

21-10-2011

**Formulier aanvraag instemming wijziging winningsplan ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw)  
juncto artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)**

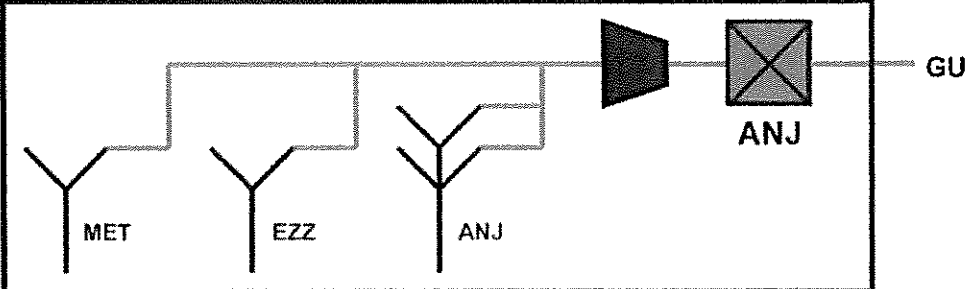
*Dit formulier dient ervoor om te zorgen dat de aanvraag om instemming voldoet aan de eisen die de Mijnbouwwet en Mijnbouwbesluit aan het opstellen van een winningsplan stelt. Indien de ruimte op het formulier te beperkt is dan kan worden verwezen naar een bijlage.*

**Indienen in 6-voud bij:  
Ministerie van Economische Zaken  
Directie Energieproductie  
Postbus 20101  
2500 EC DEN HAAG**

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
1) Mw 34 lid 1	<b>Verzoek om instemming voor wijziging winningsplan</b>  Anjum	<input type="checkbox"/> een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 3 zeemijlszone <input checked="" type="checkbox"/> een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 3 zeemijl  De wijziging van het vigerende winningsplan Anjum (goedgekeurd onder nr ME/EP/UM nr 4039800 d.d. 18 juni 2004) betreft voornamelijk een wijziging van het productieprofiel ten gevolge van het toepassen van 2 <sup>e</sup> stage compressie. Hierdoor wordt de productie verhoogd en kunnen de gasvelden langer in productie blijven. Tevens is de modellering ten behoeve van de bodemdalingprognose geactualiseerd. Omwille van de leesbaarheid zijn de wijzigingen geïntegreerd in de tekst van het vigerende winningsplan Anjum.
	<b>A) Algemene gegevens</b>	
	<b>A1.1) Naam indiener</b>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<b>A1.2) Adres</b>	Postbus 28000 9400 HH Assen
	<b>A1.3) Contactpersoon</b>	
	<b>A1.4) E-mail</b>	
	<b>A1.5) Fax Telefoon</b>	
Mw 22	<b>A1.6) Indiener</b>	<input checked="" type="checkbox"/> is houder van de vergunning <input type="checkbox"/> is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	<b>A2) Winningsvergunninggebied(en)</b>	<input type="checkbox"/> winningsvergunning(en) - Noord-Friesland (KB 17/2/1969)
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	<b>A2.1) Voorkomens koolwaterstoffen</b>	Anjum Ezumazijl Metslawier
Mb 24 lid 1a	<b>A2.2) Soort koolwaterstof die wordt gewonnen</b>	<input type="checkbox"/> olie <input checked="" type="checkbox"/> hoog calorisch gas <input type="checkbox"/> Groningen kwaliteit gas <input type="checkbox"/> laag calorisch gas <input type="checkbox"/> zwavelhoudend gas <input checked="" type="checkbox"/> condensaat  Uit alle voorkomens wordt hoogcalorisch gas gewonnen.
Mr 1 2 1 lid 3	<b>A3) Bestaande of nieuwe winning</b>	<input checked="" type="checkbox"/> winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) <input type="checkbox"/> winningsplan voor nieuwe winning
Mw 38	<b>A4) Samenloop vergunningen Wet milieubeheer</b>	<input checked="" type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> ja te weten:

21-10-2011

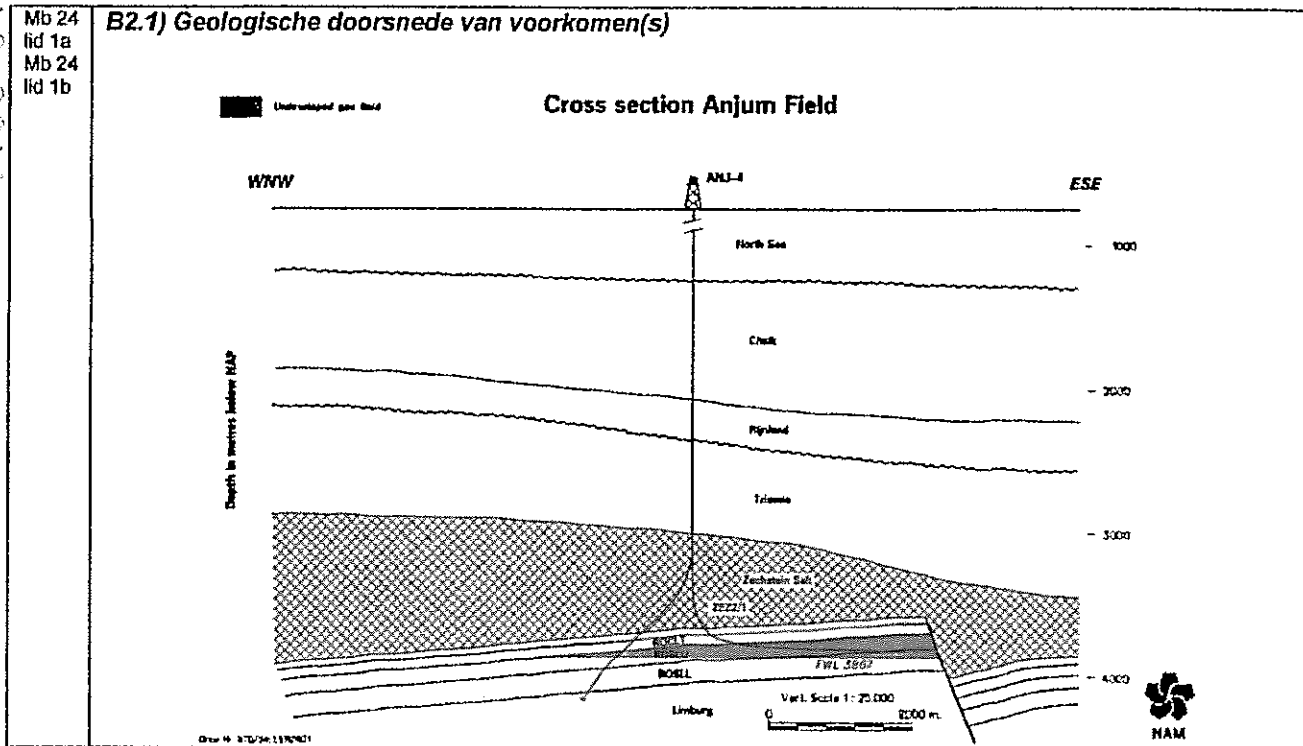
--	--	--

<b>B) Bedrijfs- en productiegegevens</b>	
Mw 35 lid 1	<p><b>B1) Beknopte beschrijving van het winningsplan</b></p> <p>Het Anjum systeem omvat de ondergrondse gasvelden (voorkomens) Anjum, Ezumazijl en Metslawier die worden geproduceerd door de locatie Anjum (ANJ). Op de locatie ANJ wordt het gas behandeld en op specificatie gebracht voor aflevering aan de GasTerra b.v. De voorkomens Anjum en Metslawier zijn sinds 1997 in productie, terwijl het voorkomen Ezumazijl in 1999 in productie is genomen. De verwachte einddatum van productie is in 2030 voor het Anjum voorkomen, 2025 voor het Metslawier voorkomen en 2018 voor het Ezumazijl voorkomen.</p> <p>De reden voor de actualisatie van dit winningsplan, is het voornemen voor de installatie van 2<sup>de</sup> traps compressie op de Anjum locatie hetgeen een levensduur verlenging inhoudt voor de voorkomens Ezumazijl en Metslawier.</p>
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	<p><b>B1.1) Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)</b></p> <p>De geproduceerde gasstromen uit de voorkomens Metslawier (MET), Ezumazijl (EZZ) en Anjum (ANJ) worden behandeld op de locatie ANJ. De gasstromen worden, voordat behandeling plaatsvindt, door een compressor geleid.</p>  <p>Op de locatie ANJ is een behandelcapaciteit van 10 mln m<sup>3</sup>/dag beschikbaar. Na behandeling wordt het gas ter plaatse afgeleverd aan de GasTerra b.v.</p>
Mb 24 lid 1a	<p><b>B2) Geologische beschrijving van voorkomen(s)</b></p> <p>Het gas is gevormd in de koollagen van het geologische tijdperk Carboon. Vervolgens is het gas gemigreerd naar bovenliggende zandsteenlagen in het Rotligend. Dit reservoir wordt afgesloten door het zout van de Zechstein formatie.</p>

21-10-2011

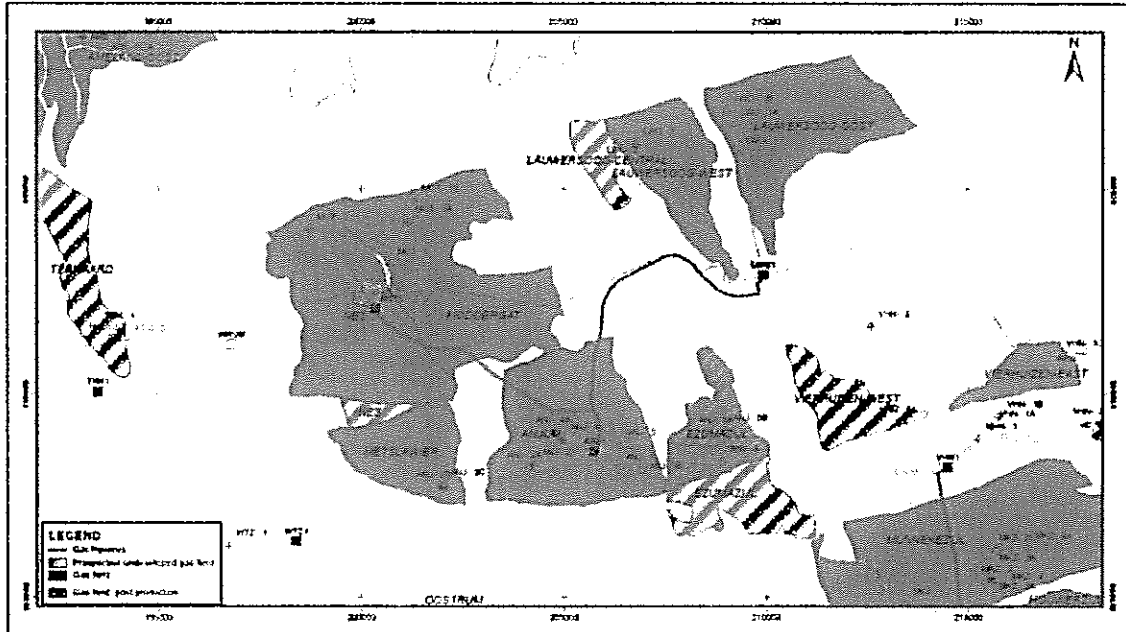
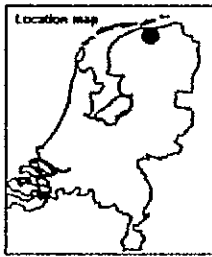
Mb 24  
lid 1a  
Mb 24  
lid 1b

### B2.1) Geologische doorsnede van voorkomen(s)




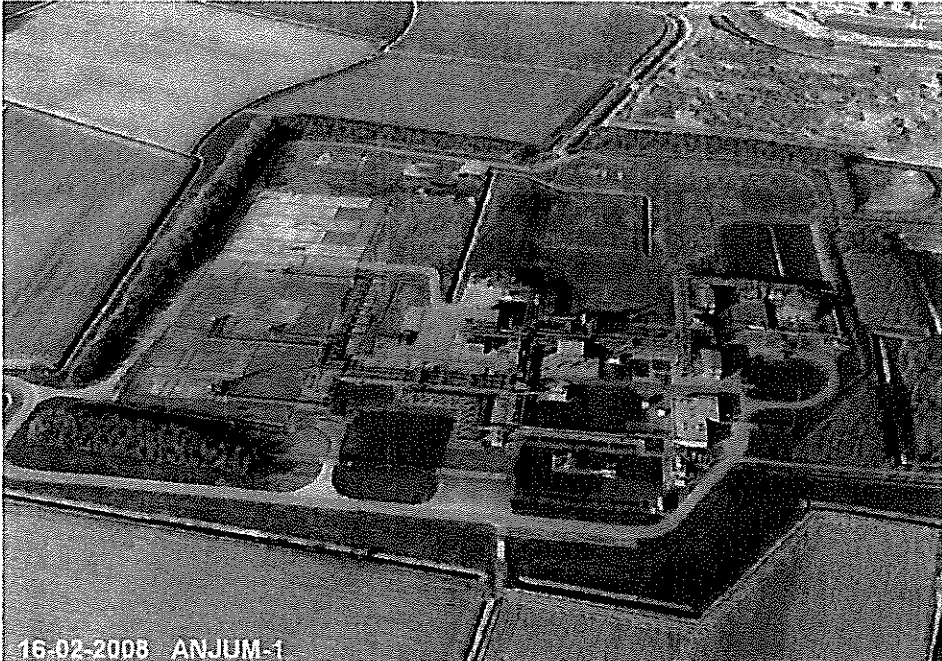
Mw  
35 lid  
1a  
Mb 24  
lid  
1d,e

**B3) Overzicht ligging voorkomens, gasputten**



In het navolgend overzicht is de bestaande locatie met de bijbehorende producerende putten aangegeven

Locatie ANJ	Producerende Putten	Gesuspendeerde Putten
voorkomen Anjum	2	0
voorkomen Ezumazijl	1	0
voorkomen Metslawier	1	0
voorkomen Ezumazijl	0	1

<p>Mb 24 lid 1d,e,g</p>	<p><b>B3.1) Situering mijnbouwwerken situatietekening / eventueel foto's)</b>                  De locatie ANJ is gelegen in de gemeente Dongeradeel (provincie Fryslân).</p>  <p>Productielocatie ANJ</p> 
<p>Mb 24 lid 1e,f</p>	<p><b>B4) Overzicht boringen in voorkomen(s)</b>                  Het is mogelijk, dat er in de toekomst nog één of meer boringen worden uitgevoerd.</p>

<p>Mb 24 lid 1g</p>	<p><b>B4.1) Schematische voorstelling putverbuizing(en)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ANJ-3 (voorkomen Ezumazijl)</b></p> <p style="text-align: center;">5" Completion string</p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">30" Conductor</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">~50 m AHORT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">18 5/8" Surface casing</td> <td style="text-align: right;">~1650 m AHORT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13 3/8" Intermediate casing</td> <td style="text-align: right;">~3650 m AHORT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">9 5/8" Production casing</td> <td style="text-align: right;">~4500 m AHORT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7" Intermediate liner</td> <td style="text-align: right;">~5025 m AHORT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4 1/2" Production liner</td> <td style="text-align: right;">~5500 m AHORT</td> </tr> </table>	30" Conductor	~50 m AHORT	18 5/8" Surface casing	~1650 m AHORT	13 3/8" Intermediate casing	~3650 m AHORT	9 5/8" Production casing	~4500 m AHORT	7" Intermediate liner	~5025 m AHORT	4 1/2" Production liner	~5500 m AHORT
30" Conductor	~50 m AHORT												
18 5/8" Surface casing	~1650 m AHORT												
13 3/8" Intermediate casing	~3650 m AHORT												
9 5/8" Production casing	~4500 m AHORT												
7" Intermediate liner	~5025 m AHORT												
4 1/2" Production liner	~5500 m AHORT												
<p>Mb 24 lid 1h</p>	<p><b>B4.2) Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden</b></p> <p>De putten zijn tussen 3850 en 4300 meter diep (TVD) en verbonden met de gashoudende Rotliegend formatie op een diepte van tussen de 3750 en 4050 meter (TVD).</p>												
<p>Mb 24 lid 2</p>	<p><b>B5) Productieontwikkelings strategie</b></p> <p>In totaal zijn er 5 putten vanaf de locatie ANJ geboord. ANJ-1 en ANJ-4 in het Anjum voorkomen, ANJ-2 in het Metslawier voorkomen en ANJ-3 en ANJ-5 in het Ezumazijl voorkomen. De in 2003 geboorde put ANJ-5 bleek niet in staat om gas te winnen en is verlaten in 2003.</p> <p>Daarnaast is in 2007 is de Moddergat satelliet aangesloten (ontwikkeling van de velden MGT en Nes) en in 2009 de Lauwersoog satelliet (ontwikkeling van de velden LWO-O, LWO-W en in de toekomst LWO-C).</p> <p>Qua toekomstige ontwikkelingen (niet meegenomen in de profielen in dit winningsplan) op de de Anjum lokatie wordt er momenteel gestudeerd op een extra put in het zuiden van Ezumazijl en ook naar een appraisal put in een faultblock tussen Metslawier en Anjum.</p> <p>Voor Anjum wordt een winbaar volume verwacht van 15.86 mrd Nm<sup>3</sup>. In combinatie met de GIIP die momenteel geschat wordt op 16.18 mrd Nm<sup>3</sup>, leidt dit tot een winningspercentage van 98%</p> <p>Voor Metslawier zijn deze getallen respectievelijk 5.32 mrd Nm<sup>3</sup> winbaar volume, 6.25 mrd Nm<sup>3</sup> GIIP and 85%.</p> <p>Voor Ezumazijl zijn de schattingen 0,8 mrd Nm<sup>3</sup> winbaar volume, 1,95 mrd Nm<sup>3</sup> oorspronkelijk aanwezig gas en een winningspercentage van 44%</p> <p>Het winningspercentage van Ezumazijl blijft achter ten opzichte van Anjum en Metslawier ten gevolge van de slechte reservoir kwaliteit (compartmentalisatie).</p>												

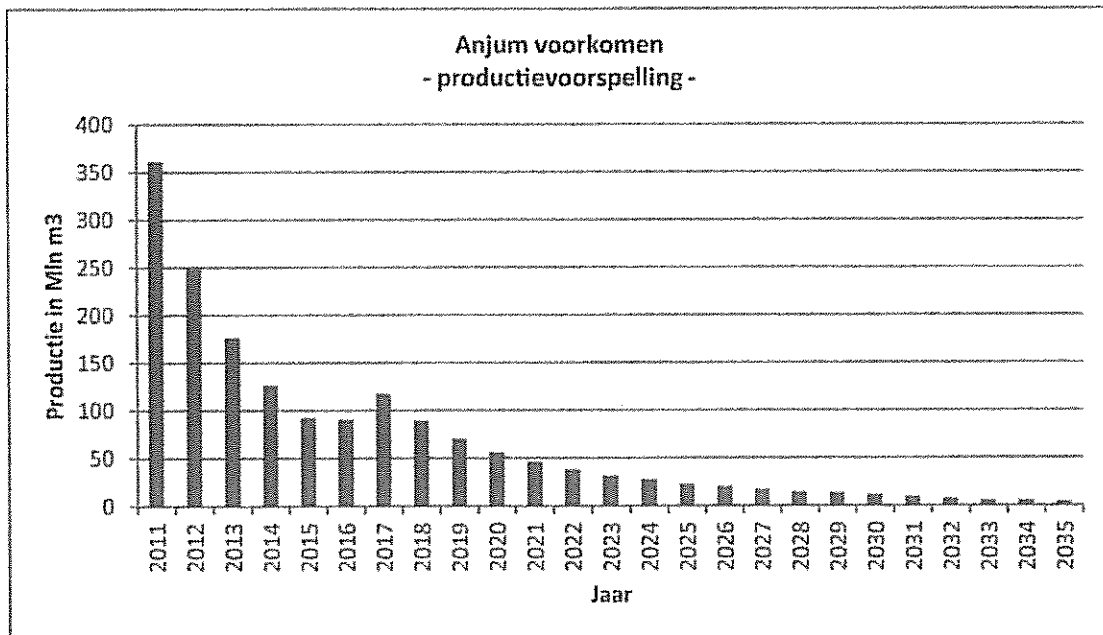


Mb 24 lid 2	<p><b>B5.1) Productie filosofie</b></p> <p>De bestaande voorkomens Anjum, Ezumazijl en Metslawier worden dusdanig geproduceerd dat er maximaal gebruik wordt gemaakt van de productiefaciliteiten op de locatie ANJ terwijl de afname van het productieniveau wordt afgeremd. De locatie ANJ wordt op basis van het URCO principe geproduceerd Dat wil zeggen dat de installaties continu in bedrijf zijn en op afstand worden bestuurd. Er vinden regelmatig bezoeken plaats door operators voor controle en onderhoud.</p>
Mb 24 lid 2	<p><b>B5.2) Reservoir management</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De voorkomens Anjum en Metslawier worden gedepleteerd met geen of zeer weinig aquifer support</li> <li>• Via regelmatige drukmetingen wordt de mate van de aquifer support en depletie bepaald om zo de productie / ontwikkelingsstrategie te optimaliseren</li> <li>• De waterproductie wordt regelmatig gecontroleerd.</li> <li>• In 2002 en 2010 zijn compressie-installaties (eerste en tweede trap) op de ANJ locatie aangebracht om de winningshoeveelheid te vergroten. Door het aansluiten van de voorkomens op aanvullende compressiefaciliteiten (derde trap) kunnen deze verder gedepleteerd worden om zo het uiteindelijke winningspercentage te maximaliseren.</li> </ul>

Mw  
35 lid  
1a,d  
Mb 24  
lid 1a

**B5.3) Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)**

De onderstaande productieprofielen omvatten de productie middels de aanwezige 2<sup>e</sup> traps compressiefaciliteiten op de locatie ANJ als ook de verwachte productieprofielen gegenereerd door installatie van 3<sup>e</sup> traps compressie.

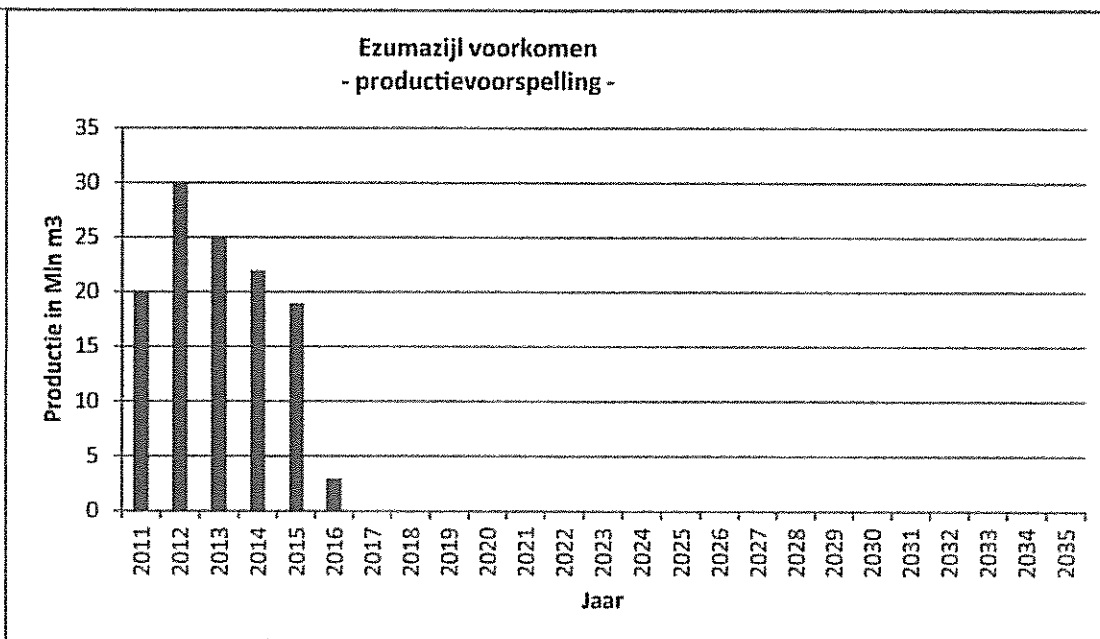


De huidige verwachting van de hoeveelheid nog te produceren gas vanaf 2011 is ~1720 mln Nm<sup>3</sup>.

Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm<sup>3</sup>.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Anjum	362	250	177	127	93	91	118	90	71	57

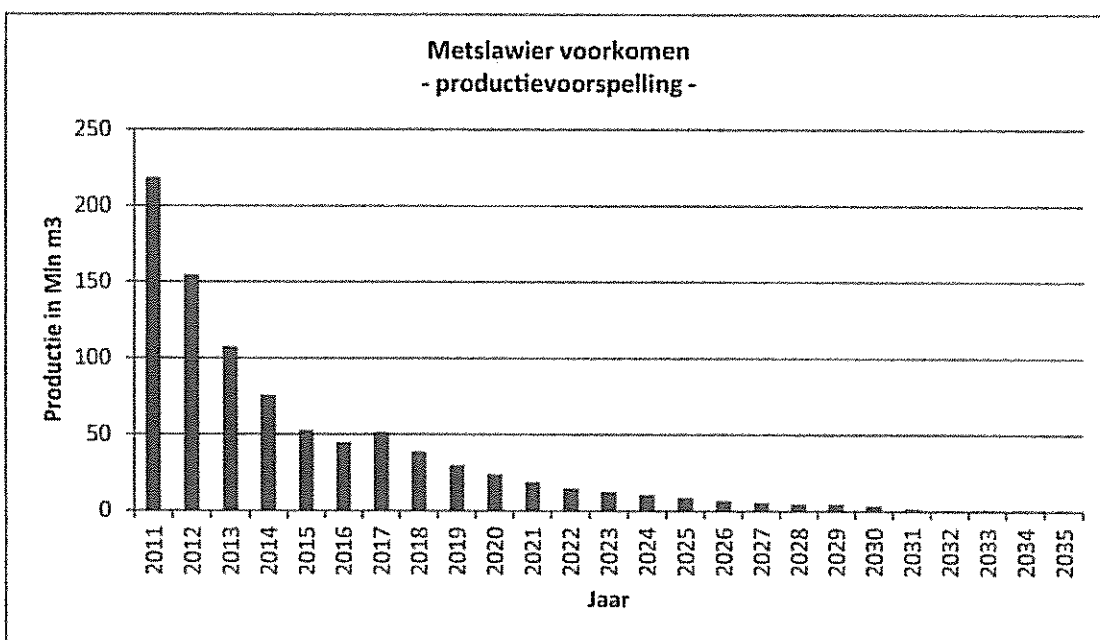
2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
47	39	32	28	23	21	18	15	14	12	10	8	6	6	5



De huidige verwachting van de hoeveelheid nog te produceren gas vanaf 2011 is ~119 mln Nm<sup>3</sup>.  
Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm<sup>3</sup>.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ezumazij	20	30	25	22	19	3	0	0	0	0

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



De huidige verwachting van de hoeveelheid nog te produceren gas vanaf 2011 is ~901 mln Nm<sup>3</sup>.  
Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm<sup>3</sup>.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Metslawier	219	155	108	76	53	45	52	39	30	24

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
19	15	13	11	9	7	6	5	5	4	2	1	1	1	1

	<p>De voorspellingen zijn gebaseerd op de meest recente informatie met betrekking tot het gedrag in de reservoirs.</p> <p>Afwijkingen van de voorspelling door onvoorziene omstandigheden van reservoir technische en/of economische aard zijn mogelijk zowel qua fasering als verwachte hoeveelheid productie. De totale hoeveelheid te produceren gas ligt binnen een onzekerheidsmarge van +/- 20 %.</p> <p>In de eindfase van de gasproductie kan de variatie in verwachte productie procentueel groter zijn zonder dat dit gevolgen heeft voor de bodemdalingprognose.</p>												
Mw 35 lid 1b	<p><b>B5.4) Duur van de winning (per voorkomen)</b></p> <p>De productie loopt volgens de huidige voorspellingen uiteindelijk af in 2030 voor het Anjum voorkomen, 2017 voor het Ezumazijl voorkomen 2025 voor het Metslawier voorkomen. De onzekerheidsmarge is groot. Tevens is het gedrag van de bestaande en mogelijke toekomstige putten bij de lage drukken die optreden wanneer het veld bijna leeg is, moeilijk te voorspellen.</p> <p>De winning zal worden beëindigd indien de totale kosten van de winning de opbrengsten van de winning zullen overtreffen dan wel zoveel eerder indien door onvoorziene technische, geologische, geofysische of andere oorzaak voortzetting van de winning niet plaats kan vinden.</p>												
Mb 24 lid 1l	<p><b>B6) Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd</b></p> <p>Met de gasproductie worden water en condensaat meegeproduceerd. De geproduceerde hoeveelheid water en condensaat is afhankelijk van de totale gasproductie. De hoeveelheid condensaat wordt gegeven door de Condensaat Gas Ratio (CGR) en het water door de Water Gas Ratio (WGR). Navolgend overzicht geeft de bijbehorende waarden van de CGR en de WGR per voorkomen:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>voorkomen</th> <th>CGR (m<sup>3</sup>/mln m<sup>3</sup> gas)</th> <th>WGR (m<sup>3</sup>/mln m<sup>3</sup> gas)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anjum</td> <td>13</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Ezumazijl</td> <td>7</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>Metslawier</td> <td>9</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table> <p>De waarden voor de WGR stijgen naarmate de druk van het reservoir afneemt.</p>	voorkomen	CGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)	WGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)	Anjum	13	15	Ezumazijl	7	27	Metslawier	9	16
voorkomen	CGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)	WGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)											
Anjum	13	15											
Ezumazijl	7	27											
Metslawier	9	16											
Mb 24 lid 1l	<p><b>B7) Jaarlijks eigengebruik bij winning</b></p> <p>Er wordt op de locatie ANJ 0.4 mln m<sup>3</sup> gas per jaar voor eigen gebruik aangewend.</p> <p>Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit het jaar 2005 t/m 2009 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.</p>												
Mb 24 lid 1j	<p><b>B8) Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen</b></p> <p>Er wordt op de locatie ANJ 0.05 mln m<sup>3</sup> gas per jaar afgeblazen dan wel afgefakkeld.</p> <p>Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit het jaar 2005 t/m 2009 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.</p>												
Mb 24 lid 1k	<p><b>B9) Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen</b></p> <p>Het vrijkomende productiewater wordt uiteindelijk via de injectieput Borgsweer geïnjecteerd in de diepe ondergrond.</p>												

	<p><b>C) Gegevens inzake bodembeweging als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.</b> (Alleen in te vullen voor winningsplannen voor voorkomens gelegen aan de landzijde van de 3 zeemijlszone).</p>
<p>Mw 35 lid 1f</p>	<p><b>C1) Aard van de bodembeweging</b>  <input checked="" type="checkbox"/> bodemdaling          Door de winning van koolwaterstoffen uit olie- en gasvoerende gesteentelagen zal de druk in de poriën van het gesteente verminderen waardoor compactie van de olie- en gasvoerende lagen optreedt. Dit manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van bodemdaling.  <input checked="" type="checkbox"/> bodemtrilling          Compactie van de olie- en gasvoerende lagen kan onderlinge beweging tussen gesteentelagen veroorzaken. Dit kan zich soms aan de oppervlakte manifesteren in de vorm van bodemtrillingen</p>
<p>Mb 24 lid 1m</p>	<p><b>C2) Bodemdalingcontour (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)</b></p> <p>Gebaseerd op beschikbare gegevens over de ondergrond en het productiescenario zoals beschreven in sectie B5.3 van dit winningsplan is een prognose voor de bodemdaling ten gevolge van gaswinning voor de in dit winningsplan beschreven voorkomens opgesteld.</p> <p>Geactualiseerde geologische en reservoir dynamische modellen liggen ten grondslag aan dit geomechanische model. De belangrijkste aanpassingen ten opzichte van het vigerende winningsplan Anjum 2004 zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• actualisering van het geologische en dynamische reservoir model van het gebied.</li> <li>• het inbrengen van een op diffusie gebaseerd compactiemechanisme voor het reservoir. Dit mechanisme wordt hieronder verder beschreven</li> <li>• het inbrengen van een kruip mechanisme in de steenzout laag boven het reservoir. Ook dit mechanisme wordt hieronder verder beschreven.</li> </ul> <p><b>Diffusie mechanisme in het reservoir</b> De resultaten van bodemdalingmetingen op Ameland en in de Waddenzee laten zien dat de bodemdaling in de beginfase van de productie een zekere vertraging heeft ten opzichte van de drukkaling in het veld. Aan het einde van de productie gebeurt het omgekeerde: de bodemdaling stopt niet direct bij beëindiging van de productie (o.a. Houtenbos, A.P.E.M. (2007) Subsidence and gas production: an empirical relation). Een mogelijke verklaring voor deze observatie is dat er een diffusie proces optreedt in het reservoir. De compactie bij gasproductie uit een reservoir wordt voornamelijk gestuurd door drie parameters: de dikte van het reservoir, de drukkaling in het reservoir en de compactiecoëfficiënt, welke een maat is voor de stijfheid van het reservoir. In eerste benadering, wanneer geen rekening wordt gehouden met het bovengenoemde diffusie gedrag, wordt voor compactie modellering de drukkaling gebruikt, zoals berekend met het dynamische reservoirmodel. Dit model gaat echter uit van een gemiddelde permeabiliteit en zowel de hoge als de lage waarden van de permeabiliteit worden daardoor niet goed gerepresenteerd. In werkelijkheid zal het gas langzamer toestromen uit die delen van het reservoir waar de permeabiliteit lager is. In deze delen zal, i.v.m. de hogere poriedruk, de waarde voor de stijfheid van het gesteente hoger zijn dan in de delen waar het gas wel is weggestroomd. Daardoor gedraagt het reservoir zich in de beginfase van de productie stijver. In de eindfase van de productie zal de drukkaling juist doorgaan in de delen met lage permeabiliteit. Dit veroorzaakt een doorgaande, maar afnemende, compactie terwijl het dynamische reservoirmodel geen (gemiddelde) drukkaling meer laat zien. In eerdere compactiemodellering werd een bi-lineair compactiemodel gebruikt. Dit model geeft een goede passing met de bodemdaling in de beginfase van de productie maar geeft geen goede passing met de langer doorgaande bodemdaling aan het einde van de productie (zoals waargenomen boven Ameland-Oost). Door toepassing van het diffusie mechanisme past zowel de beginfase als de eindfase. De diffusie komt uiteindelijk tot uitdrukking in de volumerek van het reservoirgesteente die, vervolgens, de bodemdaling veroorzaakt.</p> <p>De volumerek, <math>e_{II}</math>, op een punt, <math>x</math>, en tijdstip, <math>t</math>, in het reservoir kan dan worden beschreven door het product van de drukverandering, <math>\Delta p</math>, en de uniaxiale compactiecoëfficiënt, <math>c_m</math>, geconvolveerd in tijd, <math>*_t</math>, met een "time decay" functie: <math>\frac{1}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right]</math> met <math>t</math> in jaren en <math>\tau</math> de "time decay" constante.</p> $e_{II}(x, t) = \Delta p(x, t) c_m(x, t) *_t \frac{1}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right]$ <p>Op basis van de meest optimale kalibratie met de beschikbare bodemdalingmetingen in het gebied dat de gasvelden Anjum, Ezumazijl, Metslawier, Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen beslaat, volgt voor deze voorkomens een waarde van 5 jaar voor de "time decay" constante.</p>

De doorzetting van de bodemdaling, nadat de drukdaling nagenoeg gestopt is, zou ook veroorzaakt kunnen zijn door een "worst case" compactie scenario gebaseerd op "structural collapse" van het gesteente zoals waargenomen in kalksteen velden. Dit scenario is tot nu toe echter niet beschreven in de literatuur voor gecementeerde zandsteen reservoirs en is ook niet waargenomen in laboratoriumexperimenten op Rotliegend gesteente, die zijn uitgevoerd voor representatieve spanningspaden (o.a. Holt, 2011, Core damage corrected compaction modelling: Development and application of a method for determination of yield onset during compaction). Om deze redenen wordt de kans op een versnelling van de bodemdaling veroorzaakt door dit mechanisme als "laag" ingeschat. Dit neemt niet weg dat de NAM dit mechanisme in de komende jaren nader zal onderzoeken. In hetzelfde onderzoek zal ook aandacht worden besteed aan verdergaande en langdurige compactie door "kruip" in het reservoir gesteente. Een eerste aanwijzing voor de importantie van dit mechanisme volgt uit geodetische metingen boven het "Roswinkel" veld. InSAR metingen boven dit veld tonen aan dat de bodemdaling aanvankelijk doorging na beëindiging van de productie, maar dat deze inmiddels niet meer toeneemt.

#### **Zoutkruip**

Boven de gasvelden in Noord Nederland bevindt zich een dikke steenzoutlaag. Ditzelfde zout wordt gewonnen onder de bodem van Noord Friesland. Het is bekend dat steenzout onder differentiële belasting langzaam gaat stromen (of kruipen). "Breunese, J.N., van Eijs, R.M.H.E., de Meer, S., Kroon, I.C Observation and prediction of the relation between salt creep and land subsidence in solution mining. The Barradeel Case, 2003" beschrijft de relatie tussen de zoutwinning en de bodemdaling, evenals de snelheid en de vorm van dit vloeigedrag. Gegevens uit deze studie zijn gebruikt om ook het vloeigedrag van het steenzout onder de Waddenzeevelden te beschrijven.

De reksnelheid van het zout wordt, gegeven de druk en geïnduceerde differentiële spanningen, gedomineerd door oplossingskruip (Spiers et al., 1990; Experimental determination of constitutive parameters governing creep of rocksalt by pressure solution) en beschreven door de volgende formule:

$$\dot{\epsilon} \rightarrow A \left( \frac{\sigma}{\sigma_0} \right) \exp \left( \frac{-Q}{R \cdot T} \right)$$

waarbij de waarde van de activatie energie gedeeld door de gasconstante ( $Q/R$ ) gelijk is aan 3007 K. De waarde voor  $A$  ( $1.69E-09 \text{ s}^{-1}$ ) is voor het onderhavige gebied (Anjum, Ezumazijl, Metslawier, Nes, Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen) op basis van kalibratie bepaald. Ook hier geldt dat de door kalibratie gevonden waarde grotendeels wordt bepaald door het gedrag van Anjum, Ezumazijl en Metslawier.

Modellering met kalibratie, waarbij de gesteente parameters zijn gevarieerd binnen de bandbreedte van in laboratorium gemeten waarden of in literatuur gepubliceerde waarden heeft geleid tot een redelijke fit zoals getoond in figuur C4.

De voor de Anjum en Waddenzee velden gevonden waarden voor  $A$  en  $\tau$  zijn identiek aan de waarden die volgen uit kalibratie bij de Ameland velden.

#### **Prognose**

De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens, die zal worden bereikt ruim nadat de productie is beëindigd (2050) is minder dan 8 cm. De cumulatieve bodemdaling die nog zal worden veroorzaakt door de gasproductie uit de voorkomens Anjum, Ezumazijl en Metslawier wordt weergegeven figuur C1.

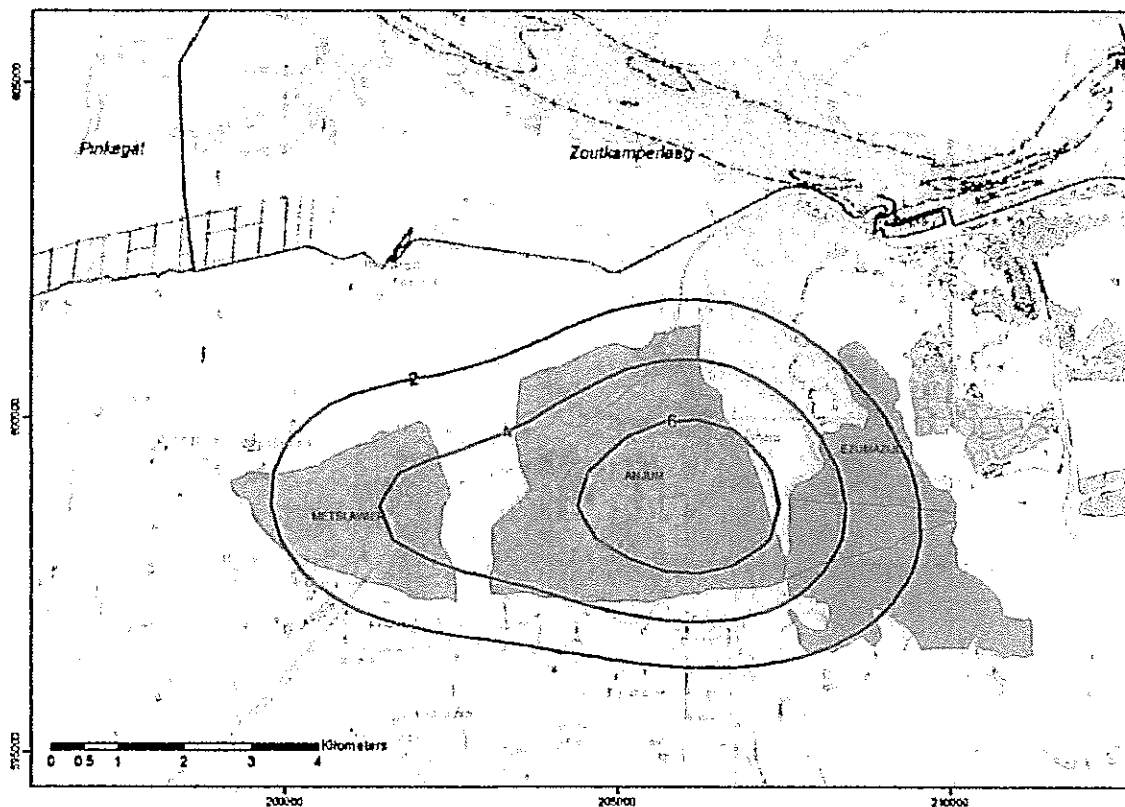


Fig. C1 Nog te verwachten (2011 – 2050) bodemdaling veroorzaakt door de gasproductie uit de voorkomens Anjum, Ezumazij en Metslawier (cm, contourinterval is 2 cm).

De toekomstige bodemdaling die nog zal worden veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Ezumazij bedraagt minder dan 2 cm. Aangezien een dergelijke 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 figuren getoond van de toekomstige bodemdaling van deze voorkomens.

De toekomstige bodemdaling die nog zal worden veroorzaakt door de gasproductie uit de voorkomens Anjum en Metslawier is weergegeven figuren C2 en C3.

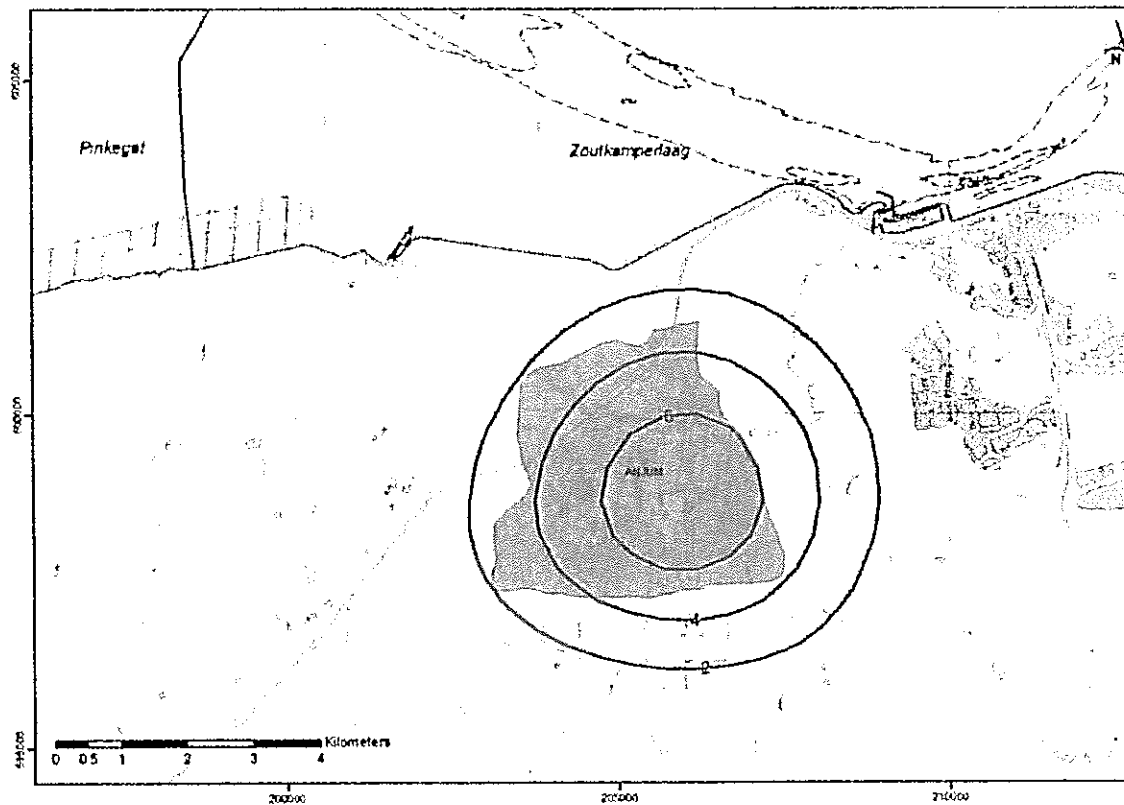


Fig C2 Nog te verwachten bodemdaling (2011 – 2050) veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Anjum (cm).

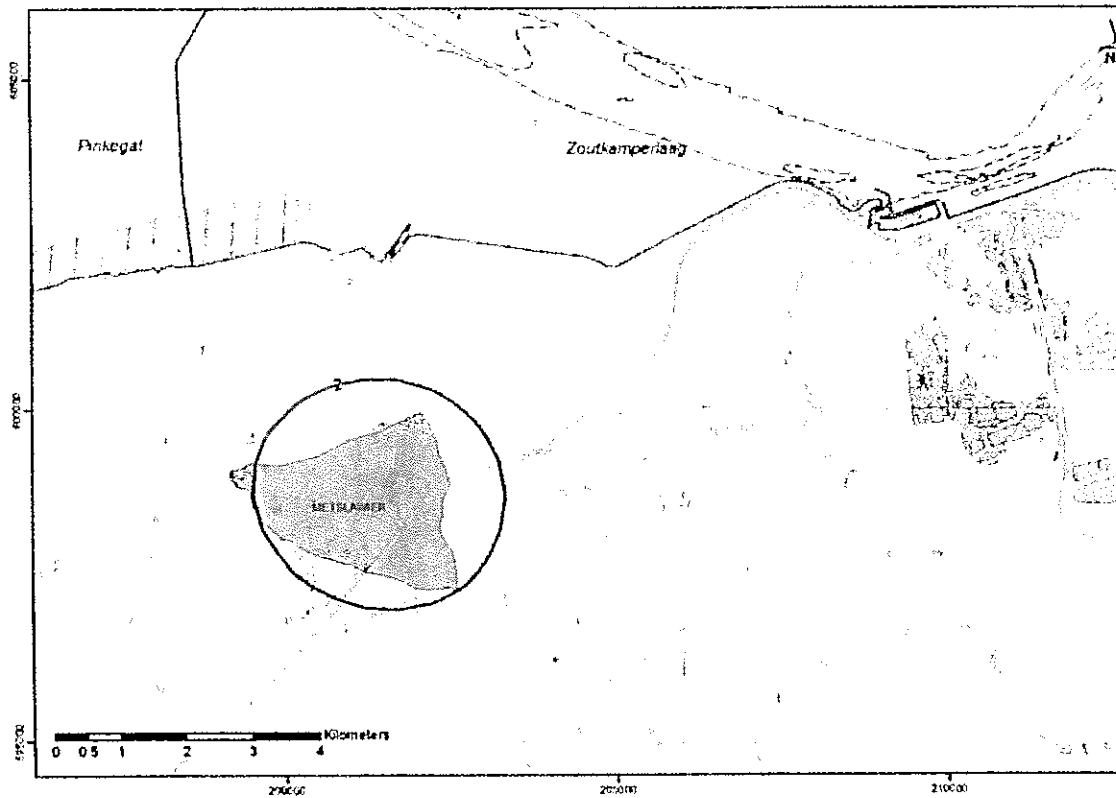


Fig. C3 Nog te verwachten bodemdaling (2011 – 2050) veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Metslawier (cm).



Enkele algemene kentallen van de in dit winningsplan beschreven voorkomens zijn samengevat in tabel C1. Deze (gemiddelde) kentallen reflecteren een zeer vereenvoudigd model van de voorkomens. Hierin worden de gasvoerende reservoirs beschreven door een elliptische cilinder met een halve lange as  $R_{max}$  en een halve korte as  $R_{min}$  en met als hoogte de depletierende dikte van het reservoir. In de berekeningen die ten grondslag liggen aan de in dit winningsplan gepresenteerde contourkaarten zijn vanzelfsprekend de werkelijke reservoir structuur en de invloed van de eventueel aanwezige aquifers meegenomen.

**Tabel C1.**

Enkele kentallen ter indicatie van de in dit winningsplan beschreven voorkomens.

	Anjum	Ezumazijl	Metslawier
Diepte veld [m]	3750	4000	3653
Dikte reservoir [m]	51	93	44
Initiële Druk [bar]	563	493	559
Druk in 2010 [bar]	81	443	96
Eind druk [bar]	10	371	8
$R_{max}$ [km]	1,8	1,7	1,6
$R_{min}$ [km]	1,7	1,2	1,0
$C_m$ [ $10^{-5} \text{ bar}^{-1}$ ]	0,89	0,69	0,98

Mb  
24  
lid  
1n  
Mb  
24  
lid  
1o

### C2.1) Verloop bodemdaling in tijd

In deze sectie wordt aandacht besteed aan de huidige status en het verwachte verloop in tijd van de bodemdaling ten gevolge van winning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens gecombineerd met de effecten van winning uit naburige gasvelden.

De meest recente uitgebreide bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2008 (Meetregister bij de meetplannen Noord Nederland, Groningen, en Waddenzee 2007, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Noord Nederland 2008, EP200903235982). In figuur C4 wordt de in 2008 de gemeten daling (sinds de nulmeting in 1997) weergegeven. Deze metingen geven aan dat de bodemdaling door de gaswinning in dit gebied minder dan 10 cm bedroeg.

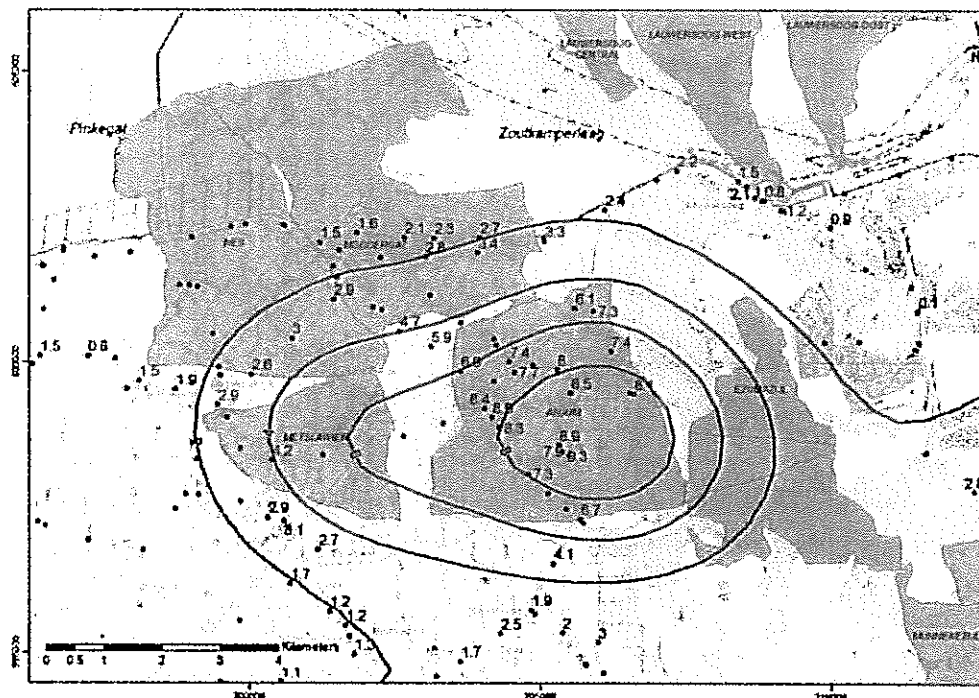


Fig. C4 In 2008 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1997 als gevolg van en gaswinning van alle voorkomens in dit gebied weergegeven op de peilmerken (zwarte cijfers) met de contouren van de gemodelleerde bodemdaling in cm. Het contourinterval van de gemodelleerde bodemdaling bedraagt 2 cm.

### Onzekerheid

Er is getracht om de hoeveelheid vrije parameters in de modellering te beperken. Daarom is een vaste relatie gebruikt voor de  $C_m$  als functie van de porositeit, die gebaseerd is op een polynoom regressie van de op kernmonsters gemeten  $C_m$  en porositeit. Tevens zijn de parameters voor beschrijving van zoutkruip en het diffusiegedrag in het reservoir constant gehouden in de verschillende scenario's. Kalibratie is uitgevoerd op de peilmerken die liggen boven de in dit winningsplan beschreven voorkomens en de Waddenzee voorkomens. De onzekerheid in de hoeveelheid bodemdaling wordt uitsluitend bepaald door de hoeveelheid depletie van de aquifers rondom de voorkomens Nes en Moddergat en de grootte van de gasvolumes. Deze onzekerheid is belangrijk voor het cumulatieve bodemdalingsvolume in de kombergingsgebieden.

In het lage scenario is er geen drukdaling in mogelijke watervoerende pakketten (immobiel water) en geldt een grote omvang voor de voorkomens. Tevens is de gemiddelde  $C_m$  in dit scenario in geringe mate verlaagd. Het basis scenario gaat ook uit van dezelfde situatie voor de aquifers maar met de meest waarschijnlijke (verwachtingswaarde) GIIP voor de voorkomens. Het hoge scenario gaat uit van drukdaling in de Nes en Moddergat aquifers (zie het winningsplan Moddergat) en de meest waarschijnlijke omvang van de voorkomens.

Voor de bepaling van de kwaliteit van de modelpassing met de metingen is gekozen voor een aantal criteria, waarvan het RMS criterium de belangrijkste is. Dit criterium is formeel beschreven in: Technische commissie bodembeweging, Tcbb (2009) "Van Meting naar Daling" Bodemdaling door delfstofwinning. De RMS waarde voor het basis scenario is 0,68. Een vergelijking van de modelwaarden met de gemeten waarden wordt weergegeven in Figuur C5.

De berekende bodemdaling is in dit figuur vergeleken met de gemodelleerde op alle peilmerken en alle metingen vanaf de nulmeting. De peilmerken die gebruikt zijn liggen boven de in dit winningsplan beschreven voorkomens en de Waddenzee voorkomens. Dit is gedaan omdat kalibratie voor de gezamenlijke voorkomens tegelijk is uitgevoerd. De onderscheidende effecten van de verschillende scenario's betreffen voornamelijk scenario's in GIIP en mate van de aquiferdepletie van de Nes en Moddergat voorkomens. De verschillen hierin zijn voor de velden Anjum, Metslawier en Ezumazijl gering daar de velden al lange tijd produceren. Figuur C5 geeft alleen de vergelijkingen weer voor het basis en lage scenario ( $C_m$  verlaagd). De vergelijking voor het hoge scenario geeft hetzelfde resultaat al het basis scenario voor de tijdsperiode waarin meting heeft plaatsgevonden.

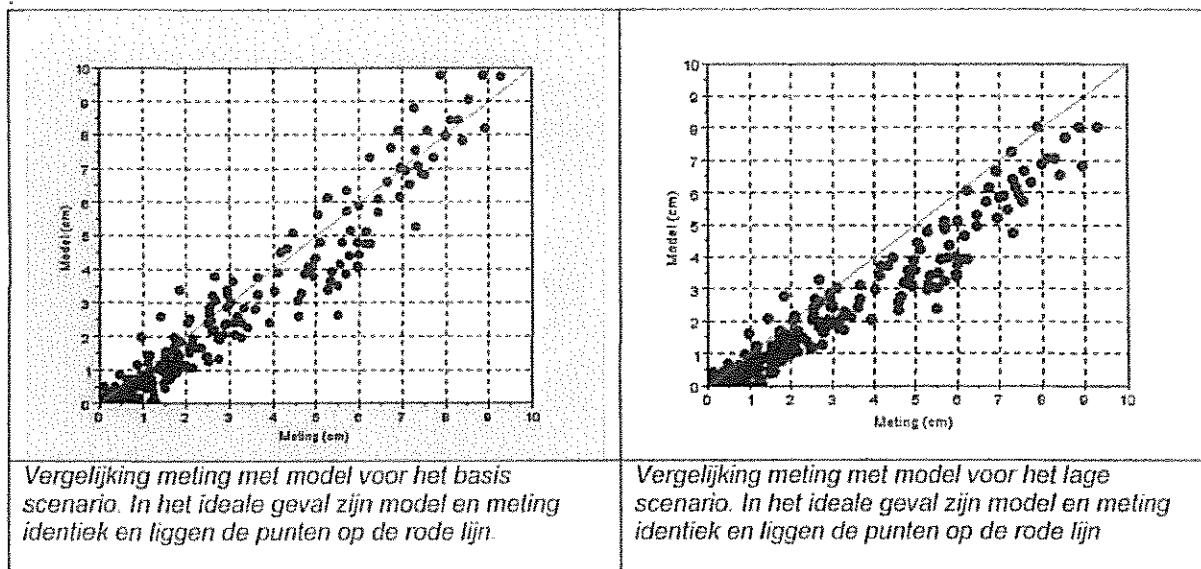


Fig. C5 Vergelijking meting met model voor het basis scenario en het lage scenario.

Winning uit de Anjum voorkomens en de invloed van deze winning op de bodemdaling wordt als referentie gebruikt voor de winning uit de Waddenzee voorkomens. Winning uit de Waddenzee voorkomens en de invloed van deze winning op de bodemdaling wordt jaarlijks beschreven in de meet- en regelcyclus rapportage. In de komende jaren zal aandacht worden besteed aan een betere kwantificering van bovengenoemde onzekerheid. Eventuele veranderingen met betrekking tot het geschatte onzekerheidsbereik dan wel de verwachte bodemdaling zullen worden opgenomen in de jaarlijkse rapportage. In deze rapportage wordt ook aandacht geschonken aan mogelijke mitigerende maatregelen om de gebruiksruijme in de kombergingsgebieden te sturen door aanpassing van het productieprofiel. De effectiviteit hiervan worden

uitgedrukt in de zgn "remweg". Deze remweg wordt bepaald voor de voorkomens onder de Waddenzee (zie winningsplan Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen). De Anjum voorkomens liggen te ver van de kombergingsgebieden om een significante invloed op de belasting van de kombergingsgebieden te kunnen uitoefenen.

Figuren C6 en C7 tonen de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning van de in dit winningsplan beschreven en naburige voorkomens in respectievelijk de jaren 2025 en voor de situatie ruim na afloop van de in de winningsplannen beschreven productieprofielen (2050). Eventuele ontwikkeling van nieuwe velden in de buurt van Anjum, Ezumazij, en Metslawier en / of incrementele productie door nieuwe putten en / of toepassen van compressie op bestaande velden in de buurt van deze voorkomens is niet meegenomen in de huidige prognose en kan leiden tot een ander beeld, wat kan leiden tot een update van het winningsplan.

Figuur C8 toont de gemeten en gemodelleerde bodemdaling (vanaf start productie tot 2040) op een peilmerk nabij het centrum van het Anjum veld.

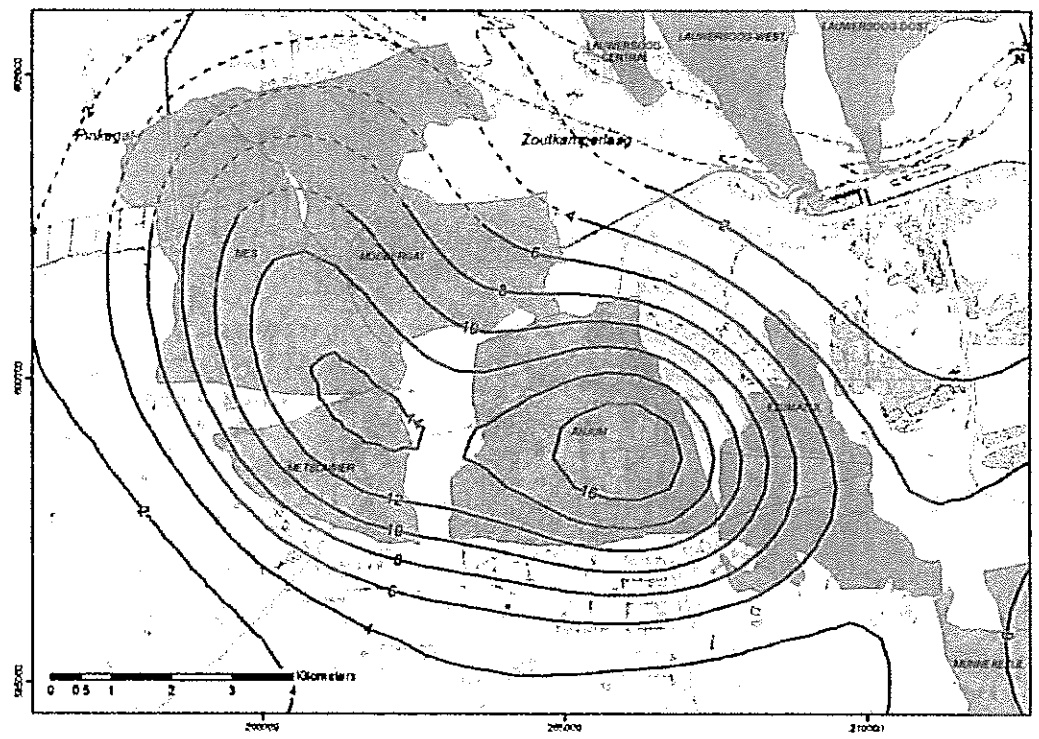


Fig. C6 Bodemdalingprognose voor 2025 van de totale bodemdaling door gaswinning voor de in dit winningsplan beschreven voorkomens in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

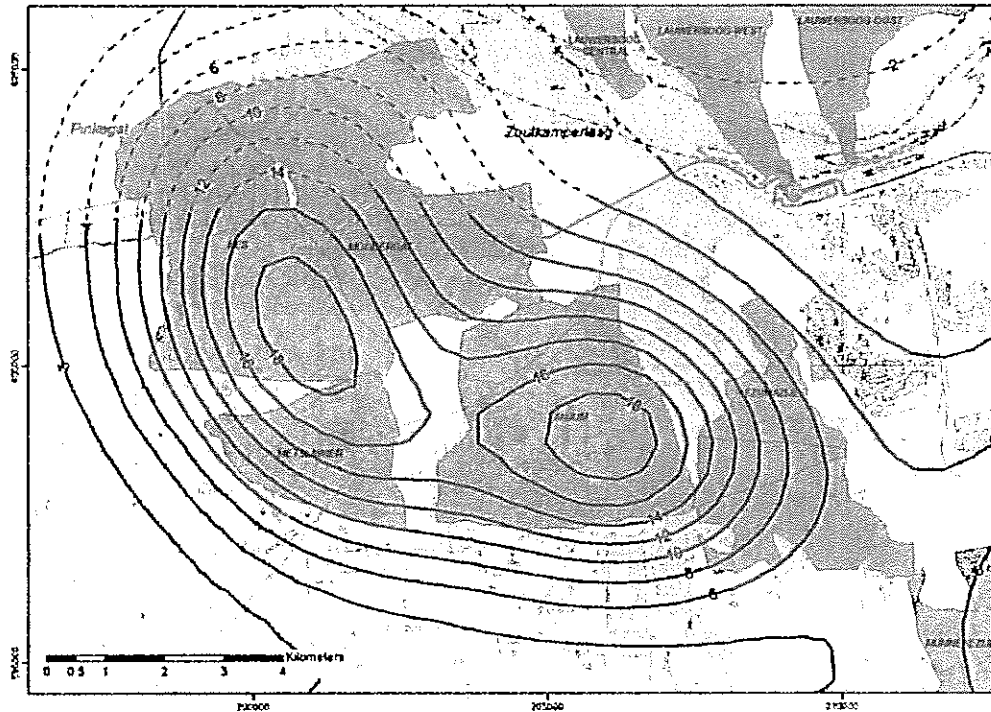


Fig. C7 Bodemdalingprognose voor 2050 van de totale bodemdaling door gaswinning voor de in dit winningsplan beschreven voorkomens in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

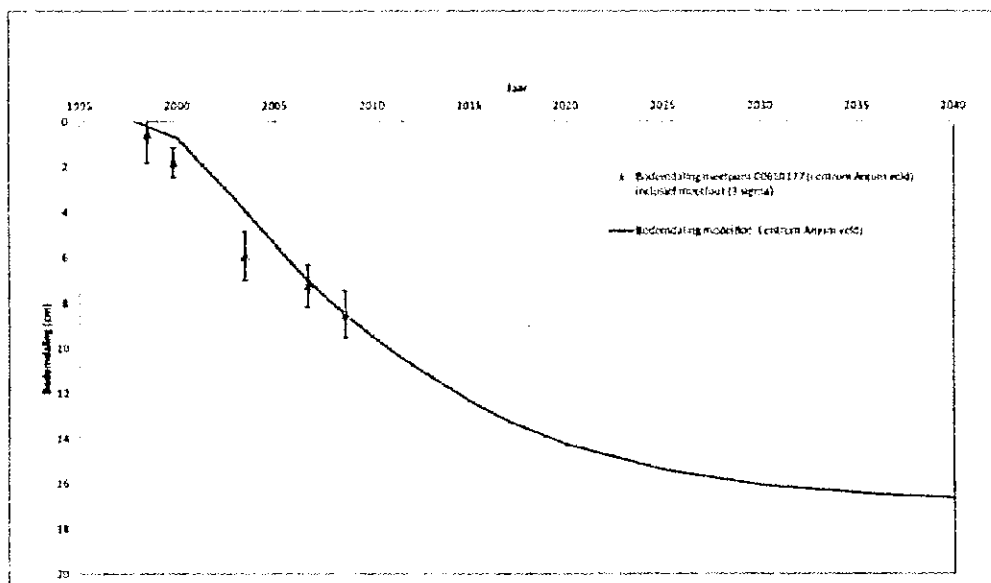


Fig. C8 Bodemdaling volgens model vergeleken met de gemeten daling op meetpunt 006E0177 nabij het centrum van het Anjum veld.

Mb  
24  
lid  
1p

### C3) Risicoanalyse bodemtrilling

De winning van aardolie en/of aardgas gaat in het algemeen gepaard met een daling van de druk in de ondergrond. Dit soort spanningsverandering kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor een lichte aardbeving plaatsvindt.

Sinds het begin van de jaren negentig hebben verschillende instanties, waaronder de overheid, kennisinstituten en mijnbouwmaatschappijen, zich gezamenlijk met deze problematiek bezig gehouden.

Bevindingen zijn o.a. gedocumenteerd in een aantal rapportages zoals "Eindrapport multidisciplinair onderzoek naar de relatie tussen Gaswinning en Aardbevingen in Noord-Nederland; Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen, 1993", "De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte ondiepe aardbevingen in Nederland; TNO Bouw, 1998" en "Seismisch risico in Noord-Nederland; de Crook et al., KNMI, 1998" en "Kalibratiestudie schade door aardbevingen" TNO-034-DTM-2009-04435 (2009).

Momenteel zijn bovengenoemde instanties verenigd in het Technisch Platform Aardbevingen (TPA). Hiermee is alle aanwezige kennis op het gebied van aardtrillingen gebundeld en kan deze optimaal worden ingezet met gebruikmaking van de meest actuele stand der techniek.

In respons op het in het Mijnbouwbesluit gestelde met betrekking tot het uitvoeren van een risico-analyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van winning van olie of gas zijn onder begeleiding van het TPA een aantal studies uitgevoerd, waarvan de bevindingen zijn gedocumenteerd in de volgende rapporten: "Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen; Wassing et al., TNO-NITG rapporten 03-185-C (2003), 03-186-C (2004), 04-233-C (2004)", "Seismic hazard due to small shallow induced earthquakes; van Eck et al., KNMI 2004" en "Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiteit; van Eijs et al., TNO-NITG rapport 04-171-C, 2004". Tevens is in dit kader een samenvattend rapport uitgebracht waarin de resultaten van bovengenoemde studies zijn geïntegreerd (Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen. Integratie van deelstudies; NITG 04-244-B / KNMI-publicatie 208, 2004).

In Nederland is/wordt uit ruim 100 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven een beperkt aantal velden (ca. 20%) zijn bevingen geregistreerd. In het kader van de Seismisch Risico Analyse zijn de velden opgedeeld in drie categorieën:

- A. Groningen, Bergermeer en Roswinkel, waar magnitudes 3,0 en hoger zijn opgetreden.
- B. Andere velden waar lichte aardbevingen met magnitudes kleiner dan 3,0 zijn opgetreden.
- C. Velden waar geen aardbevingen zijn geregistreerd.

Boven geologisch vergelijkbare velden in de directe omgeving van het in dit winningsplan beschreven voorkomen is tijdens de gasproductie, waarbij voor sommige voorkomens reeds meer dan 80% van de winbare hoeveelheid gas is geproduceerd, geen enkele beving geregistreerd. Om deze reden valt dit winningsplan dus in categorie C.

Door het KNMI is aangegeven dat voor dergelijke velden met de huidige wetenschappelijke kennis nog geen algemeen seismisch 'hazard' model opgesteld kan worden, dat een betrouwbare seismisch risico analyse mogelijk zou maken. Om het op basis van velden in de categorieën A en B opgestelde algemene hazard model te verfijnen en een gekwantificeerde schatting te kunnen geven van de kans op een geïnduceerde beving voor velden in categorie C, is op initiatief en onder begeleiding van het TPA door TNO-NITG een studie uitgevoerd naar de fysische en geologische parameters die de gevoeligheid van olie/gasvelden voor het optreden van aardbevingen bepalen. Hierbij zijn veel gegevens gebruikt die via de winningsplannen beschikbaar zijn gekomen. Een van de conclusies van deze studie is, dat er twee meetbare parameters aan te wijzen zijn die aantoonbaar gerelateerd kunnen worden aan de kans op het optreden van geïnduceerde bevingen. De eerste parameter (E) is de verhouding tussen de Young's moduli van de overburden en het reservoir. De tweede parameter (B) is de breukdichtheid. Uitgaande van deze parameters is in de onderstaande tabel een overzicht gegeven van de kans (met onzekerheid) dat er in de toekomst tijdens gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens lichte aardbevingen geïnduceerd zullen worden (zie ook appendix B van rapport TNO-NITG 04-171-C).

Voorkomen	E	B	Kans op geïnduceerde bevingen
Anjum	1,28	1,21	10% (± 10%)
Ezumazijl	1,28	1,99	10% (+ 10%)
Metslawier	1,28	1,59	10% (± 10%)

Het KNMI heeft geconcludeerd [Van Eck et al. 2004] dat eventuele door gaswinning geïnduceerde lichte aardbevingen niet zwaarder zullen zijn dan magnitude 3,9 op de schaal van Richter. Al in 1998 is voor Noord-Nederland ook door het KNMI beschreven (de Crook et al., 1998) dat de maximaal te verwachten intensiteit bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving ongeveer VI-VII op de Europese Macroseismische Schaal is. Dat betekent (kwalitatief) dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan veel gebouwen en matige schade aan enkele gebouwen. Dit is in overeenstemming met de praktijkervaring bij voorkomens in de categorieën A en B en met de resultaten van de eerder genoemde seismische hazard studie van TNO-NITG (Wassing et al., 2004). Meer over de aard en omvang van mogelijk te verwachten schade is beschreven in sectie C4.

In onderdeel C6 worden de schadebeperkende maatregelen en condities voor eventuele vergoedingen in geval van schade uiteengezet.

	<p>Met de voortzetting van de gaswinning en mogelijk verder onderzoek dat in het kader van het TPA zal worden verricht, zullen steeds meer gegevens over de eigenschappen van het voorkomen en de mate van seismiteit worden verkregen. Deze informatie zal aanleiding kunnen geven de risicoanalyse op onderdelen te herzien dan wel op enig onderdeel nader onderzoek uit te voeren.</p> <p>Zoals beschreven in het meetplan Noord Nederland, vindt in het gebied boven het in dit winningsplan beschreven voorkomen continu monitoring van eventuele aardbevingen plaats. Deze monitoring wordt uitgevoerd door KNMI met behulp van een daartoe aangelegd netwerk van seismische registratie apparatuur.</p>
<p>Mb 24 lid 1q</p>	<p><b>C4) Omvang en aard van de schade</b></p> <p><b>C4.1 Algemeen</b></p> <p>Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die veroorzaakt een hellend vlak in het maaiveld, waarvan de gradiënt zeer gering is. Zoals in figuur C1 is aangegeven, bedraagt de te verwachten bodemdaling door gaswinning uit het in dit winningsplan beschreven voorkomen minder dan 8 centimeter.</p> <p>Voor de verwachting van aard en omvang van mogelijke schade door geïnduceerde lichte aardbevingen wordt gebruik gemaakt van de verschillende rapporten genoemd in onderdeel C3.</p> <p><b>C4.2 Schade aan openbare infrastructuur door bodembeweging</b></p> <p>Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft, wordt geen directe schade aan infrastructuur verwacht. Niet uitgesloten is echter dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Voor zover dat beheer onvermijdelijk te maken meerkosten met zich meebrengt die, in overeenstemming met het gestelde in onderdeel C6, voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. In sommige gevallen loopt dat via een hiertoe ingestelde commissie. In andere gevallen kunnen afspraken worden gemaakt in bilateraal verband. Verder onderzoek is uitgevoerd naar de mogelijke schade door aardbevingen aan buisleidingen (Deltares(2010) Schade aan buisleiding door aardbeving). Hierin wordt onder andere geconcludeerd dat het aantal verwachte schades door geïnduceerde aardbevingen klein zal zijn.</p> <p><b>C4.3 Schade aan bouwwerken door bodembeweging</b></p> <p>Omdat bodemdaling door gaswinning een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft en de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is, wordt geen directe schade aan bebouwing verwacht. 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".</p> <p>De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat de lichte aardbevingen ten gevolge van gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan, zoals in de praktijk is gebleken en in de seismisch risico analyse (sectie C3) is beschreven, de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet volledig worden uitgesloten. Het KNMI heeft berekend dat dergelijke lichte aardbevingen niet zwaarder zullen zijn dan magnitude 3,9 op de schaal van Richter (van Eck, 2004) en dat in het ernstigste geval matige schade aan enkele gebouwen kan optreden (de Crook, 1998).</p> <p>Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG (Wassing et al., 2004), waaruit tevens blijkt dat de omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden, ruwweg beperkt blijft tot een cirkel met een straal van 7 km rond het epicentrum van de beving. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken, is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied uiteraard sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing en de staat van onderhoud. Deze afhankelijkheid wordt verder onderzocht en beschreven in het TNO rapport TNO-034-DTM-2009-04435. Ook de samenstelling van de ondiepe ondergrond kan daarbij een rol spelen, zoals in kaart gebracht door TNO-NITG.</p> <p>Indien schade is opgetreden dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden.</p> <p><b>C4.4 Schade aan natuur en milieu door bodemdaling</b></p> <p>De nog te verwachten bodemdaling 2011-2050 is weergegeven in figuur C1 en bedraagt minder dan 8 cm. De bodemdalingsschotel in het gebied rond Anjum omvat gebieden met een sterk verschillende ecologie. De</p>

	<p>westzijde bestaat voornamelijk uit agrarisch gebied (weide en akkers), aan de oostzijde ligt het Nationaal Park Lauwersmeer (drassig gebied met plassenareaal).</p> <p>De bodemdalingeffecten zullen per deelgebied worden beschreven.</p> <p><b>Gebieden met een voornamelijk agrarisch gebruik / binnendijks:</b> De belangrijkste theoretische gevolgen van bodemdaling voor natuur en milieu die binnendijks kunnen worden onderscheiden, zijn:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stijging waterpeil in dalingsgebied bij gelijkblijvend peil t.o.v. NAP       <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verhoging t.o.v. het maaiveld (vernatting agrarisch/natuurgebied, uitbreiding/inkrimping oeverzone; verandering overstroomingsregime oevers)</li> <li>- Afname kerende hoogte oevers/kaden/dijken.</li> <li>- Afname drempelhoogte waterinlaten, stuwen, duikers, riool overstorten.</li> </ul> </li> <li>2) Verdroging in de randgebieden (verhoogde afstroming)</li> <li>3) Wijzigingen in de waterafvoer (stroomsnelheden, -richting, afvoer/lozingsfrequentie, -duur en -methode).</li> </ol> <p>Zonder aanvullende maatregelen (wijziging peilbeheer) zal een vernatting tot een grondwaterstand van 120 cm beneden maaiveld positief uitvallen (vermindering droogte-schade, betere omstandigheden voor weidevogels). Bij een vernatting waarbij de grondwaterstand stijgt boven 120 cm beneden maaiveld kan sprake zijn van agrarisch productieverlies.</p> <p>Tot een bodemdaling van 10 cm zijn in principe geen tegenmaatregelen noodzakelijk. Bij een dalingsniveau dat uitstijgt boven 10 cm kunnen maatregelen die de waterhuishouding willen normaliseren of reguleren of andere maatregelen van waterstaatkundige aard op zich weer gevolgen meebrengen die ecologisch niet zonder betekenis zijn. Hiermee kan bij de beoordeling van de te treffen maatregelen rekening worden gehouden.</p> <p><b>Nationaal Park Lauwersmeer</b> De waterhuishouding van het Lauwersmeer wordt geregeld door vrije lozing: het lozen van het waterbezwaar onder vrij verval door het openen van (spui)sluizen. Voor het waterkwantiteitsbeheer is bodemdaling niet ongunstig bovendien wordt door bodemdaling het bergend vermogen vergroot. Vrije lozingen worden vooral beïnvloed door een rijzende zeespiegel en verandering van het stormklimaat. In 1995 is daarom een onderzoek uitgevoerd naar de effecten van bodemdaling in het Lauwersmeer (Heidemij Advies, rapport 679/BA95/A082/10995). Het belangrijkste effect van bodemdaling op de waterhuishouding en het ecosysteem is de lokaal grotere kans op inundatie (gedurende langere tijd en in een hogere frequentie). Bij een destijds aangenomen bodemdaling van 5 tot 12 cm is het effect op de natuurwaarden in algemene termen beoordeeld als neutraal tot gunstig terwijl een bodemdaling van 20 cm of meer als ongunstig wordt aangemerkt.</p>
Mb 24 lid 1r	<p><b>C5) Maatregelen om bodembeweging te voorkomen / te beperken</b></p> <p>Gezien de te verwachten geringe effecten door bodembeweging als gevolg van de gasproductie en omdat het hierbij gaat om productie met behulp van al bestaande faciliteiten uit al producerende voorkomens worden in verband hiermee in het bestaande productieproces zelf geen maatregelen voorzien.</p>
Mb 24 lid 1s	<p><b>C6) Maatregelen die gevolgen van schade door bodembeweging beperken of voorkomen</b></p> <p>Teneinde schade door bodembeweging te beperken of te voorkomen wordt de winning uitgevoerd overeenkomstig de in het winningsplan aangegeven productieprofielen, vindt meting van de bodembeweging plaats volgens een goedgekeurd meetplan en zijn er diverse regelingen opgesteld zoals hieronder beschreven.</p> <p>Omdat gaswinning een geleidelijke en gelijkmatige bodemdaling zal veroorzaken, wordt geen schade aan bouwwerken verwacht. Indien als gevolg van bodemdaling door gaswinning de waterhuishouding of andere waterstaatkundige werken in betekenende mate worden beïnvloed dan zullen, in overleg met de beheerders of onderhoudsplichtigen van die werken, de maatregelen of voorzieningen kunnen worden getroffen ter beperking of voorkoming van hieruit voortvloeiende schade of gevaar. Als met het nemen van maatregelen niet alle door gaswinning veroorzaakte schade afdoende kan worden voorkomen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden.</p> <p>Voor mogelijke schade veroorzaakt door aardbevingen die worden veroorzaakt door gaswinning geldt een zelfde verplichting. De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat de lichte aardbevingen ten gevolge van gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan, zoals in de praktijk is gebleken en in sectie C3 is beschreven, de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet volledig worden uitgesloten. Er is een schaderegeling opgesteld voor schade veroorzaakt door aardbevingen als gevolg van gaswinning. Deze regeling is beschreven in de folder "Gaswinning en Lichte Aardbevingen", een gezamenlijke uitgave van de</p>

NAM en de provincies Groningen en Drenthe in samenwerking met het KNMI, TNO-NITG en het voormalige Ministerie van Economische Zaken (Nu ministerie van EL&I).

Ter additionele bescherming en ter verzekering van het belang van gelaedeerden is een hoofdstuk "waarborgfonds mijnbouwschade" in de Mijnbouwwet opgenomen en rust daarenboven op de exploitant van een mijnbouwwerk een risico aansprakelijkheid voor schade die ontstaat door beweging van de bodem als gevolg van de exploitatie van dat werk.

Schade door bodemdaling binnen het gebied van de winningsvergunningen Noord-Friesland en Groningen worden behandeld door respectievelijk de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân (zie <http://www.bodemdalingfryslan.nl/>) en de Commissie bodemdaling door aardgaswinning Groningen.

<b>Ondertekening</b>	Datum: 30/09/2011
Naam:	Plaats: Assen
Functie:	

<b>Bijlagen</b> Omschrijving	niet van toepassing
---------------------------------	---------------------






Behoort bij aanvraag om instemming winningsplan Anjum

	<p><b>D) Bedrijfs- en productiegegevens</b>  <i>(conform het bepaalde in artikel 10 lid 1 sub c van de Wet openbaarheid van bestuur wordt deze informatie vertrouwelijk medegedeeld en niet ter inzage gelegd of openbaar gemaakt.)</i></p>
<p>Mb 24 lid 1a,b Mr 1.2.1 lid 3</p>	<p><b>D1) Beschrijving omvang, structuur en samenstelling van koolwaterstoffen</b>  <input type="checkbox"/> geologische studie zie ARPR bijlage 1 t/m 3.</p>
<p>Mw 35 lid 1e Mb 24 lid 1f</p>	<p><b>D2) Investerings:</b>                  In 2010 is een tweede traps compressie geïnstalleerd. Mogelijk zullen in de toekomst modificaties in de compressie faciliteiten aangebracht worden (3<sup>e</sup> traps compressie).</p>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Anjum systeem - Investeringsuitgaven -</b></p> </div>
	<p>In onderdeel B5 zijn de ten hoogste haalbare streefgetallen gegeven voor het percentage gas dat wordt gewonnen ten opzichte van de oorspronkelijke hoeveelheid aanwezig gas in het desbetreffende voorkomen. De haalbaarheid daarvan zal mede worden bepaald door in de toekomst te nemen investeringsbeslissingen en te treffen maatregelen. Bij het nemen van die beslissingen zullen de stand van de techniek en ontwikkelingen in het energiebeleid een rol spelen. Economische en marktconforme verwachtingspatronen en omstandigheden zullen bij het nemen van die beslissingen evenwel doorslaggevend zijn. Om die redenen zijn hiervoor alleen de goedgekeurde investeringen in dit schema opgenomen.</p>

<p>Mw 35 lid 1e Mb 24 lid 1f</p>	<p><b>D2.1) Bedrijfsvoeringskosten/jaar:</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 20px; text-align: center;"> <p><b>Anjum</b> - Operationele kosten -</p> </div>
<p><b>Ondertekening</b></p> <p>Naam:</p> <p>Functie:</p>	<p>Datum: 30/09/2011</p> <p>Plaats: Assen</p>

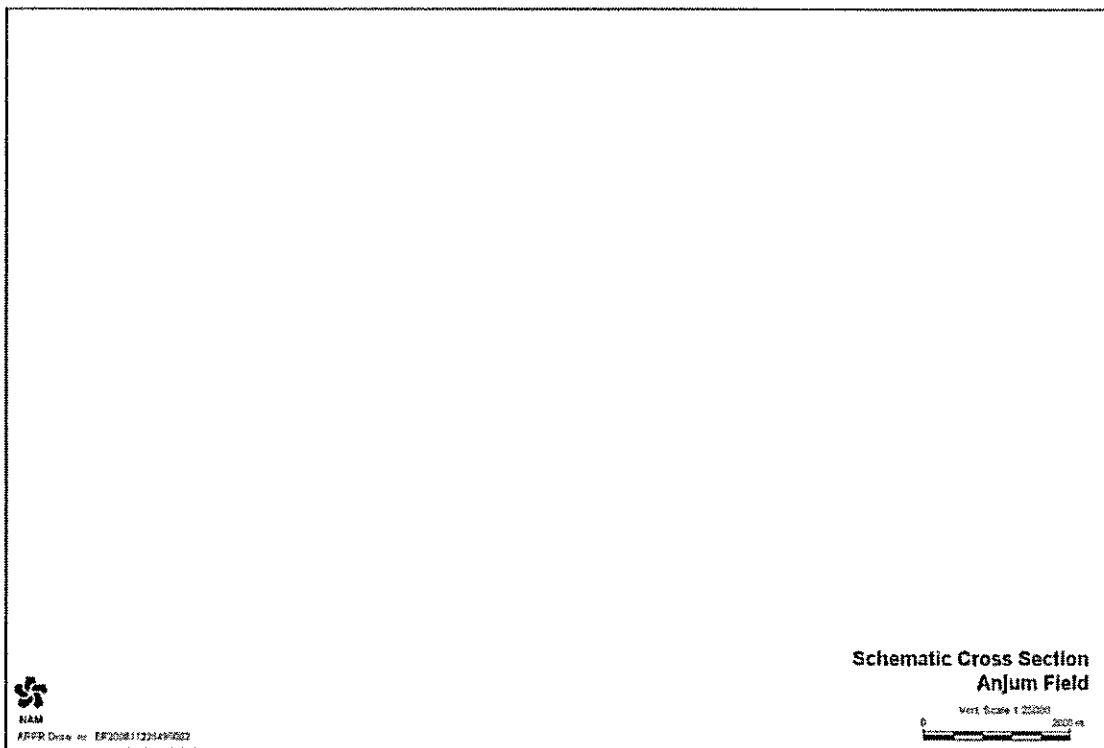
<p><b>Bijlagen</b> Omschrijving</p>	<p>Bijlage 1: ARPR 2011 Anjum Bijlage 2: ARPR 2011 Ezumazijl Bijlage 3: ARPR 2011 Metslawier</p>
---	--

1)  
Mw= Mijnbouwwet  
Mb= Mijnbouwbesluit  
Mr= Mijnbouwregeling

<b>LEGEND</b>	1 Km 			
 Developed gasfield	All depths in metres below NAP Coordinate Proj. RD Contour Interval : 28 m			
 NAM	<b>Top Upper Slochteren Depth Contour Map Anjum (ROSLU)</b>			
Scale 1 : 50000				
NEDERLANDSE AARDOLIE M.I.J. B.V.	Project: ARPR	Author: EPE-T-D	Date: Feb. 2007	EP260811226495001

HEDS Reservoir Group : ANJ-RO Group in Field : ANJUM (ANJ) Reservoirs in Group : ANJ-RO Concessions for Group : NOORD-FRIESLAND Discovered by : ANJ-1 Discovered in Year : 1992 Year of First Production : 1997 Active Gas Producers * : 2 Active Oil Producers * : Active Gas Injectors * : Active Water Injectors * :
<small>* Number of Active Wells are for the year 2010</small>
<p><b>INTRODUCTION</b></p> <p>The Anjum field is located in the central onshore part of the Noord Friesland Concession (Lauwerszee Trough, NE-Netherlands). It was discovered in 1992 by ANJ-1. In 1996-97 ANJ-4 was drilled as a horizontal production well. Both wells were drilled from the Anjum location and are producing to the on-site Anjum facilities. The field is fully covered by a Pre-SDM 3D seismic dataset.</p>
<p><b>STATIC RESERVOIR MODEL</b></p>
<p><b>DYNAMIC RESERVOIR MODEL</b></p>

<b>SCOPE FOR RECOVERY</b>
<b>UNCERTAINTIES</b>





Asset Land

ANJUM Field  
( ANJ- 1 )

1 Km

All depths in metres below NAP  
Coordinate Proj. RD  
Contour Interval . 25 m

 HAM	<b>Top Upper Slochteren Depth Contour Map</b>		
	<b>Ezumazijl (ROSLU)</b>		
Scale 1 : 50000			
NEDERLANDSE AARDOLIE MIJ. B.V.	Project: ARPR	Author: ELK-DVC	Date: Feb. 2007
EP20081123463001			

<table border="1"><tr><td>HRV MS Reservoir Group</td><td>EZZ RD</td></tr><tr><td>Group in Field</td><td>EZUMAZIJL (EZZ)</td></tr><tr><td>Reservoirs in Group</td><td>EZZ-RONLU</td></tr><tr><td>Concessions for Group</td><td>NOORD-FRIESLAND</td></tr><tr><td>Discovered by</td><td>ANJUM-3</td></tr><tr><td>Discovered in Year</td><td>1998</td></tr><tr><td>Year of First Production</td><td>1999</td></tr><tr><td>Active Gas Producers *</td><td>1</td></tr><tr><td>Active Oil Producers *</td><td></td></tr><tr><td>Active Gas Injectors *</td><td></td></tr><tr><td>Active Water Injectors *</td><td></td></tr></table> <p style="text-align: center;">* Number of Active Wells per the year: 2010</p>	HRV MS Reservoir Group	EZZ RD	Group in Field	EZUMAZIJL (EZZ)	Reservoirs in Group	EZZ-RONLU	Concessions for Group	NOORD-FRIESLAND	Discovered by	ANJUM-3	Discovered in Year	1998	Year of First Production	1999	Active Gas Producers *	1	Active Oil Producers *		Active Gas Injectors *		Active Water Injectors *	
HRV MS Reservoir Group	EZZ RD																					
Group in Field	EZUMAZIJL (EZZ)																					
Reservoirs in Group	EZZ-RONLU																					
Concessions for Group	NOORD-FRIESLAND																					
Discovered by	ANJUM-3																					
Discovered in Year	1998																					
Year of First Production	1999																					
Active Gas Producers *	1																					
Active Oil Producers *																						
Active Gas Injectors *																						
Active Water Injectors *																						
<p><b>INTRODUCTION</b></p> <p>The Ezumazijl field, located in the Noord Friesland concession, forms part of the deepest graben trend in the Lauwerszee Trough. It was discovered by ANJ-3 in 1998. Ezumazijl was brought on-stream in February 1999, with ANJ-3 hooked-up to the on-site Anjum facilities. The field is fully covered by a 3D Pre-SDM seismic dataset</p>																						
<p><b>STATIC RESERVOIR MODEL</b></p>																						
<p><b>DYNAMIC RESERVOIR MODEL</b></p>																						



**SCOPE FOR RECOVERY**

**UNCERTAINTIES**



Asset Land

**EZUMAZIJL Field**  
( ANJ- 3 )

 <b>NAM</b>	<b>Metslawier Field</b> <b>Top Upper Slochteren Sandstone</b> <b>(ROSLU)</b>				
	Nederlandse Aardolie Mij BV	Project ARPR	Author: Land Asset	Date: Mar 2008	Draw No: EP200703212350001

IPR-142 Reservoir Group: <b>MET-RO</b> Occip: is in Field: <b>METSLAWIER (MET)</b> References in Group: <b>MET-ROBL</b> Concessions: for Group: <b>NOORD-FRIEGLAND</b> Discovered by: <b>ANJUM-2</b> Discovered in Year: <b>1994</b> Year of First Production: <b>1997</b> Active Gas Producers: <b>1</b> Active Oil Producers: <b>1</b> Active Gas Injectors: <b>1</b> Active Water Injectors: <b>1</b>
--

\* Number of Active Wells are for the year 2010

**INTRODUCTION**

The Metslawier field is located in the central onshore part of the Noord Friesland Concession (Lauwerszee Trough, NE-Netherlands), adjacent to the Hantum fault zone. It was discovered in 1994 by ANJ-2, drilled from the Anjum surface location into a crestal position. The field is fully covered by a 3D Pre-SDM seismic dataset. The field started producing in 1997.

**STATIC RESERVOIR MODEL**

**DYNAMIC RESERVOIR MODEL**

<b>SCOPE FOR RECOVERY</b>
<b>UNCERTAINTIES</b>

WSW - ENE Cross section of the Metslawler & South Field



Asset Land

METSLAWIER Field  
( ANJ- 2C )