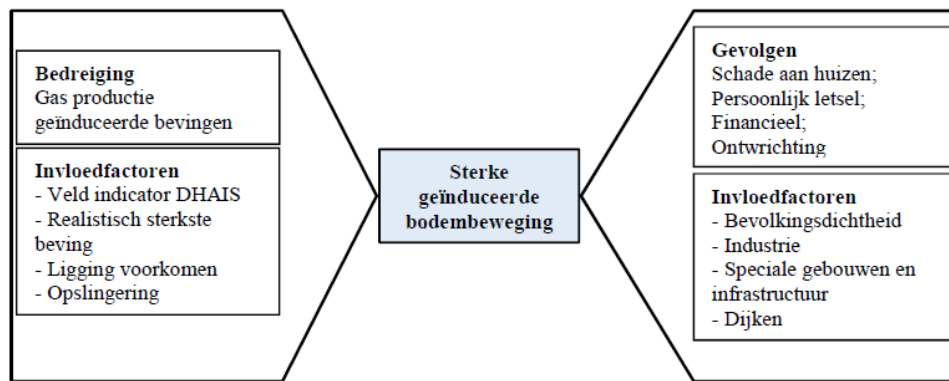
Voorkomens die niet aan deze criteria voldoen schuiven door naar stap 2.

Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die

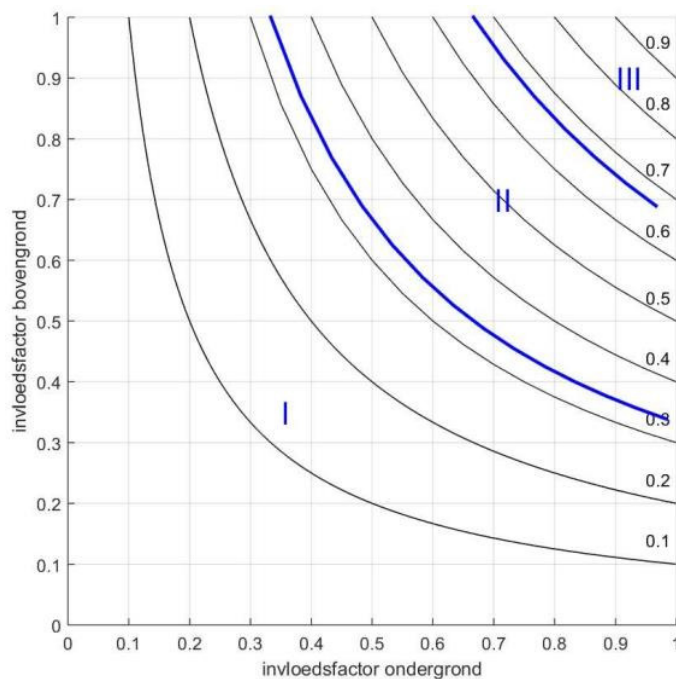
- seismisch actief zijn geweest
- óf een niet verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor M_{max} hoger uitvalt dan 2,5.

In stap 2 wordt op basis van een risicomatrix het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 8-2 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke groundbeweging (de “invloedfactoren ondergrond”) en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de “invloedfactoren bovengrond”).



Figuur 8-2: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (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 8-3).



Figuur 8-3: 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).

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

- Veld indicator DHAIS. Deze methode beschrijft hoe de kans op het mogelijk optreden van een beving in een voorkomen kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken. Deze kans moet gezien worden als een indicatie van de kans op een beving¹⁵ gedurende de productietijd van het veld 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 beving 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.
- Opslingering; de ondiepe ondergrond kan een opslinging veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand).

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

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

De laatstgenoemde drie factoren (speciale gebouwen, vitale infrastructuur en de aanwezigheid van dijken) zijn van invloed op een mogelijk gevolgrisco voor schade en veiligheid. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat de geïnduceerde bevingen kunnen leiden tot een dergelijk gevolgrisco omdat de bevingen te zwak zullen zijn om een bedreiging te vormen voor deze objecten. Deze gevolgen zijn tot nu toe dan ook nooit waargenomen.

Indien uit het voorgaande blijkt dat voorkomens binnen een Winningsplan in risico categorie III vallen gaan deze door naar Stap 3

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

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 bekende voorkomens in Nederland valt alleen het Groningen gasveld in deze categorie.

8.4 Seismische Risico Analyse voor het voorkomen/de voorkomens in dit winningsplan

In Tabel 8-1 staan de resultaten van de berekening voor de kans op enige beving in de voorkomens. Details van de berekening staan in bijlage B.

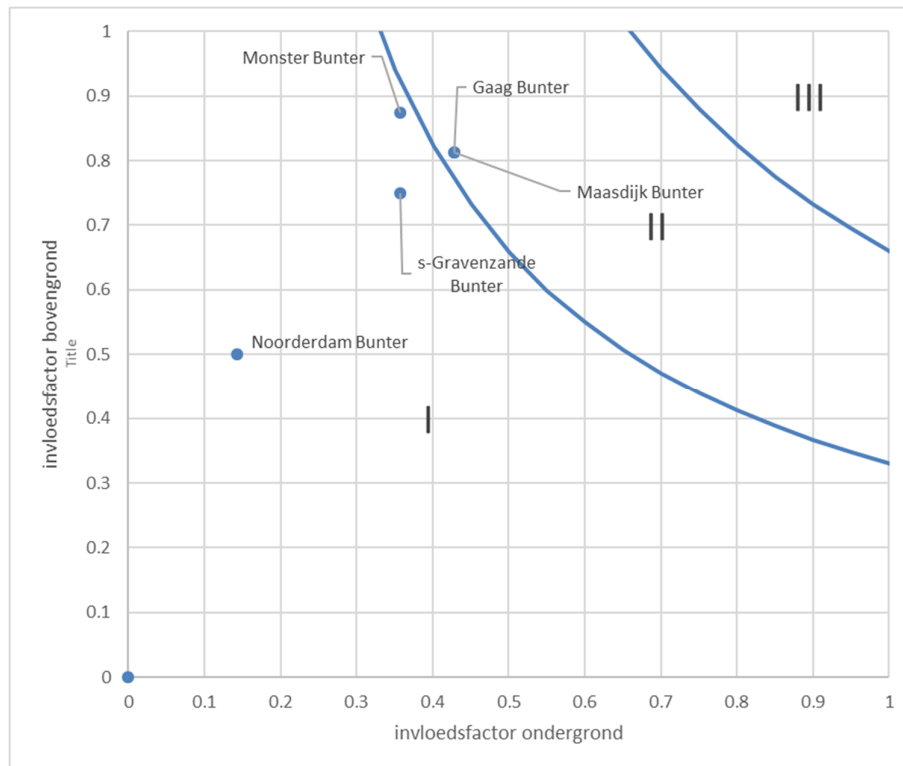
Tabel 8-1: Scores voor veldindicator DHAIS kans op **een** beving

Voorkomen	DHAIS kans
De Lier Greensand	verwaarloosbaar
Gaag Bunter	19%
Geestvaartpolder Bunter	verwaarloosbaar
Maasdijk Bunter	19%
Monster Bunter	19%
Noorderdam Bunter	19%
s-Gravenzande Bunter	42%

Het De Lier en Geestvaartpolder voorkomen hebben een verwaarloosbare kans op beven en vallen met "Stap 1" in categorie I. Voor deze voorkomens hoeft dus geen stap 2 meer gedaan te worden.

Voor de overige voorkomens in dit winningsplan wordt berekend dat de voorkomens theoretisch een niet verwaarloosbare kans hebben om te beven, hoewel in werkelijkheid er in heel Zuid-Holland nog geen enkele beving is geregistreerd.

In Figuur 8-4 staan de resultaten van de berekening voor "Stap 2", de risicomatrix. Details van de berekening staan in bijlage B. Alle voorkomens vallen in risicocategorie I, behalve Gaag en Maasdijk die net over de grens met categorie II vallen.



Figuur 8-4: Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

8.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit de voorkomens in dit winningsplan

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

Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG¹⁶. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door

¹⁶ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in een rapport van TNO¹⁷.

Onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke schade aan buisleidingen door potentiële aardbevingen (Deltares 2010, Schade aan buisleiding door aardbeving) toont aan dat mogelijke schade door geïnduceerde aardbevingen klein zal zijn (zowel in mogelijk aantal als ernst).

Hoofdstuk 9 beschrijft de verwachting dat bodemtrillingen geen effect hebben op de natuur of het milieu.

8.6 Monitoring van bodemtrillingen

Uit het KNMI rapport van 2012¹⁸ blijkt dat het meetnetwerk voor dit gebied aardbevingen met een magnitude van 2 of hoger goed kan lokaliseren. In paragraaf 8.7 wordt uitgelegd welke verbeteringen van het netwerk voor dit gebied worden voorzien.

8.7 Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen of te beperken

De leidraad (SodM, 2016), geeft aan dat voor de voorkomens in risicoklasse I geen additionele monitoringmaatregelen hoeven te worden getroffen. Monitoring met het huidige gefoon- en accelerometernetwerk van het KNMI is voldoende.

Voor de categorie II voorkomens Gaag en Maasdijk dient te worden voldaan aan de volgende verwachtingen:

1. Duiding van de uitkomst van de risicomatrix analyse (Mbw 34.g en Mbb. 24.1.q);
2. Monitoring met een minimale cataloguscompleteit in de omgeving van het veld van magnitude 1,5;
3. Monitoring in de omgeving van het veld aanvullen met accelerometers op de gefoonlocaties;
4. Implementeren generiek seismisch-risicobeheersplan.

Ad 1

Het verhoogde seismische risico boven het Maasdijk en Gaag gasveld wordt voornamelijk veroorzaakt door de *bovengrondse* kenmerken. Een ander verschil met de overige voorkomens is het percentage “slappe grond” dat relatief hoger is boven deze voorkomens. Belangrijk blijft de observatie dat er nog nooit bevingen zijn geregistreerd in Zuid-Holland. Hierbij met de kanttekening dat de locatiedrempel in het verleden rond de magnitude 2,0 lag waardoor eventuele niet-voelbare bevingen niet kunnen worden uitgesloten.

De theoretische “maximale realistische magnitude” is berekend tussen de $M_I=2,3$ en $M_I=4$ (zie bijlage B). De kans dat een dergelijke beving optreedt is verwaarloosbaar: voor alle bevingen tot nu toe (inclusief Groningen) ligt de maximale waargenomen aardbeving per veld onder de berekende maximale sterkste beving voor datzelfde veld. Met andere woorden, de berekende sterkste beving is nog nooit waargenomen boven een gasveld.

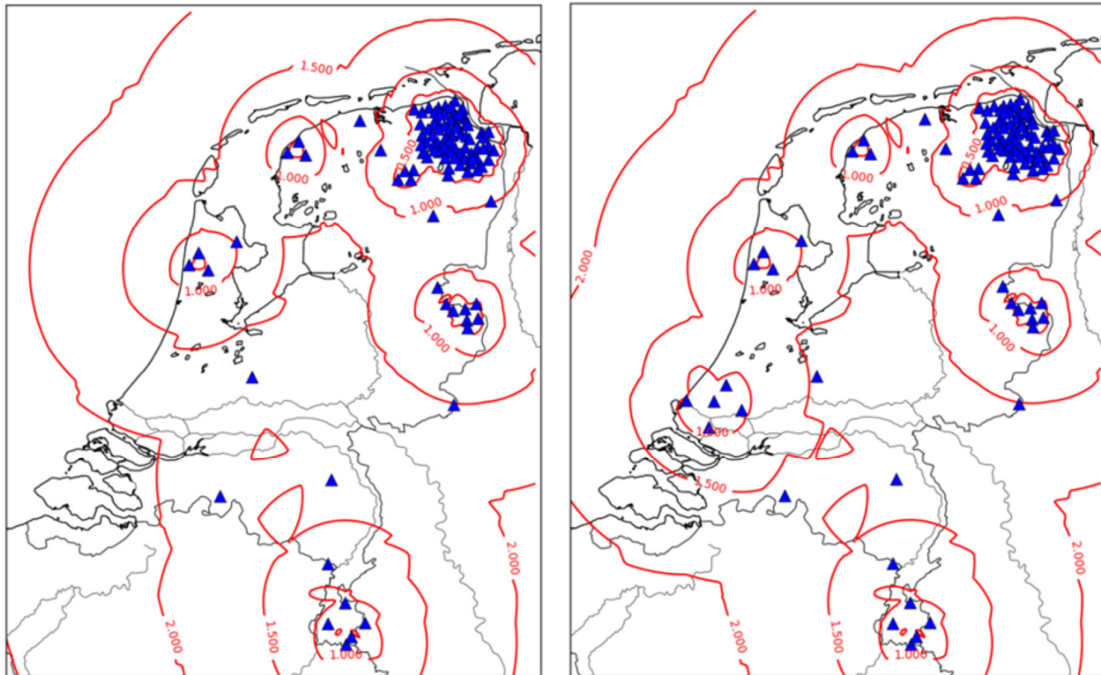
¹⁷ Kalibratiestudie schade door aardbevingen (TNO-rapport, TNO-034-DTM-2009-04435, 11 november 2009).

¹⁸ Bernard Dost, Femke Goutbeek, Torild van Eck and Dirk Kraaijpoel, 2012, Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010

Tevens is het onwaarschijnlijk dat aardbevingen tot $M_i=4$ het vermogen hebben om dusdanige schade aan te richten aan industrie en speciale gebouwen waardoor een vervolgrisico kan ontstaan, zoals het doorbreken van dijken. Daarmee is de kans op een veiligheidsrisico verwaarloosbaar. Wel bestaat er een kleine kans op schade. Voor een verdere beschrijving van de mogelijke schade wordt verwezen naar paragraaf 8.5.

Ad 2

Het huidige KNMI netwerk in deze regio voldoet nog niet aan de eis van magnitude 1,5 detectie. De locatiegrens voor het huidige netwerk ligt rond $M_i=2,0$. De overheid heeft het KNMI verzocht om het aantal geofoons uit te breiden in dit gebied. Deze additionele stations zullen een de detectiegrens beneden 1,5 brengen voor dit gebied. De verwachting is dat dit nieuwe netwerk in 2018 operationeel zal zijn.



Figuur 8-5: Overzicht van de locatie drempel voor de situatie zonder (links) en met (rechts) het nieuwe netwerk voor Zuid-Holland (KNMI 2017, Voorstel seismische monitoring Zuid-Holland)

Ad 3

In het bovengenoemde voorstel voor de uitbreiding van de geofoonstations zullen aan de oppervlakte ook accelerometers worden geplaatst.

Ad 4

NAM stelt voor kleine gasvelden een seismisch risicobeheersplan op dat besproken zal worden met SodM. Voor het einde van 2017 zal dit plan worden overlegd met SodM.

8.8 *Maatregelen die gevolgen van bodemtrillingen beperken of voorkomen*

Voor mogelijke schade veroorzaakt door aardbevingen die worden veroorzaakt door gaswinning rust op de NAM de verplichting deze te vergoeden in overeenstemming met de regels van het burgerlijk recht. Er is een schaderegeling opgesteld voor schade veroorzaakt door aardbevingen als gevolg van gaswinning en/of opslag. Deze regeling is beschreven op de website www.nam.nl.

9 Overige omgevingsaspecten

9.1 Algemeen

De opsporing, winning en opslag van aardgas heeft bodembeweging tot gevolg dat zich kan uiten als bodemdaling aan het aardoppervlak of bodemtrillingen. Daarnaast leiden activiteiten op mijnbouwlocaties, zoals boringen of putonderhoud tot lichtuitstraling, geluidemissies en emissies naar de atmosfeer. Deze mogelijke gevolgen die niet het effect zijn van bodembeweging, worden beoordeeld door het bevoegd gezag in het kader van andere vergunningen dan het winningsplan.

Een overzicht van de algemene mogelijke gevolgen en in welke vergunningprocedure(s) deze worden behandeld, staat in de volgende tabel:

Gevolgen m.b.t.	Besluit
Bodem-/grondwaterverontreiniging	omgevingsvergunning milieu
Luchtverontreiniging (emissies)	omgevingsvergunning milieu
Oppervlaktewaterverontreiniging	omgevingsvergunning milieu evt. watervergunning
Externe veiligheid	omgevingsvergunning milieu
Natuur	Wet natuurbescherming

De Minister van Economische Zaken bevordert op grond van artikel 34 lid 7 Mijnbouwwet een doelmatige en samenhangende besluitvorming ten aanzien van het besluit omtrent instemming met het winningsplan en een aantal overige besluiten, waaronder de besluiten zoals genoemd in bovenstaande tabel (coördinatieregeling).

Vergunningen

De volgende vergunningen zijn verleend ten behoeve van de uitvoering van het vigerende en het nieuwe winningsplan. Hierbij zijn de reeds geabandonneerde locaties niet vermeld.

Locatie	Monster	's Gravenzande	Gaag
Vergunning	Wabo 'milieu deel'	Wabo 'milieudeel'	Wm-vergunning
Verleend	d.d. 6 maart 2014 (revisie)	d.d. 18 december 2015 (revisie)	d.d. 19 februari 2015 (revisie)
Bodem/grondwater	✓	✓	✓
Emissies	✓	✓	✓
Oppervlaktewater	✓	✓	✓
Externe Veiligheid	✓	✓	✓
Natuur			

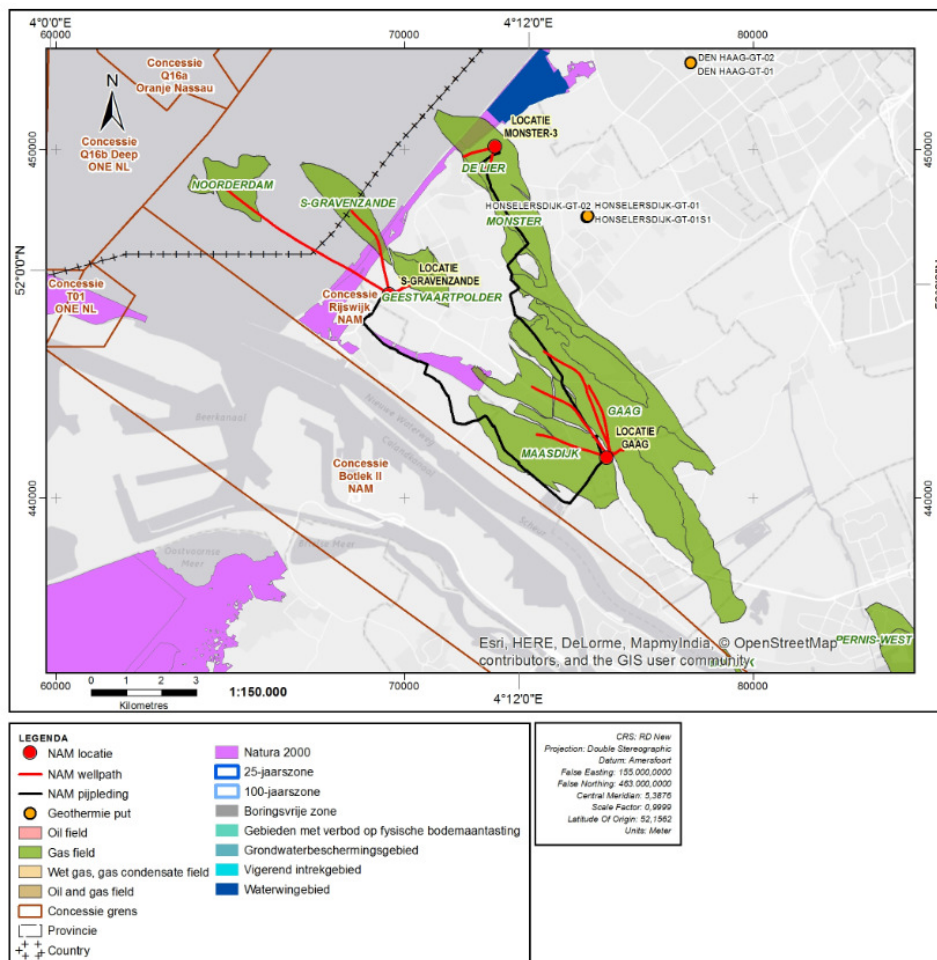
In het geval van Gaag Monster zijn de benodigde vergunningen al verleend, zodat coördinatie niet meer aan de orde is. De bovengenoemde mogelijke gevolgen zijn derhalve al betrokken in de respectievelijke vergunningsprocedures. Indien in de toekomst besloten wordt alsnog een nieuwe put te boren dan zal een separate omgevingsvergunning voor deze nieuwe activiteit alsnog worden aangevraagd.

Met betrekking tot bovenstaande tabel zal hieronder worden aangegeven wat door NAM wordt gedaan om genoemde gevolgen te voorkomen, dan wel de effecten hiervan te beperken.

9.2 Effecten op natuur en milieu

Voor natuur geldt een zorgplicht vanuit de Wet natuurbescherming. Aangewezen natuur mag niet nadelig worden beïnvloed. Indien nadelige effecten van mijnbouwactiviteiten niet op voorhand uitgesloten kunnen worden, dienen deze "Passend Beoordeeld" te worden en dient er een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming te worden aangevraagd.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuur in de omgeving van de mijnbouwlocaties “Monster”, “s Gravenzande” en “Gaag” (zie Figuur 9-1). Toegelicht zal worden hoe mijnbouwactiviteiten kunnen doorwerken op beschermde natuurwaarden. Voor bodembeweging als gevolg van gasproductie zal beoordeeld worden in hoeverre nadelige effecten op voorhand kunnen worden uitgesloten. Overige mogelijke effecten op de betreffende natuurwaarden als gevolg van de in dit winningsplan voorgenomen activiteiten aan het aardoppervlak zoals een boring, putonderhoud en transport, worden beschouwd. De formele beoordeling van deze effecten in het kader van de Wet Natuurbescherming vindt plaats voorafgaand aan de uitvoering van deze activiteiten, zodat rekening kan worden gehouden met seizoeninvloed e.d. op de migratie van beschermde soorten en de invloed van bijvoorbeeld stikstofdepositie.



Figuur 9-1: Plangebied Winningsplan Gaag-Monster met de Natura 2000-gebieden (paars). Ook het waterwingebied (blauw) is onderdeel van het Natura 2000-gebied. De rode stippen geven de ligging van de mijnbouwlocaties weer. De rode lijnen zijn de putten die vanaf de gaswinlocaties naar de gasvelden (groen) lopen. De zwarte lijnen representeren de pijplijdingen waardoor het gas wordt afgevoerd.

Beschrijving natuurgebieden

De aangewezen natuur die aanwezig is binnen de invloedsfeer van het Plangebied Winningsplan Gaag-Monster betreft de duingebieden ten noorden van de Hollandse Waterweg. Dit is het Natura 2000-gebied Solleveld en Kapittelduinen (Provincie Zuid-Holland (2015) PAS Gebiedsanalyse Solleveld & Kapittelduinen).

Het gebied ten noorden van de locatie Monster, tot aan Den Haag, is het duingebied Solleveld. Aan de zeezijde van Solleveld bevindt zich een smalle zone Jonge Duinen met een kunstmatige dubbele

zeereep (de binnenste is aangelegd in 1986). De rest van het Solleveld is een oud duingebied met weinig reliëf dat bestaat uit duinen, duinbos, graslanden, struwelen, ruigten en plassen. Omdat het gebied grotendeels ontkalkt is, is de bodem zuur en rijk aan heideterreintjes. In het noordelijke deel van Solleveld liggen de puinduinen. Deze zijn ontstaan doordat een oude stortplaats is afgedekt met zand. Solleveld kent een lage grondwaterstand, waardoor het gebied relatief droog is. Dit wordt versterkt door de onttrekking van grondwater voor drinkwaterwinning in het noordelijke deel van het gebied. In het zuidelijke deel van Solleveld zijn voormalige infiltratieplassen teruggegeven aan de natuur.



Figuur 9-2: Ligging en naamgeving van de deelgebieden die onderdeel uitmaken van het Natura 2000-gebied Solleveld & Kapittelduinen.

Ten zuidwesten van de locatie Monster, tot aan de oude monding van de Maas, liggen de Kapittelduinen. Dit gebied bestaat uit witte duinen, vochtige duinvalleien, duinplassen, duin- en landgoedbossen, graslanden, struwelen, ruigten en een aantal dijktrajecten. In het Staelduinse Bos liggen diverse bunkers die belangrijk zijn voor vleermuizen. De Oude Duinen zijn volledig overstoven door jonge, kalkrijke duinzanden. Plaatselijk zijn de duinvalleien ontkalkt. De duinen zijn hier reliëfrijk. In de Van Dixhoorndriehoek en De Banken komen enkele vochtige of natte duinvalleien voor. Het overige duingebied is droog van karakter.

Het Natura 2000-gebied Spanjaards Duin is een aangelegd duingebied langs de westrand van de zeereep van de Kapittelduinen. Het gebied is aangelegd als duincompensatiegebied in verband met mogelijk significante gevolgen van de aanleg van de tweede Maasvlakte op het Natura 2000-gebied Voornes Duin.

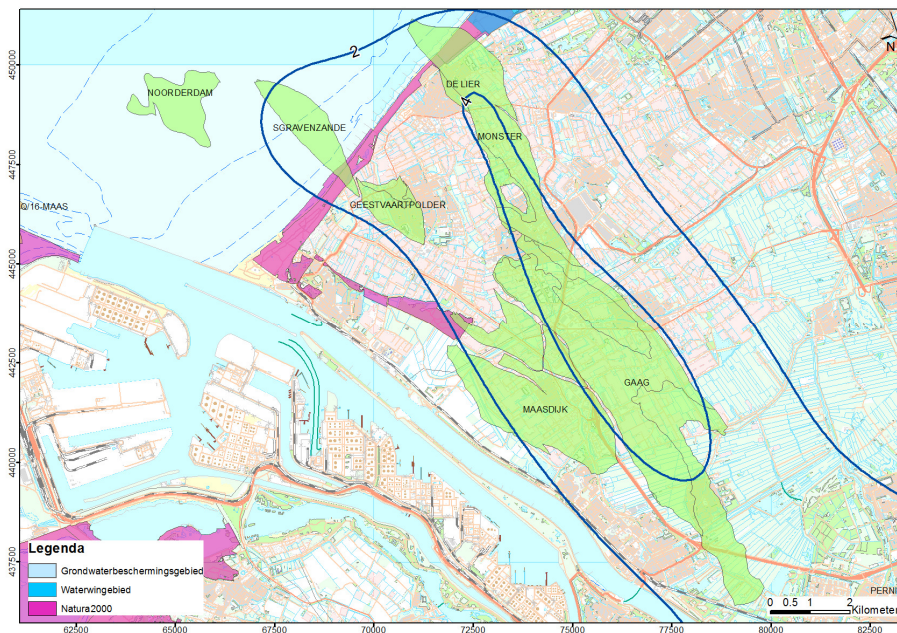
In het gebied Vinetaduin-Staelduinse bos bestaat de bodem uit een gradiënt van kalkrijk, kalkhoudende en ondiep kalkarme poldervaaggronden. De Van Dixhoorndriehoek is een voormalig breed strand. In 1971 is het gebied opgespoten met kalkrijk zand uit de Maasgeul, waarna teelaarde is opgebracht. In De Banken is het reliëf voor een belangrijk deel door menselijke ingrepen ontstaan. De zeeduinen bestaan uit een brede, relatief hoge duinreeks, die over vrijwel de hele lengte uit een dubbele zeereep bestaat, met daartussen een langgerekt ondiep dal. De laagste delen liggen direct achter de zeereep; deze staan vrijwel het hele jaar onder water.

Samenvattend vormt het Natura 2000-gebied Solleveld&Kapittelduinen een gevarieerd landschap dat grotendeels door antropogene invloeden is ontstaan of gewijzigd. Een deel van de in het gebied aanwezige beschermde natuurwaarden lijdt onder verdroging en verrijking als gevolg van stikstofdepositie.

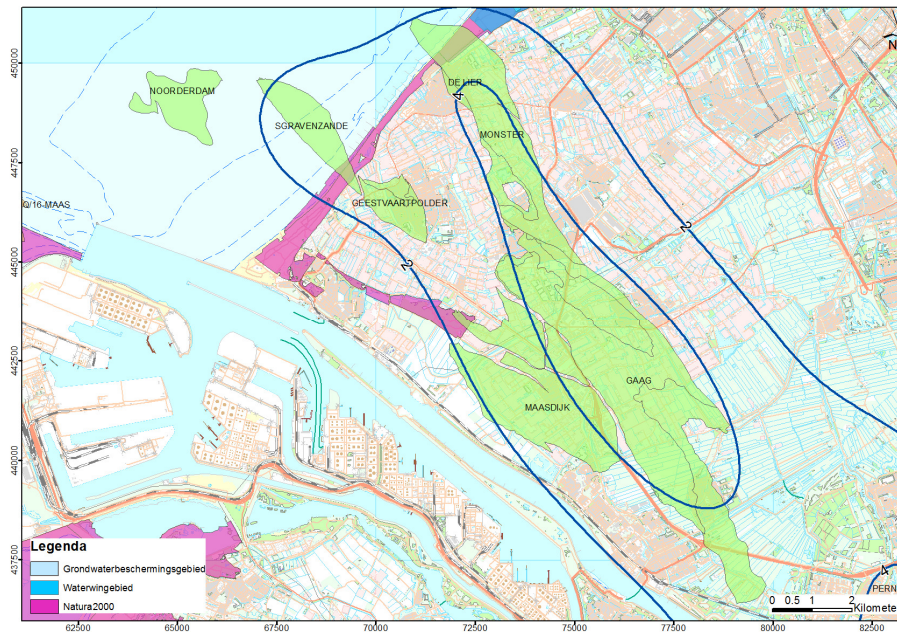
Wijziging winningsplan en voorgenomen activiteiten

Gaswinning kan indirect invloed hebben op natuur wanneer bodemdaling de waterhuishouding beïnvloeden. Met name in duingebieden, waar kweldruk als gevolg van het zeewaterniveau het grondwaterwaterpeil beïnvloedt, leidt bodemdaling tot relatieve grondwaterstijging. Dit kan leiden tot vernatting en verzuring van de toplaag van de bodem en daarmee invloed hebben op de vegetatie (Commissie Monitoring Bodemdaling Ameland 2011, Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost).

Gaswinning vanaf de locaties Monster-3, Gaag en 's Gravenzande veroorzaakt relatief weinig bodemdaling (Figuur 9-3 en 9-4, respectievelijk voor situatie in 2016 en situatie in 2027). In dit Gaag-Monster winningsplan gaat het voornamelijk om het continueren van een bestaande productie via bestaande faciliteiten. De geprognostiseerde toename van de bodemdaling vanaf 2016 tot de eindfase van de productie in 2027 is kleiner dan 2 centimeter (zie ook Figuur 7-5) en effecten als gevolg van de voorgestelde wijzigingen in gasproductie in het onderhavige winningsplan kunnen dan ook op voorhand worden uitgesloten. Een toetsing van de invloed op natuur en milieu door deze verwaarloosbare bodemdaling wordt derhalve niet noodzakelijk geacht.



Figuur 9-3: Natuurgebieden, gasvelden en gemodelleerde bodemdalingscontouren in het gebied boven de gasvelden 's-Gravenzande, Monster, Gaag en Maasduik in 2016.



Figuur 9-4: Gasvelden en gemodelleerde bodemdalingscontouren in het gebied rond 's-Gravenzande, Monster, Gaag en Maasdijk in 2027.

Bodemtrilling i.r.t. Natuur en Milieueffecten

Uit de Seismische Risico Analyse die is uitgevoerd voor de velden in het Winningsplan Gaag-Monster, volgt dat de meeste velden in Categorie I vallen (laagste risicocategorie). Vanwege de mogelijke bovengrondse effecten als er toch een beving zou plaatsvinden, zijn de velden Gaag en Maasdijk ingedeeld in categorie 2. Voor deze velden zijn extra monitoringsmaatregelen nodig, bijvoorbeeld om de detectiegrens te verlagen. Op basis van dezelfde analyse is vastgesteld dat de kans op bevingen met significante schade klein is. Negatieve gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen zijn dan ook niet te verwachten.

Effecten van bodemtrilling op natuur worden derhalve niet nader beschouwd. De kans op nadelige meetbare effecten van bodemtrilling op het Natura 2000 gebied worden, gezien de aard van de trillingen, als verwaarloosbaar geacht.

Bodem- / grondwaterverontreiniging

NAM bouwt, onderhoudt en beheert installaties zo dat het risico op bodem-/grondwaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. Het Activiteitenbesluit en de omgevingsvergunning bevatten 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 i.r.t. Natuur en Milieueffecten

In dit winningsplan wordt naast verlenging van de bestaande productie ook het plan voor hydraulische stimulatie en boring van een extra put in het Maasdijk veld beschreven.

Voor deze activiteiten wordt de locatie Gaag geschikt gemaakt voor het uitvoeren van de boring en hydraulische stimulatie. Het boren is een tijdelijk activiteit en bedraagt naar verwachting circa 90 dagen. De uit te voeren boring kan tijdelijk invloed hebben op de belevingswaarde van het gebied rondom de Gaag locatie. Gezien de bestemming van de locatie voor delfstofwinning en de tijdelijkheid van de boring wordt dit niet beschouwd als een belangrijk nadelig milieugevolg. Ook de hydraulische stimulatie is een tijdelijke activiteit waarbij vanuit het oogpunt van natuur en milieu speciale aandacht uitgaat naar het afvoer van stimulatie vloeistof vanuit de put en verontreinigd hemelwater. Er zal geprobeerd worden om de afvalstoffen zoveel mogelijk gescheiden te houden waardoor een milieu technisch hogere verwerking mogelijk is.

De invloed op luchtkwaliteit, door gebruik van dieselmotoren en verkeersdrukte door een toename van transportbewegingen, is van tijdelijke aard en daardoor gering. Verkeer voor de voorbereidingen en uitvoering van de boring zal gebruik maken van de bestaande toegangswegen, vanaf Rijksweg A20 afslag Maasdijk, naar de locatie Gaag.

De locatie Gaag bevindt zich op ruim 4 km van het Natura 2000-gebied, en op meer dan 10 km van een waterwingebied (Figuur 9-1). In het kader van de aanvraag Omgevingsvergunning voor deze nieuwe activiteiten zullen de mogelijke effecten op deze gebieden nogmaals worden onderzocht en beoordeeld. Tevens zullen potentiële effecten op instandhoudingsdoelen van de nabij-gelegen Natura 2000-gebieden worden beoordeeld. Hiertoe zal ondermeer een stikstofdepositieberekening in het kader van de Programmatistische Aanpak Stikstofdepositie (PAS) worden uitgevoerd m.b.v. de online tool Aeries.

10 Verklarende woordenlijst

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als 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
EZ	Ministerie van Economische Zaken
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 (in meter onder NAP)
Kern	Gesteentemonster uit de ondergrond verkregen bij het boren van een put
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
m RT	Diepte gemeten in m langs het boortraject, vanaf de boortafel (RT)
Mb	Mijnbouwbesluit
MER	Milieu-Effect-Rapportage
Mw	Mijnbouwwet
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Nm ³	Gasvolume in kubieke meter bij 0 °C en 1.01325 bara
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

11 Bijlage A: Bodemdaling details en achtergronden

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor de voorkomens in dit winningsplan is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (ΔP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. 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 is er voor een inschatting ervaring uit het verleden gebruikt. Voor een nieuw voorkomen op land wordt deze onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingmetingen 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 ΔP volgt uit de reservoirmodellen voor de "low-mid-high case". De vermenigvuldiging van de C_m met de ΔP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge C_m met een hoge ΔP 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 mbv 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 reservoir dikte [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 contouren zoals getoond in Figuur 7-5.

De op deze manier berekenende bodemdalingonzekerheid is getabuleerd in Tabel 11-1.

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

Voorkomen	Te verwachten drukdaling [bar]			Compressibiliteit (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
	Mid Case productie scenario	Low Case productie scenario	High Case productie scenario					
De Lier Greensand	7	1	11	1.65	25%	<2	<2	<2
Gaag Bunter	3	2	6	0.40	25%	<2	<2	<2
Geestvaartpolder Bunter	0	0	0	0.52	25%	<2	<2	<2
Maasdijk Bunter	12	0	24	0.20	25%	<2	<2	<2
Monster Bunter	1	0	2	0.49	25%	<2	<2	<2
Noorderdam Bunter	0	0	7	0.43	25%	<2	<2	<2
s-Gravenzande Bunter	1	1	3	0.51	25%	<2	<2	<2

12 Bijlage B: Seismische Risico Analyse

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 uit ongeveer 140 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven ongeveer 20% van de velden zijn bevingen geregistreerd. Boven 11 velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (Magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter). Boven de velden in Zuid-Holland zijn nog nooit aardbevingen geobserveerd.

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens.

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)¹⁹ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010²⁰. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) in het reservoir;
- E: de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente;

$$E = \frac{E_{burden}}{E_{Reservoir}}$$

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

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

Waarbij:

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

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

A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de GWC dieptecontour (in vierkante meters);

¹⁹ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit

²⁰ TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

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

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 28%	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P _B = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P _B = 0.19 ± 0.05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
DP/P _{ini} < 28%	Verwaarloosbare kans

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

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

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom** (m)	Initiële druk (bar)	Verwachte totale drukdaling (bar)	Totale breuk- lengte (km)	Reservoir opper- vlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E*	DHAIS B	DHAIS kans
Gaag Bunter	110	311	290	36,5	15,7	geen	Geen	1,1	4,65	19%
Maasdijk Bunter	160	432	386	80,8	9,8	geen	Geen	1,1	29,52	19%
Monster Bunter	150	309	285	27,7	6,1	geen	Geen	1,1	9,24	19%
Noorderda m Bunter	56	380	275	5,1	1,9	geen	Geen	1,1	1,38	19%
s- Gravenzan de Bunter	187	308	291	8,2	2,3	geen	Geen	1,56	4,42	42%

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

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

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 12-2.

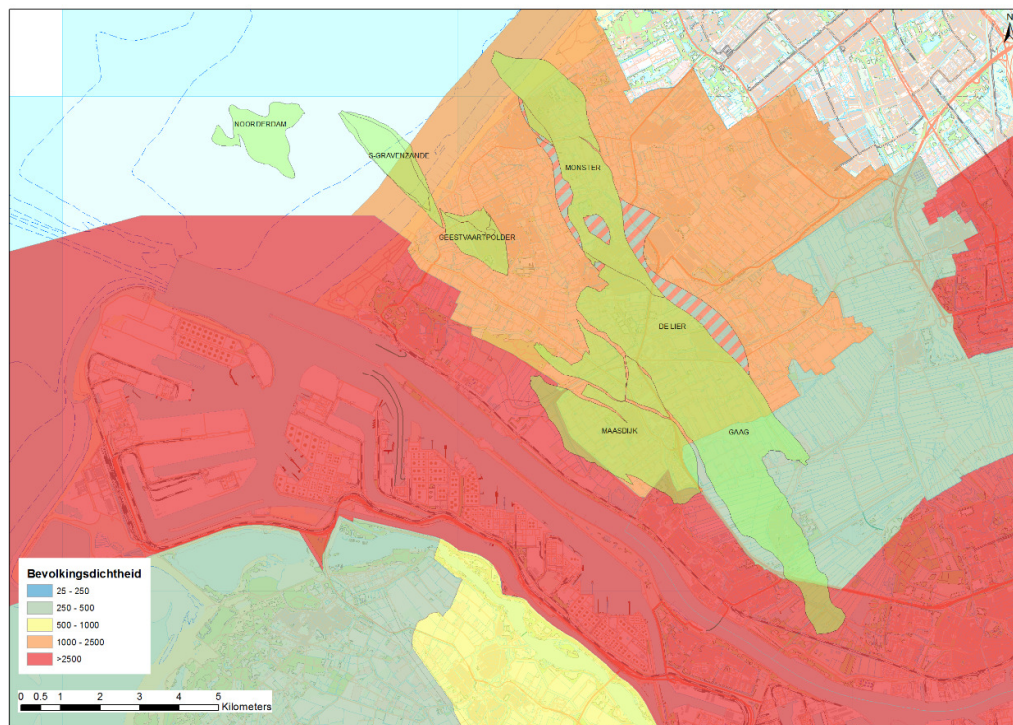
Tabel 12-2: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden

Voorkomen	Langste breuklengte (km)	Poisson's ratio	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Gaag Bunter	9,3	0,2	110	3,5	3,8
Maasdijk Bunter	8,8	0,2	160	3,6	4
Monster Bunter	7,9	0,2	150	3,3	4
Noorderdam Bunter	1,6	0,2	56	2,7	2,9
s-Gravenzande Bunter	3,9	0,2	187	3,1	3,9

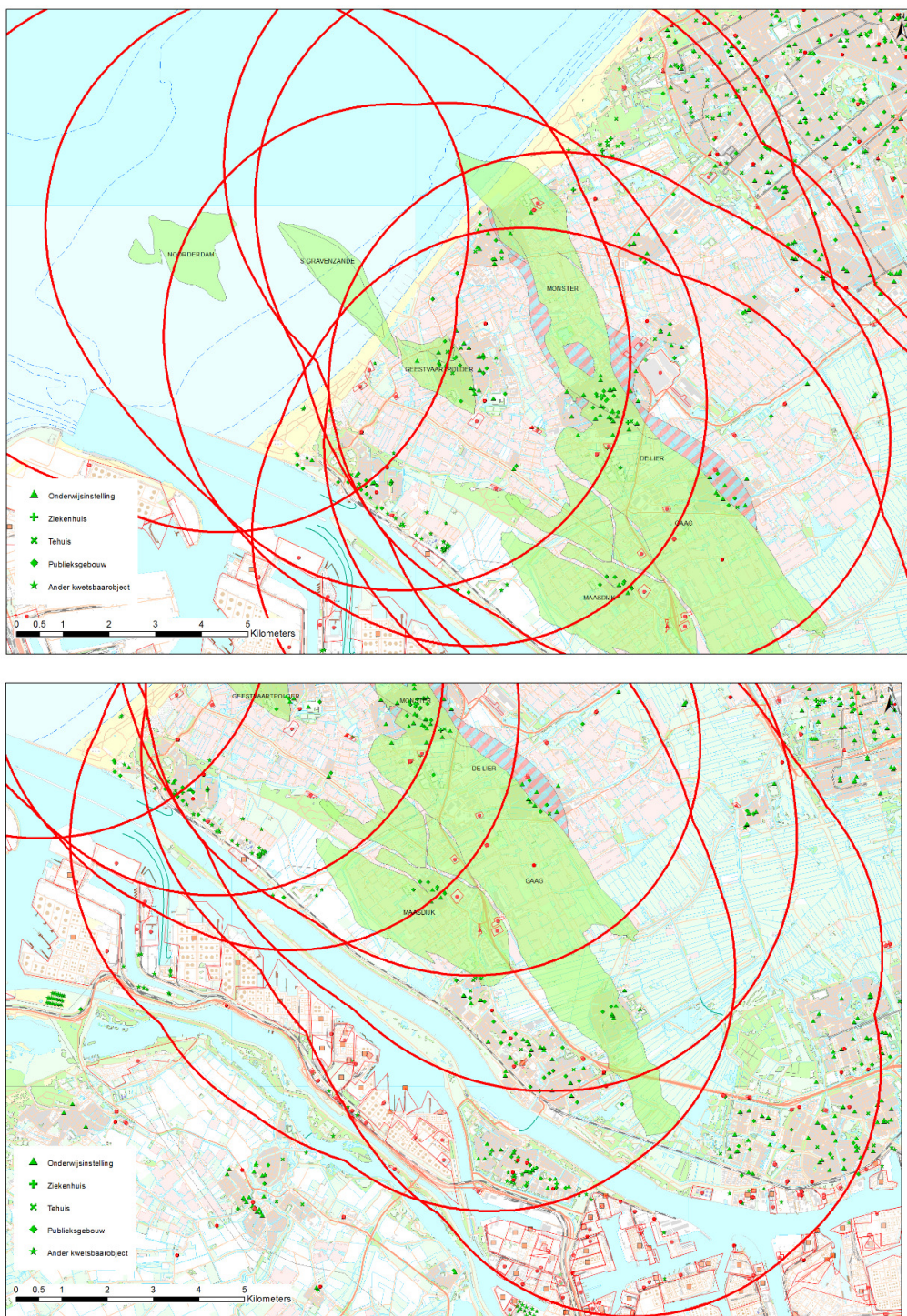
Stap 2: Risico matrix

Voor de voorkomens Gaag Bunter, Maasdijk Bunter, Monster Bunter, Noorderdam Bunter en 's-Gravenzande Bunter 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 risico matrix.

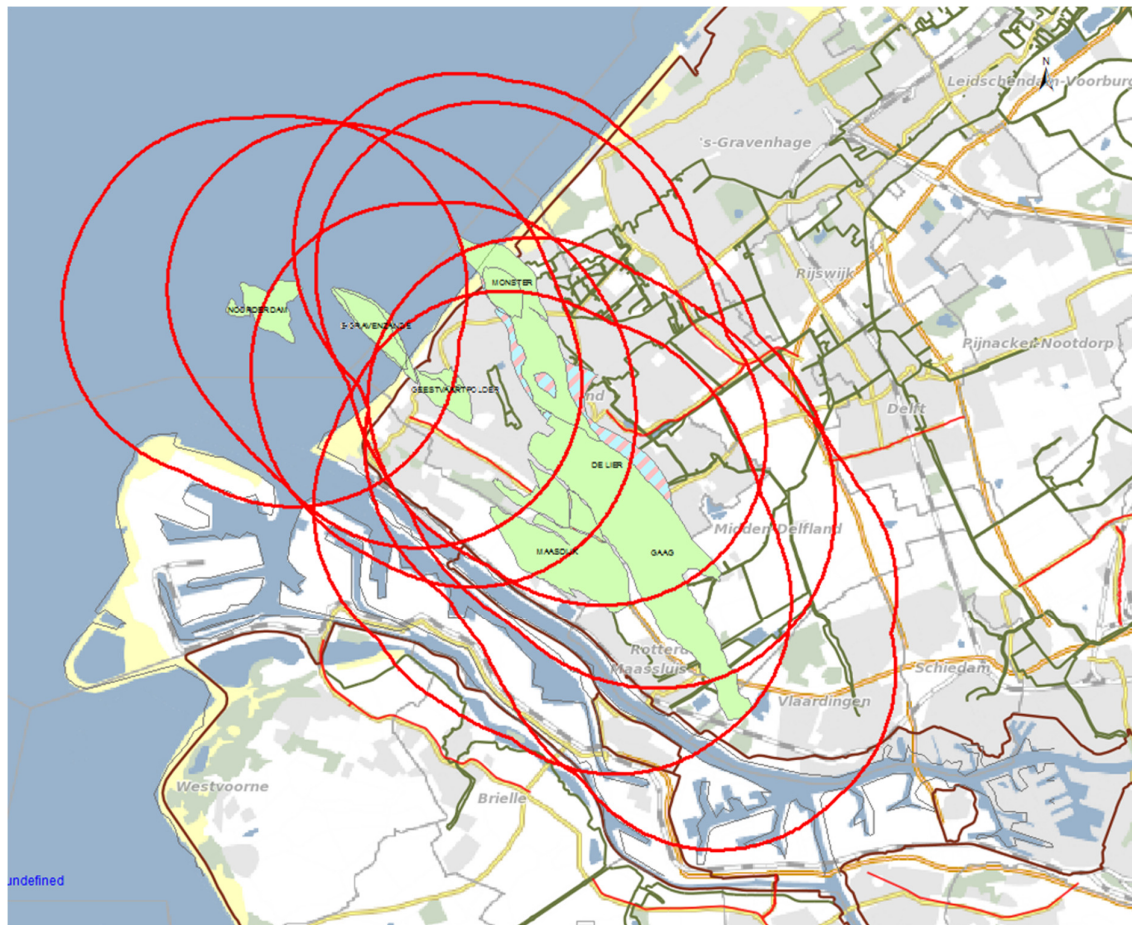
In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 12-1, Figuur 12-2, Figuur 12-3 tonen de situaties voor respectievelijk "Bevolkingsdichtheid", "Industriële inrichtingen", "Speciale gebouwen en vitale infrastructuur" en "Dijken". Figuur 12-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen. Tabel 12-3 A en B toont de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risico matrix is afgebeeld in Figuur 8-4.



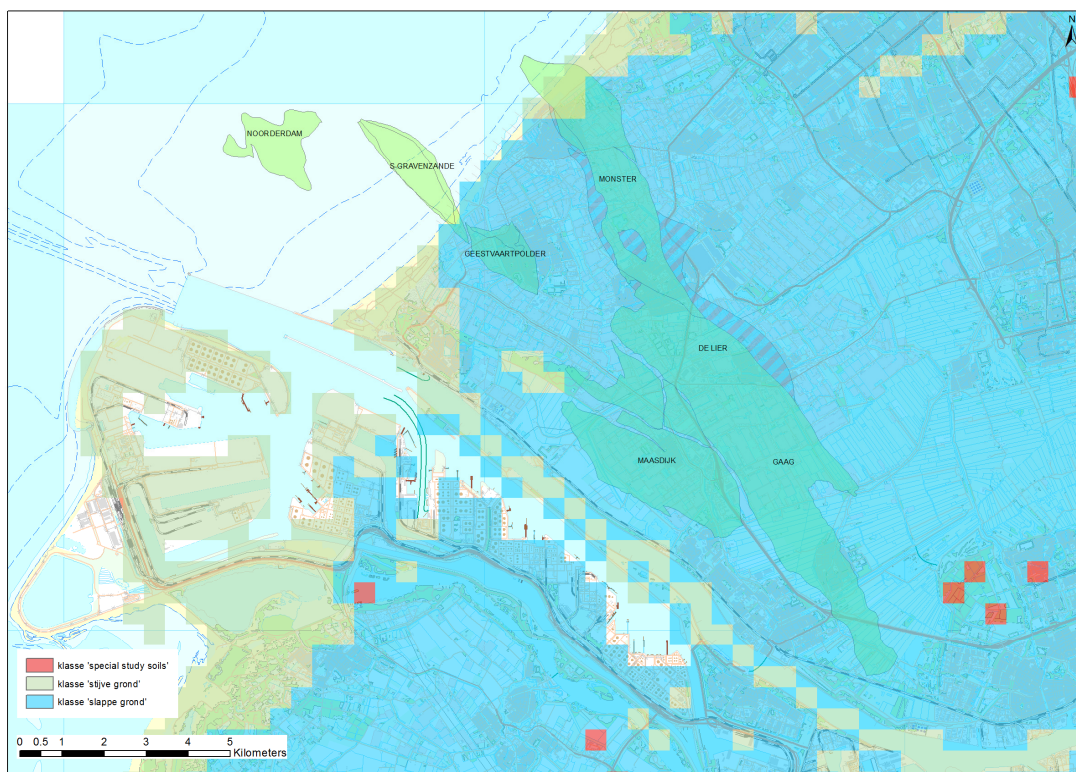
Figuur 12-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven de in dit winningsplan genoemde voorkomens.



Figuur 12-2: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven de in dit winningsplan genoemde voorkomens. De rode cirkels geven de 5 km straal rond voorkomens aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-3: Overzicht van de dijken (bruin: primaire dijken, groen: secundaire dijken). De rode cirkels geven de 5 km straal rond voorkomens aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-4: 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 per voorkomen inclusief onderbouwing en uitkomst, weergegeven in Tabel 12-3.

Tabel 12-3 Kwantitatieve evaluaties (A) en daaruit voortkomende scores (B) voor de invloedfactoren onder- en bovengrond
A

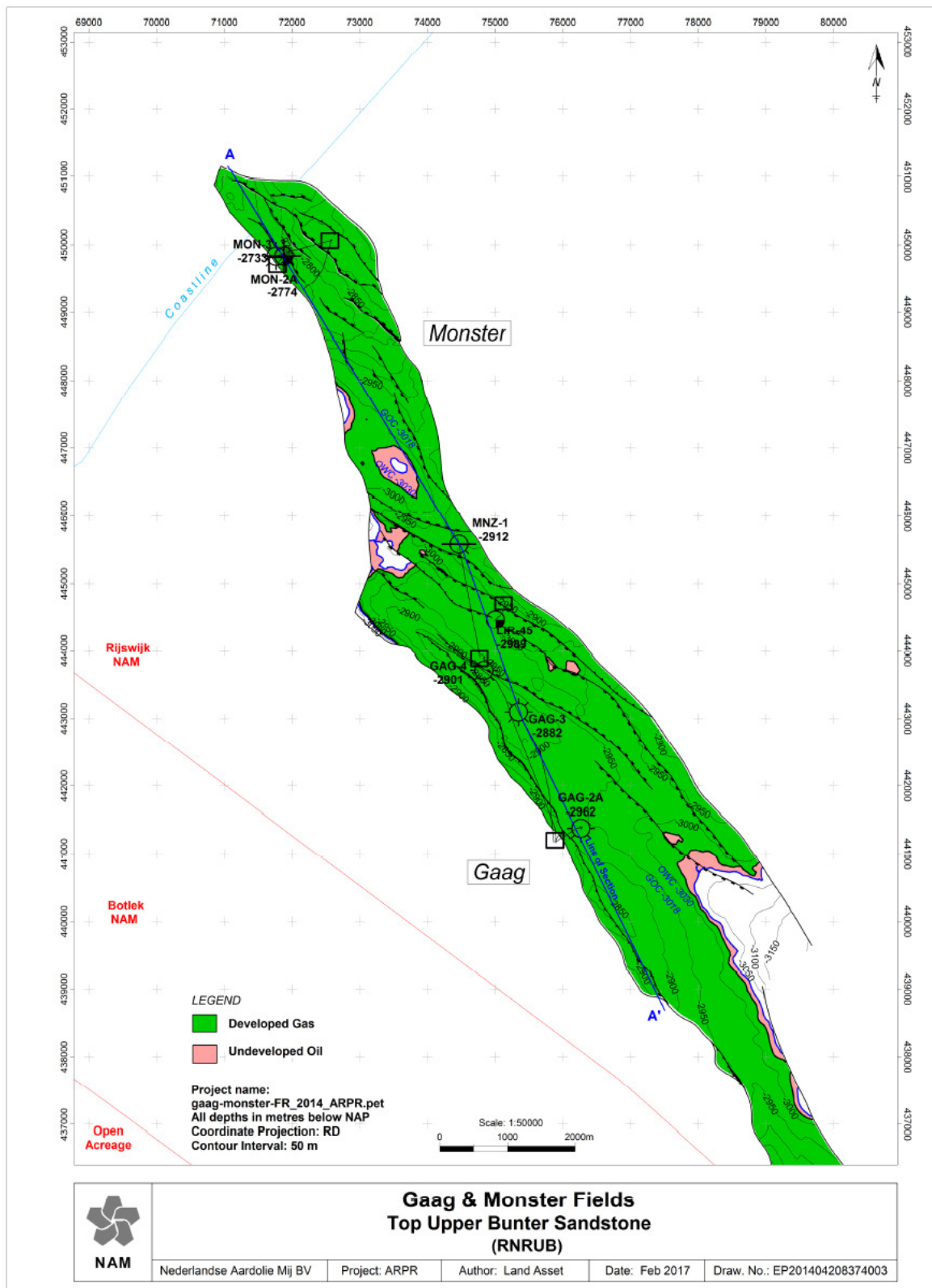
Voorkomen	Analoge				Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km2)	Industriële inrichting	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
	Dhais	Mmax	velden	Opslingering				
Gaag Bunter	P=19%	1 methode 3,6 - 4,0	Onder de lijn Amsterdam- Arnhem	> 60 % slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	Meerdere direct boven 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	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
Maasdijk Bunter	P=19%	1 methode 3,6 - 4,0	Onder de lijn Amsterdam- Arnhem	> 60 % slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	Meerdere direct boven 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	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
Monster Bunter	P=19%	1 methode 3,6 - 4,0	Onder de lijn Amsterdam- Arnhem	30 - 60% slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	Meerdere direct boven 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	Primaire dijken boven het veld
Noorderdam Bunter	P=19%	Alle methodes 2,6 - 3,0	Onder de lijn Amsterdam- Arnhem	< 10% slappe grond	< 250	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
s-Gravenzande Bunter	P=42%	1 methode 3,6 - 4,0	Onder de lijn Amsterdam- Arnhem	10 - 30% slappe grond	1000 - 2500 en/of 500-1000 met flats/app.	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Primaire dijken boven het veld

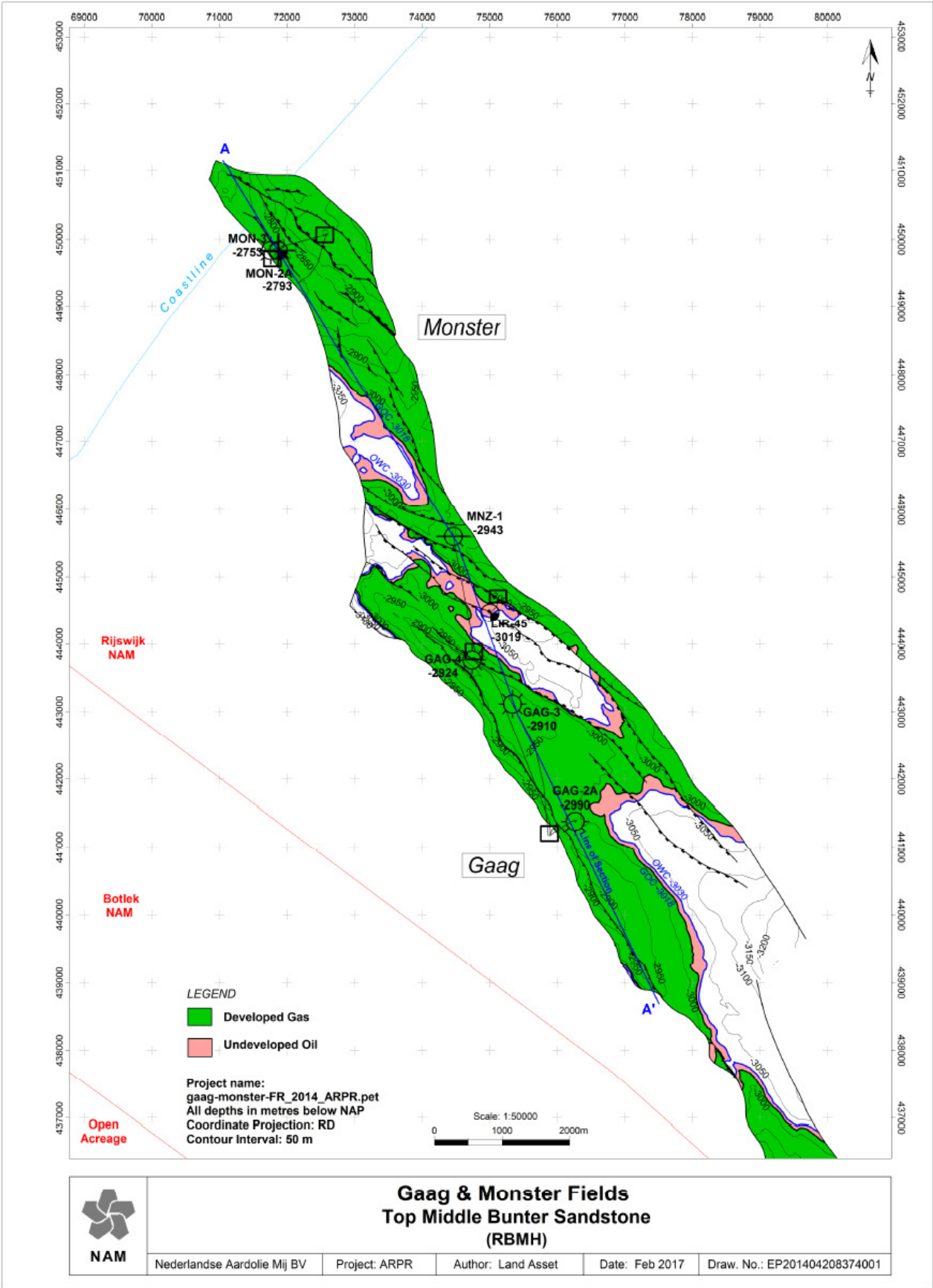
B

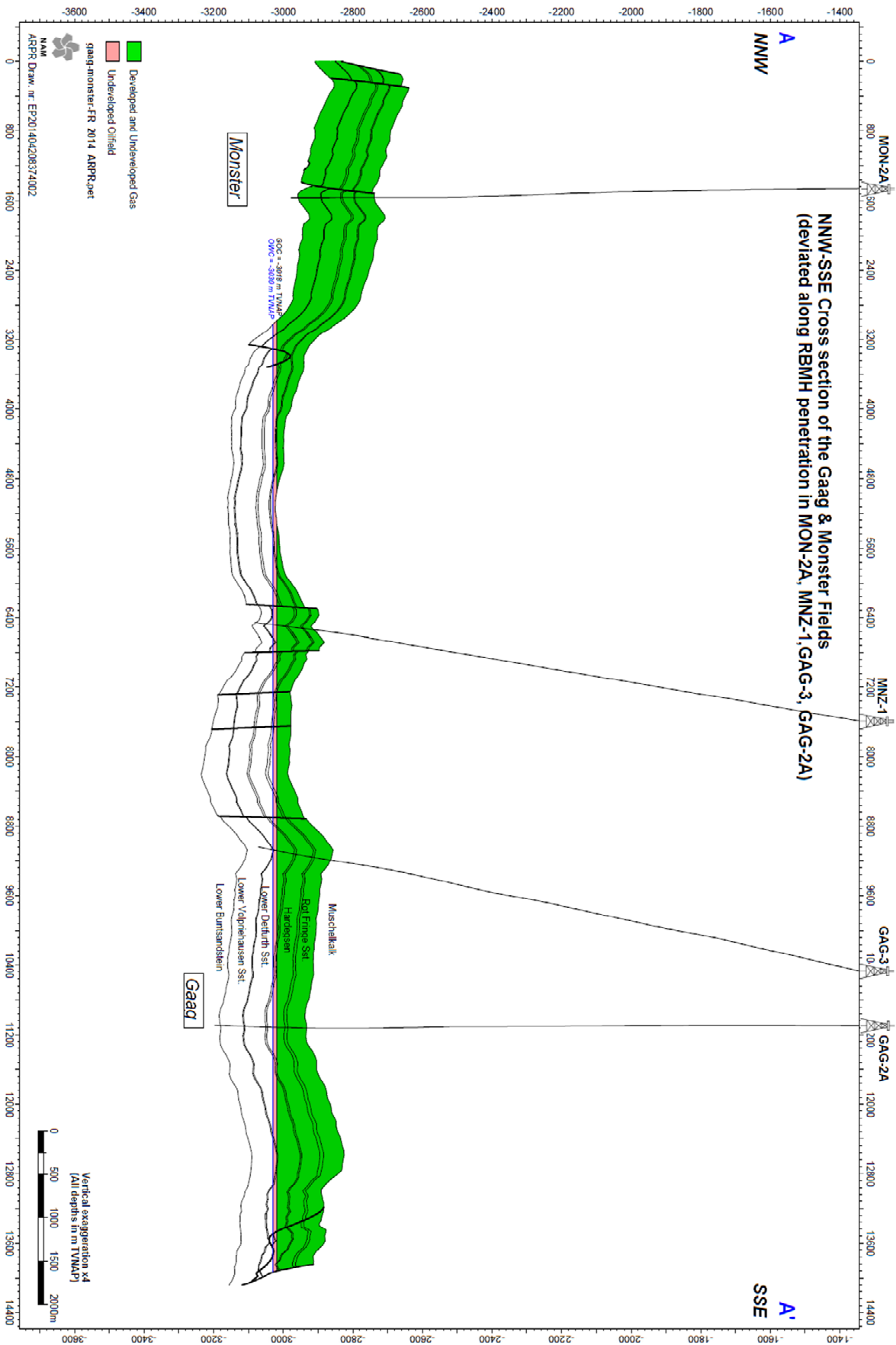
	score invloedfactoren ondergrond					score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkings dichtheid	Industriele inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Gaag Bunter	1	2	0	3	0,43	3	4	3	3	0,81	II
Maasdijk Bunter	1	2	0	3	0,43	3	4	3	3	0,81	II
Monster Bunter	1	2	0	2	0,36	3	4	3	4	0,88	I
Noorderdam Bunter	1	1	0	0	0,14	0	3	2	3	0,5	I
s-Gravenzande Bunter	2	2	0	1	0,36	3	3	2	4	0,75	I

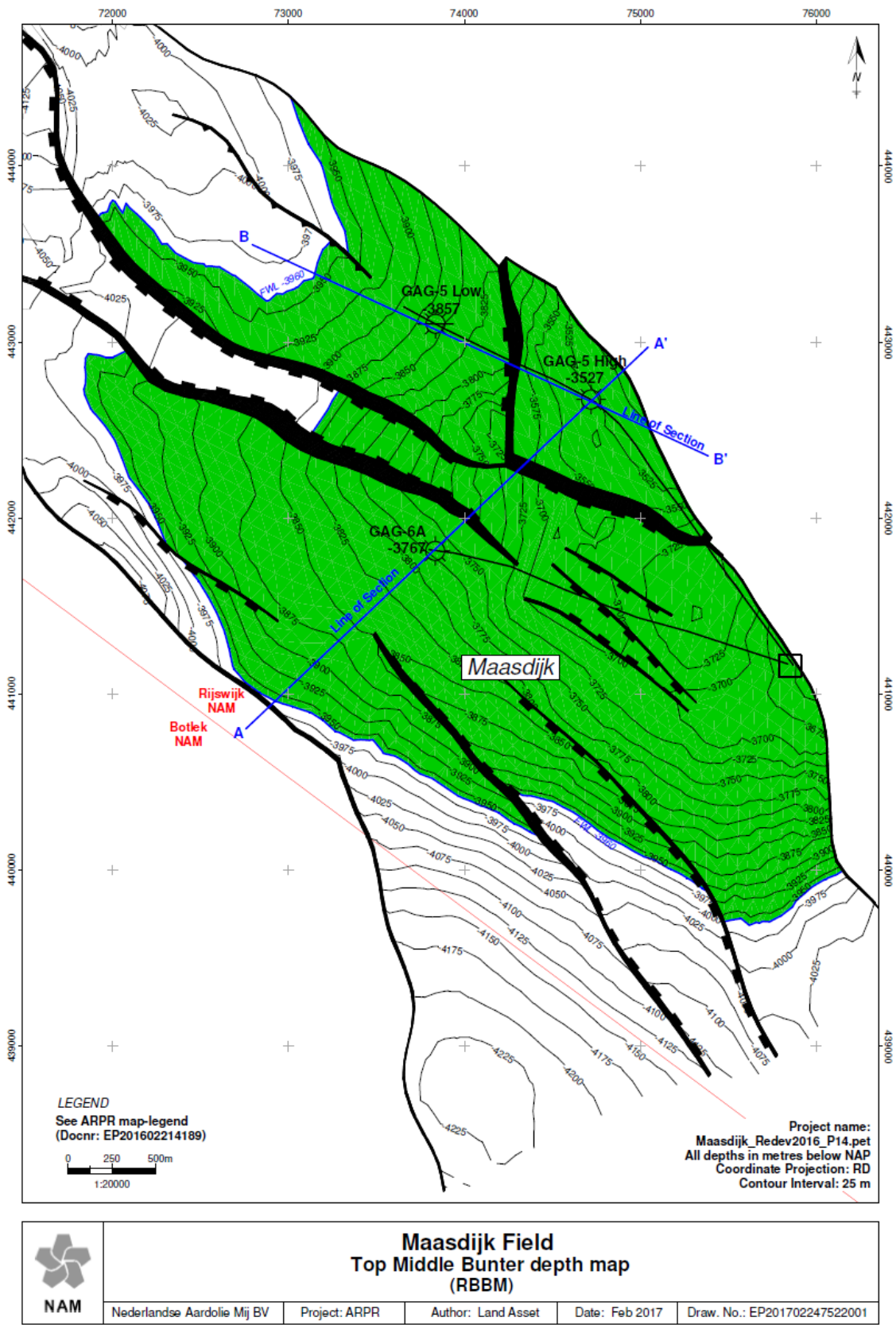
13 Bijlage C: Geologische kaarten voor de voorkomens

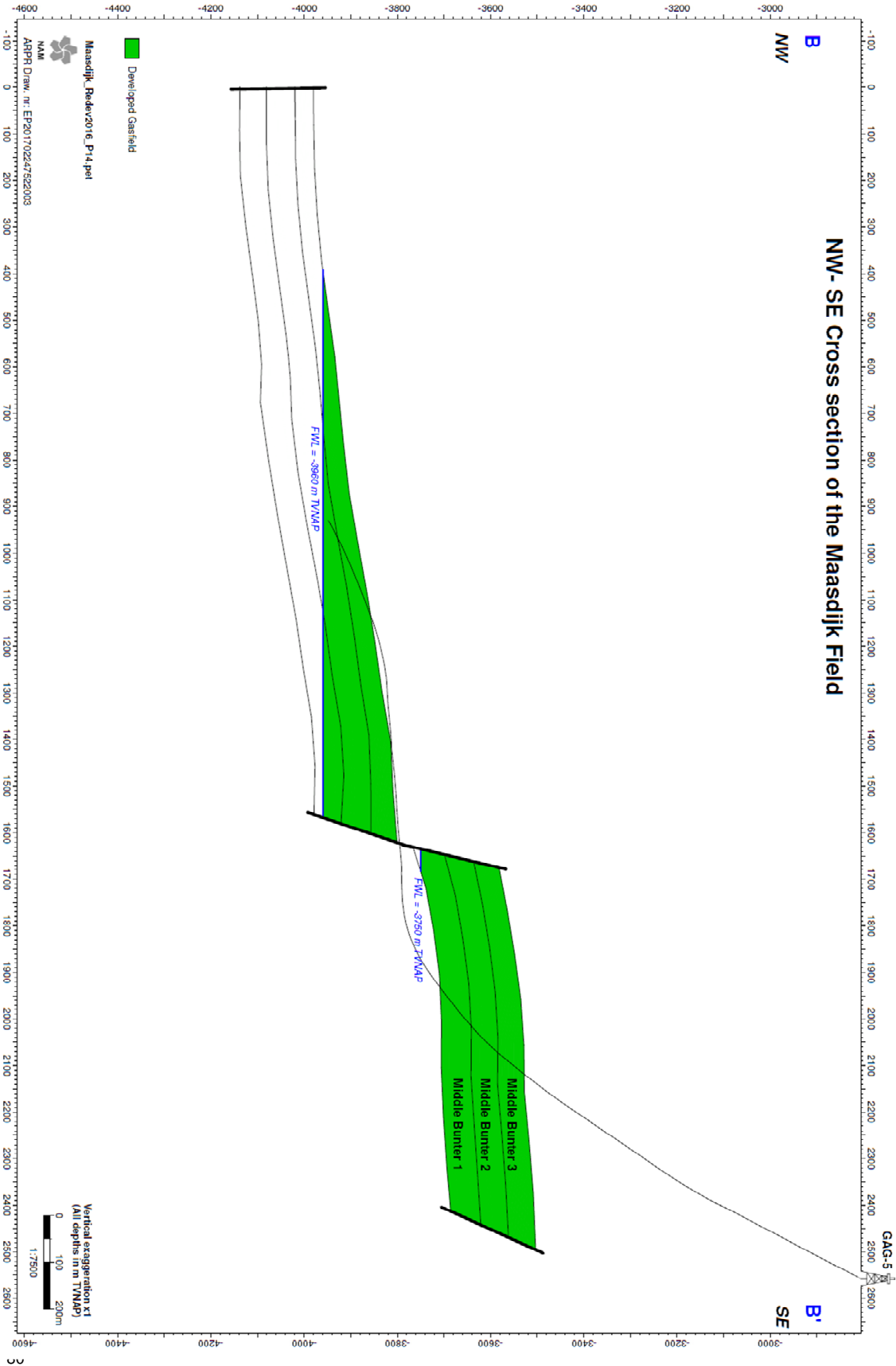
Doorsnede elk voorkomen en kaart van elk voorkomen

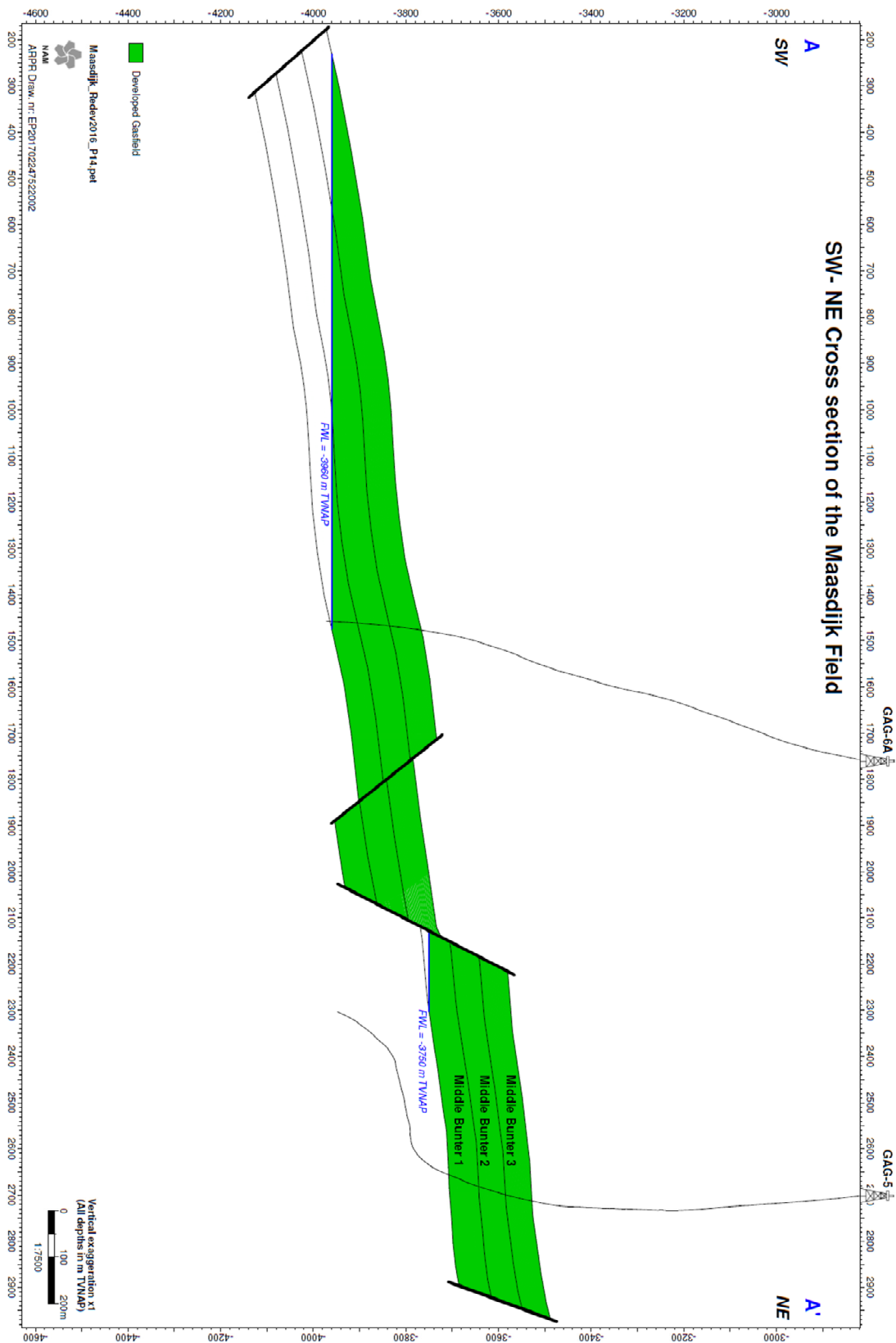


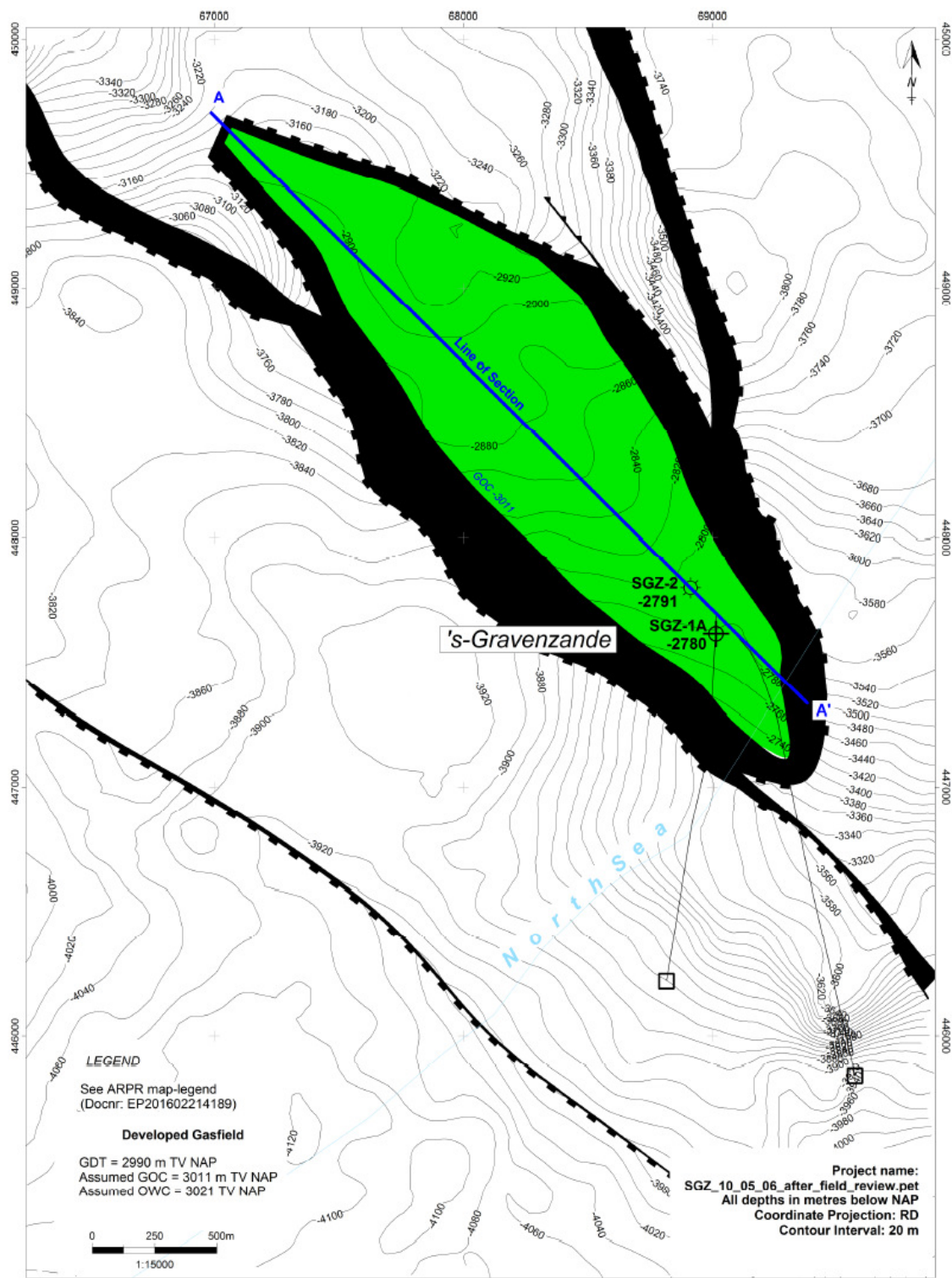




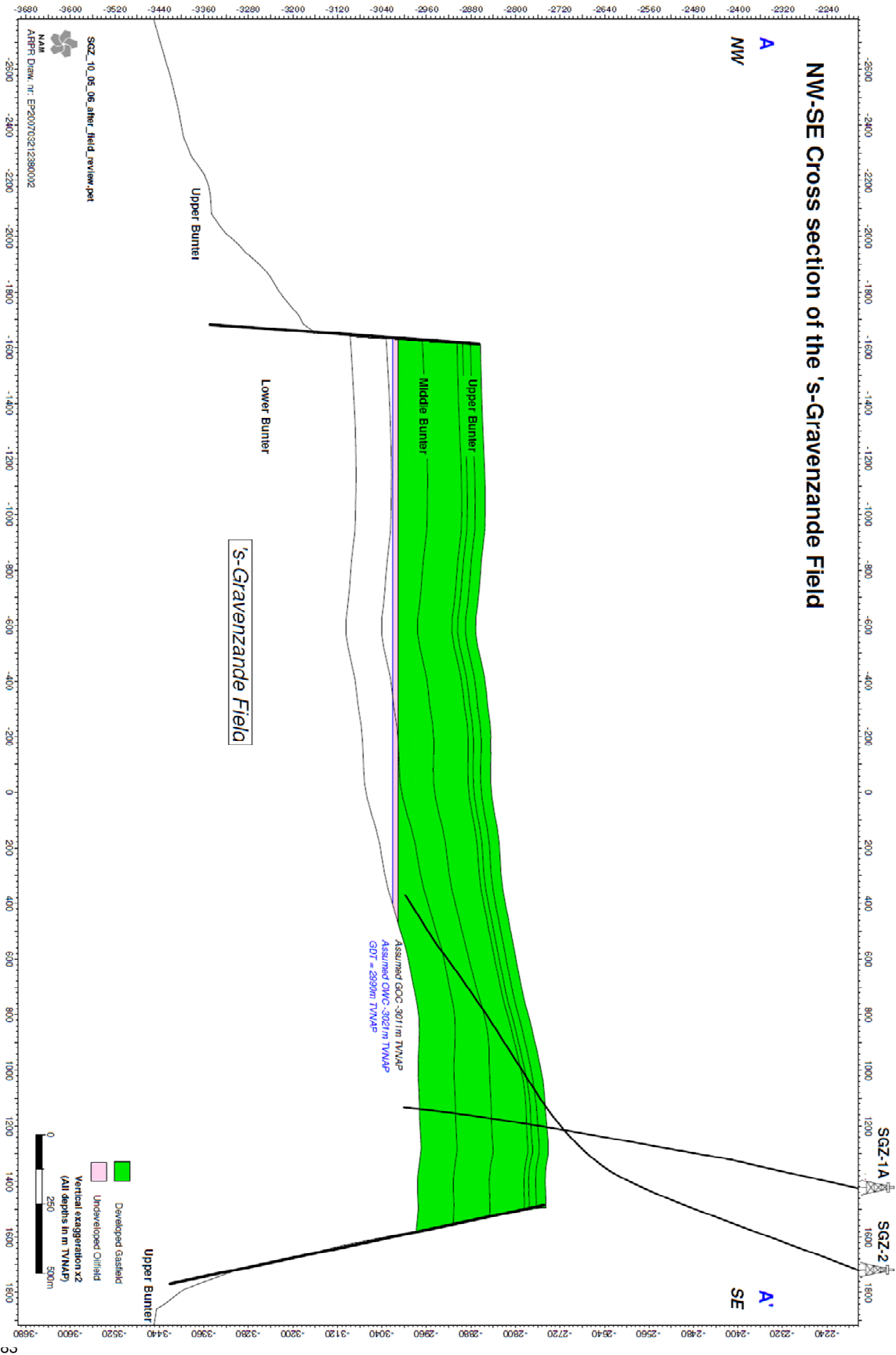


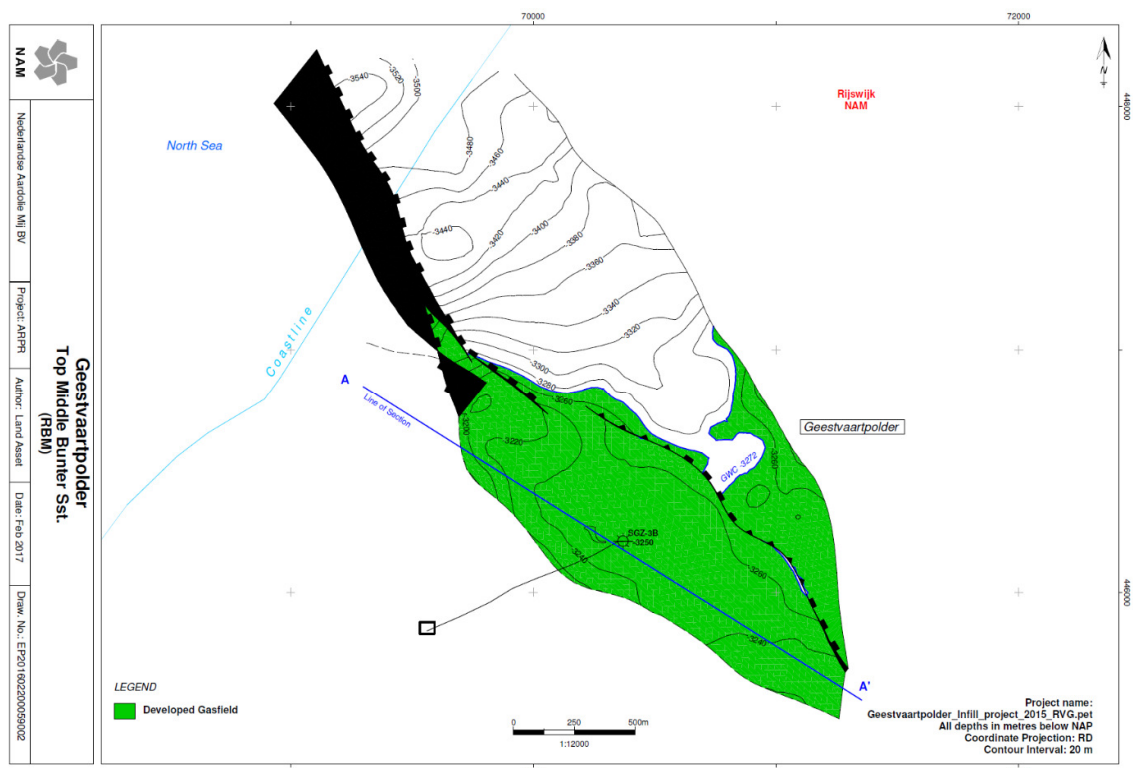
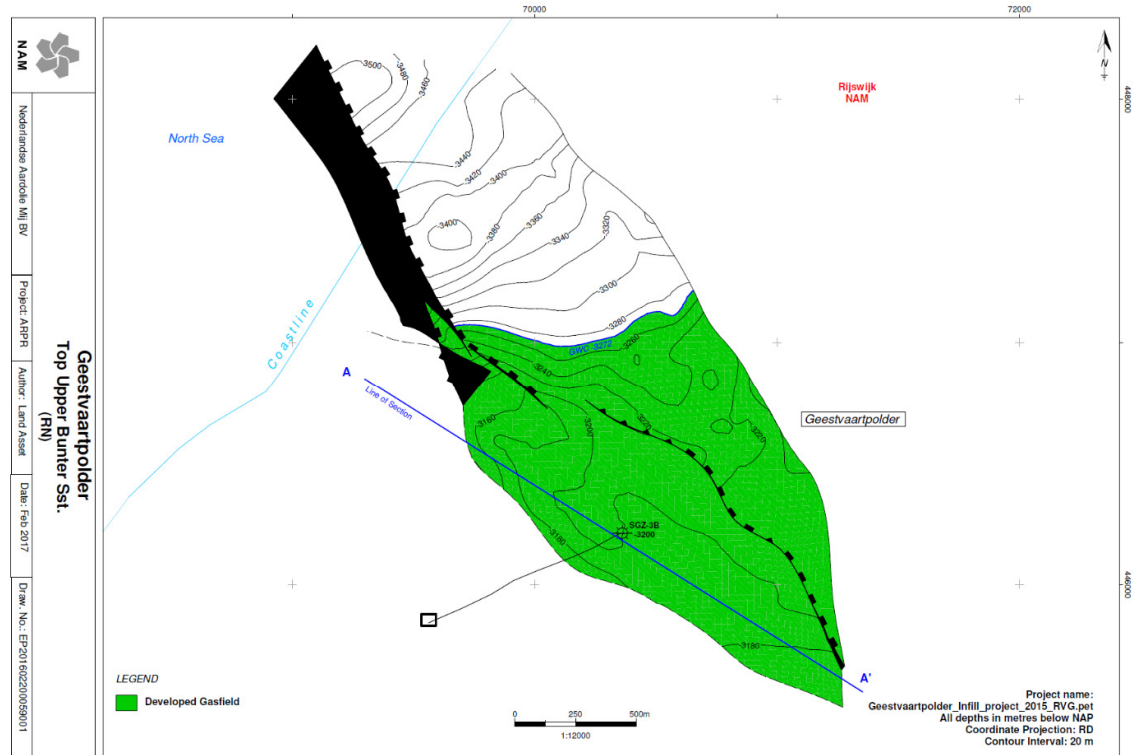


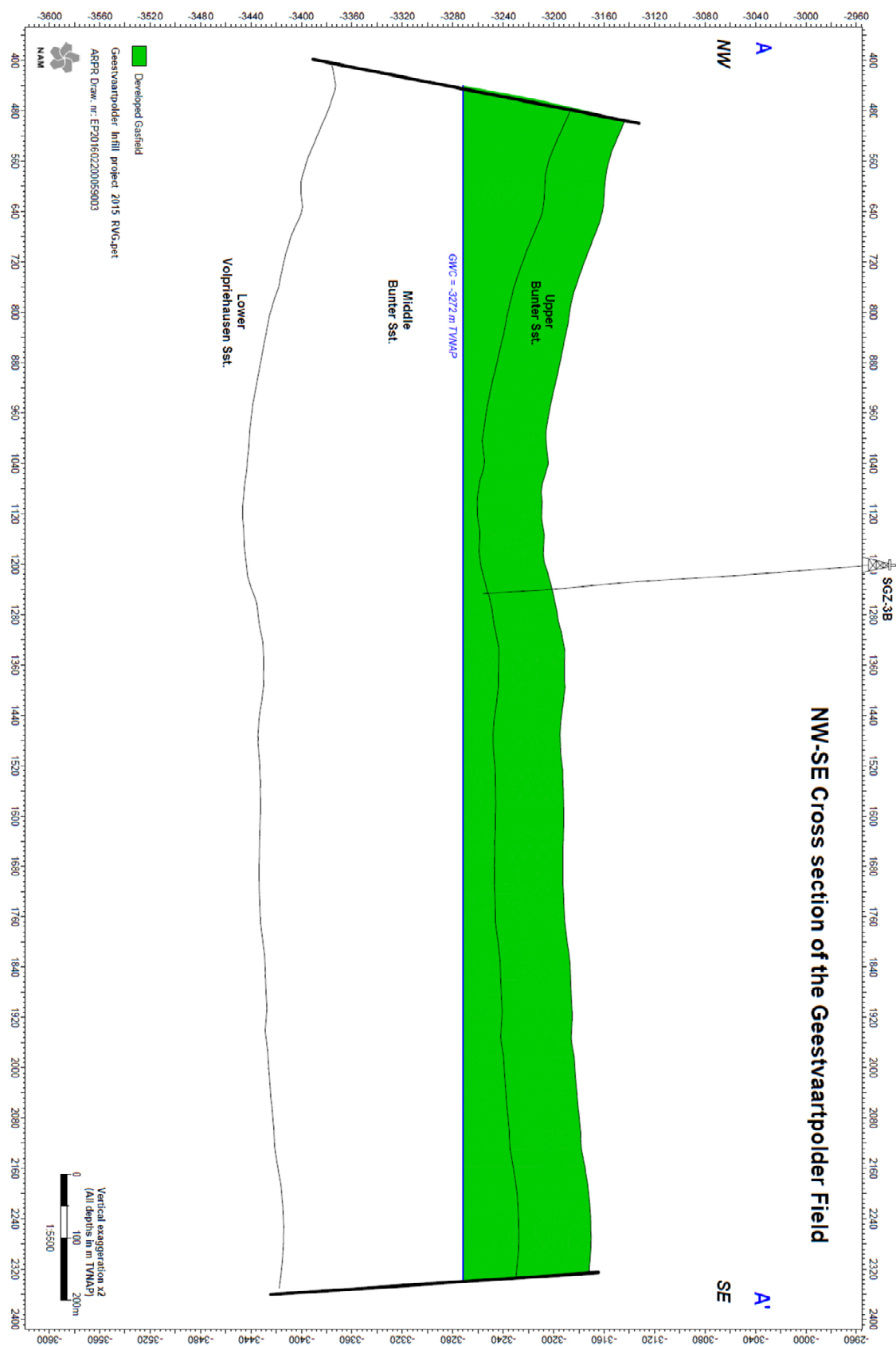


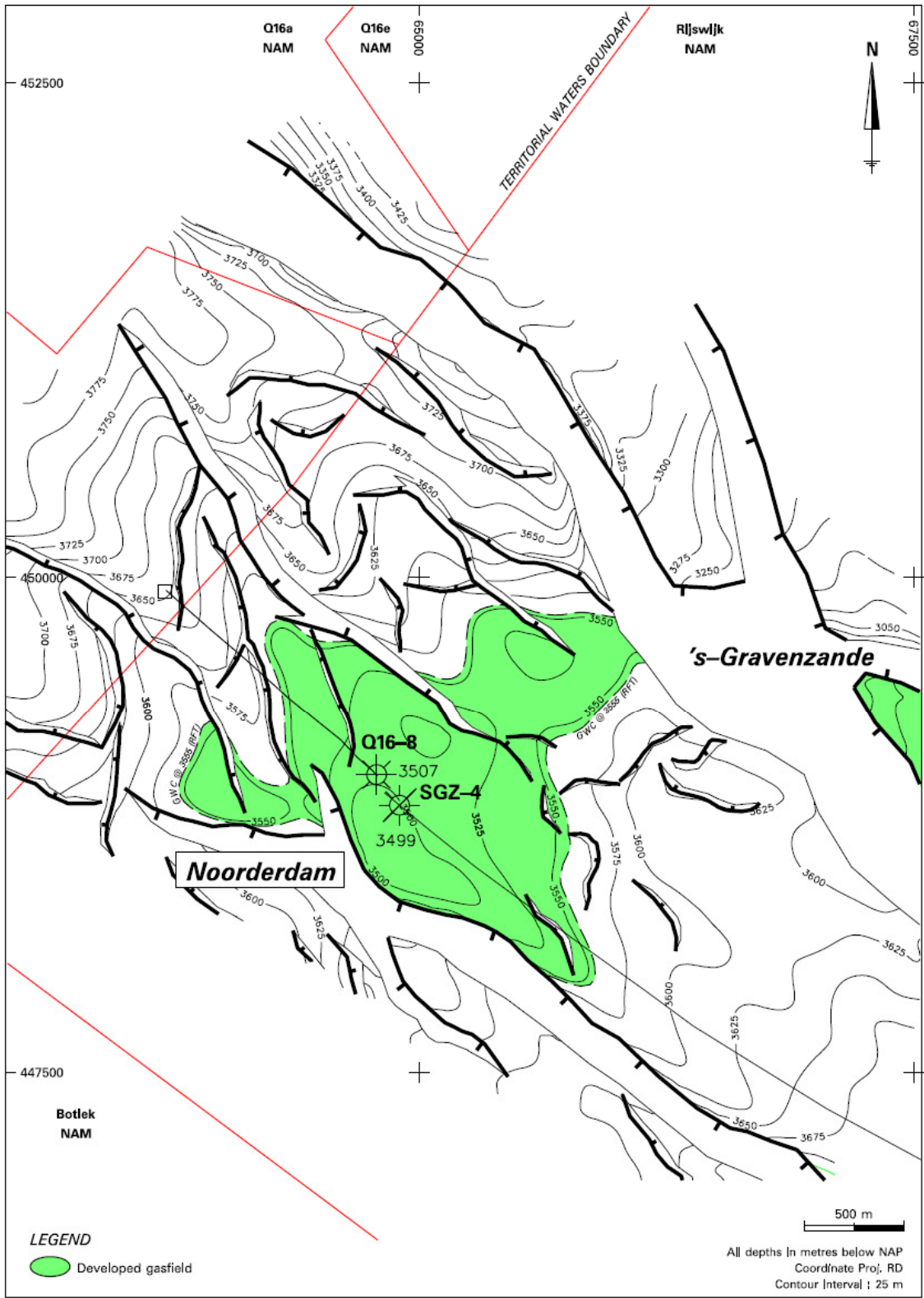


 NAM	's-Gravenzande Field Top Middle Bunter (RBMH)					
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project: ARPR	Author: Land Asset	Date: Feb 2017	Draw. No.: EP200703212380001	

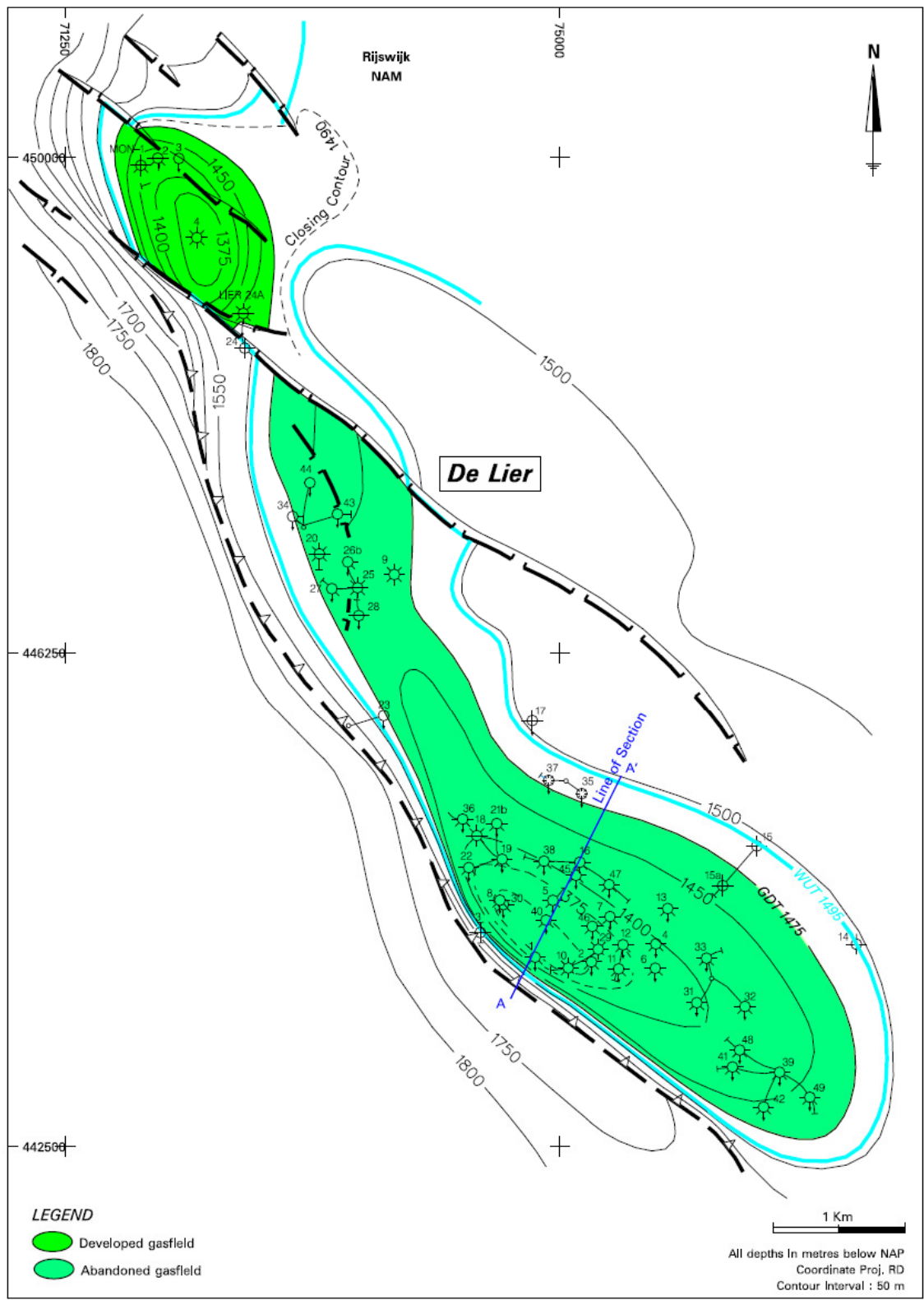


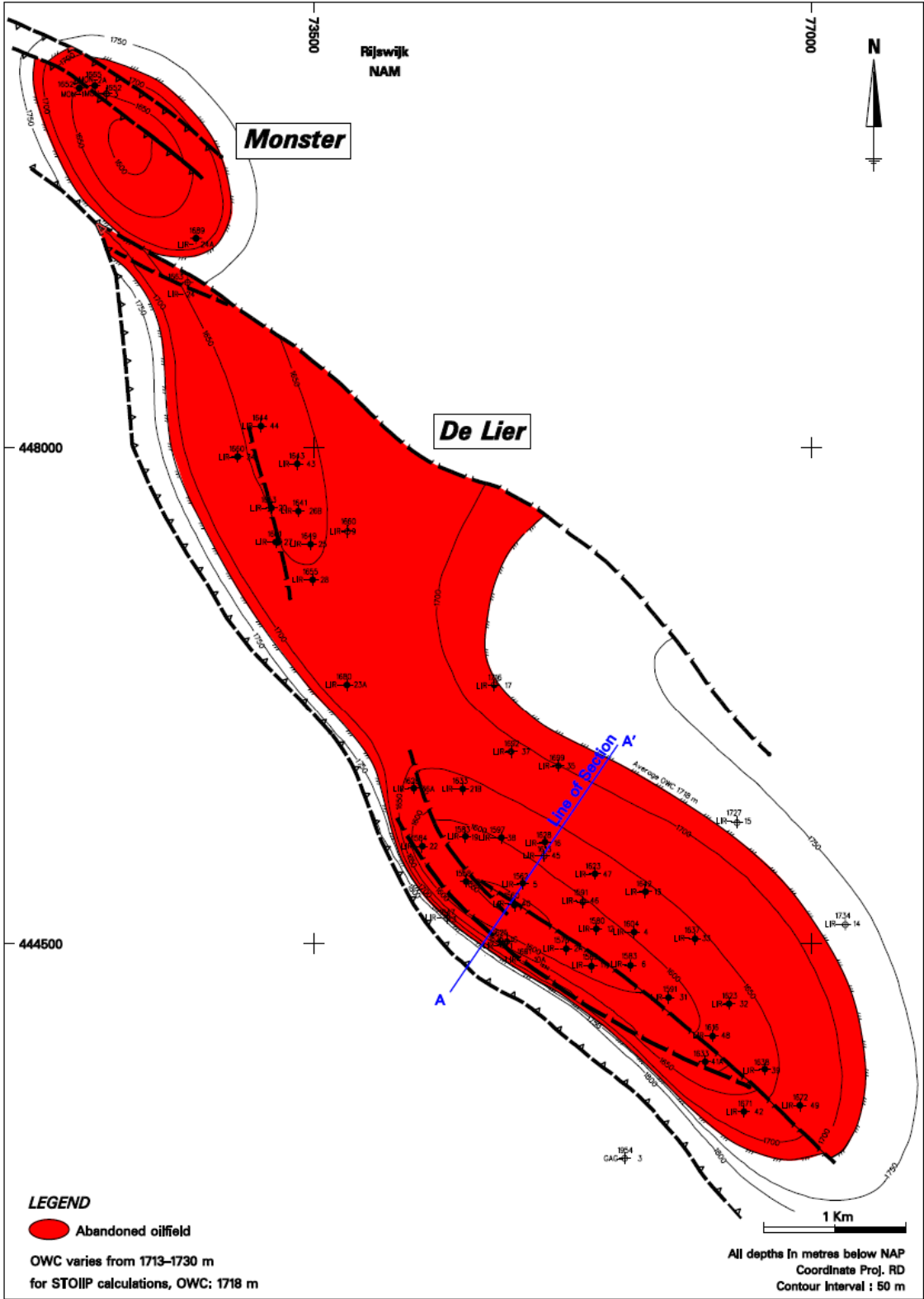




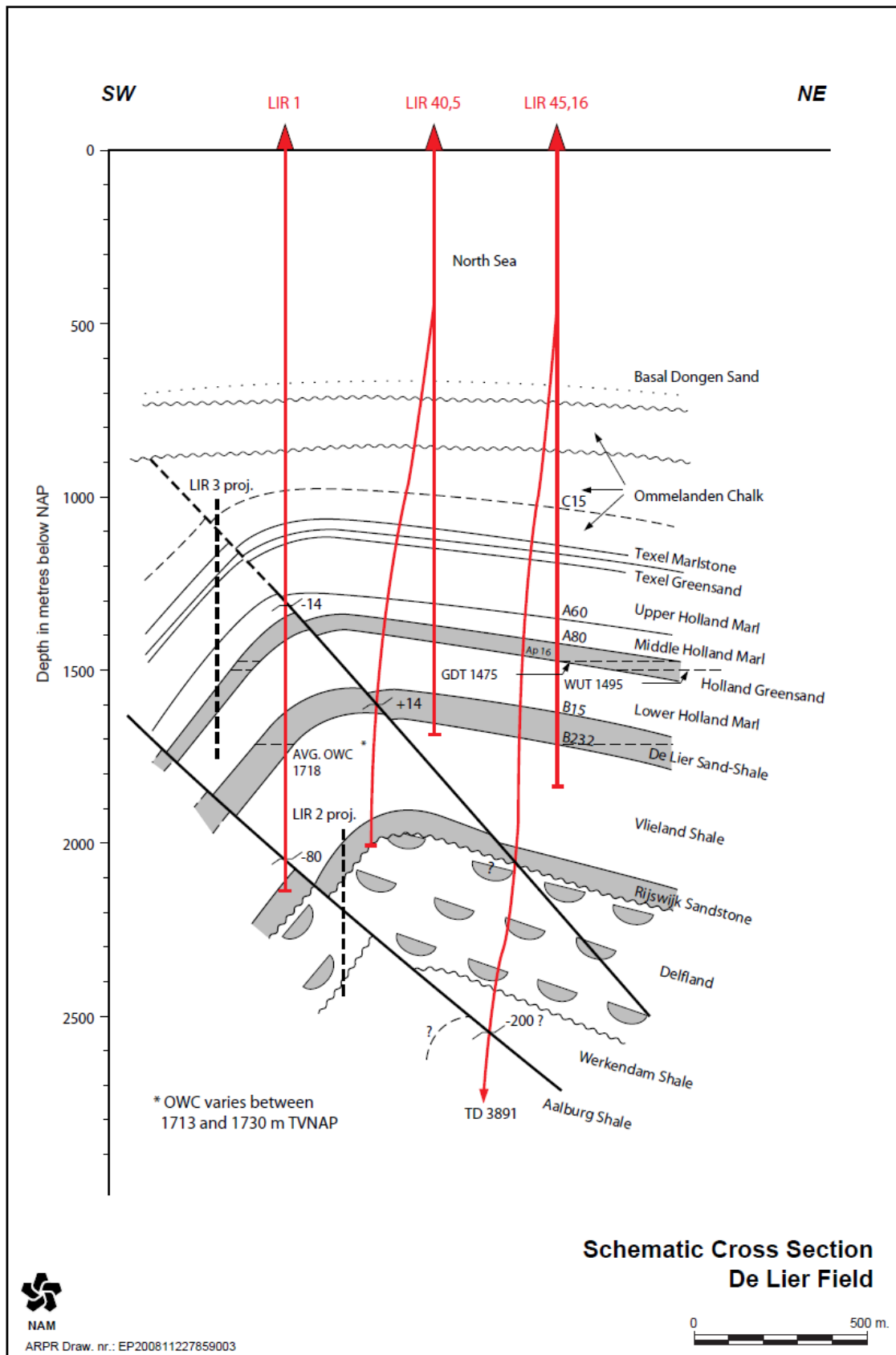


 NAM	Structure Contour Map Noorderdam – Top Middle Bunter (RBBM)			
	Scale 1 : 25000			
NEDERLANDSE AARDOLIE MIJ. B.V.	Project: ARPR	Author: ELW-DVC	Date: Feb. 2017	EP200811232424001





 NAM	Structure Contour Map De Lier – Top De Lier Sand/Shale (KNNSL) Scale 1 : 35000 Nederlandse Aardolie Mij BVProject: ARPRAuthor: ODP/1Date: Feb. 2005EP200811227859002			
--	---	--	--	--



14 Bijlage D: Spanningcondities in een reservoir tijdens hydraulische stimulatie

Het ontwerp van een hydraulische stimulatie zal altijd zodanig zijn dat een frack op veilige afstand van gekarteerde breuken blijft. Deze bijlage beschrijft de spanningscondities in een reservoir tijdens stimulatie en de situatie voor eventuele niet-gekarteerde breuken.

De spanningscondities in een reservoir rondom een frack kunnen op drie manieren veranderen:

1. Als er vloeistof onder hoge druk weglekt in de formatie. Hierdoor zal een poroelastische koppeling ontstaan met het gesteente waardoor de effectieve spanningen lager worden. Dit effect wordt beperkt tot maximaal een aantal meters rondom de frack door de vorming van een filter aan de wanden van de frack.
2. Als er thermische spanningen ontstaan vanwege een temperatuursverschil tussen de frackvloeistof en het reservoirgesteente. Een hydraulische stimulatie is echter een korte operatie waarbij de invloedszone beperkt zal blijven. Tevens ontstaat er een terugkoppeling met de vloeistofdruk. Met andere woorden, thermische spanningen zullen ervoor zorgen dat de “net pressure” die zorgt voor verdere groei van de frack kleiner wordt.
3. Door schuifspanningen aan de fracture-tip. De schuifspanning bij de punt van de frack kan in een gebied van enkele meters rondom de tip verhoogd worden. Dit proces zorgt ervoor dat de frack kan groeien, maar is zeer beperkt van omvang.

Omdat de invloed van de stimulatie op de spanningen in het *reservoirgesteente* zeer beperkt zal zijn is er verwaarloosbaar risico voor mogelijke bodembeweging.

De spanningsconditie in een *niet-gekarteerde breuk* zou kunnen veranderen wanneer er een verbinding ontstaat met de frack. De kans dat een niet-gekarteerde breuk door een frack gereactiveerd wordt is klein op basis van de volgende argumenten:

1. Breuken in Nederland zijn niet kritisch gespannen (van Eijs et al, 2004)²¹;
2. De kans op een open breuk in een slecht doorlatend gesteente is beperkt;
3. De vloeistofhoeveelheid is beperkt. Hierdoor is de omvang van een mogelijke spanningsverandering in de breuk en daarmee de omvang van een mogelijke beving beperkt;
4. De vloeistofdruk neemt sterk af met de afstand wanneer er lekkage plaatsvindt.

Deze argumentatie wordt bevestigd door de observatie dat er in Nederland geen enkele waargenomen beving gekoppeld kan worden aan frack activiteiten.

²¹ Van Eijs, R.M.H.E., Mulders, F.M.M., Nepveu, M., Kenter, C.J., Scheffers, B.C. (2006). Correlation between hydrocarbon reservoir properties and induced seismicity in the Netherlands. Eng. Geol. 84 (3–4), 99–111.