

**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 1)</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om wijziging instemming voor winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	<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 Deze aanvraag betreft een wijziging van het vigerende winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen goedgekeurd onder nr ET/EM/6047343 d.d. 26 juni 2006. Deze wijziging betreft hoofdzakelijk aanpassing van productie profielen en aanpassing van de bodemdaling prognoses op basis van geactualiseerde modellering. Daarnaast is er rekening gehouden met de nieuwe prognose voor de relatieve zeespiegelstijging. De wijzigingen passen binnen het Hand Aan de Kraan principe waarbij de natuurgrens niet zal worden overschreden. Tenslotte wordt er opgemerkt dat omwille van de leesbaarheid, de wijzigingen integraal zijn opgenomen in de tekst van het vigerende winningsplan 2005.
	A) Algemene gegevens	
	A1.1) Naam indiener	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	A1.2) Adres	Postbus 28000 9400 HH Assen
	A1.3) Contactpersoon	
	A1.4) E-mail	
	A1.5) Fax Telefoon	----- -----
Mw 22	A1.6) Indiener	<input checked="" type="checkbox"/> is houder van de vergunning <input type="checkbox"/> is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	A2) Winningsvergunninggebied(en)	<input type="checkbox"/> winningsvergunning(en) - Noord-Friesland (KB 17/2/1969) - Groningen (KB 30/5/1963) - De Marne (KB 5/9/1994)
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	A2.1) Voorkomens koolwaterstoffen	Nes, Moddergat, Lauwersoog-C, Lauwersoog-Oost, Lauwersoog-West, Vierhuizen-Oost
Mb 24 lid 1a	A2.2) Soort koolwaterstof die wordt gewonnen	<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 type="checkbox"/> condensaat Uit alle voorkomens wordt hoogcalorisch gas gewonnen.
Mr 1.2.1 lid 3	A3) Bestaande of nieuwe winning	<input checked="" type="checkbox"/> winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) <input type="checkbox"/> winningsplan voor nieuwe winning
Mw 38	A4) Samenloop vergunningen Wet	<input checked="" type="checkbox"/> nee

21-10-2011

	<i>milieubeheer</i>	<input type="checkbox"/> ja: te weten: Locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen
--	---------------------	---

B) Bedrijfs- en productiegegevens

Mw 35 lid 1

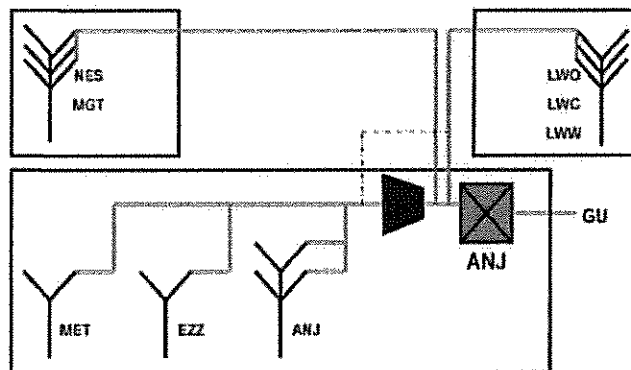
B1) Beknopte beschrijving van het winningsplan

Het geproduceerde gas van de satellieten Moddergat en Lauwersoog wordt op de locatie Anjum (ANJ) behandeld en op specificatie gebracht voor aflevering aan de Gasunie Trade & Supply B.V. Het geproduceerde gas van de satelliet Vierhuizen wordt op de locatie Grijskerk (GRK) behandeld en op specificatie gebracht voor aflevering aan de Gasunie Trade & Supply B.V.

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

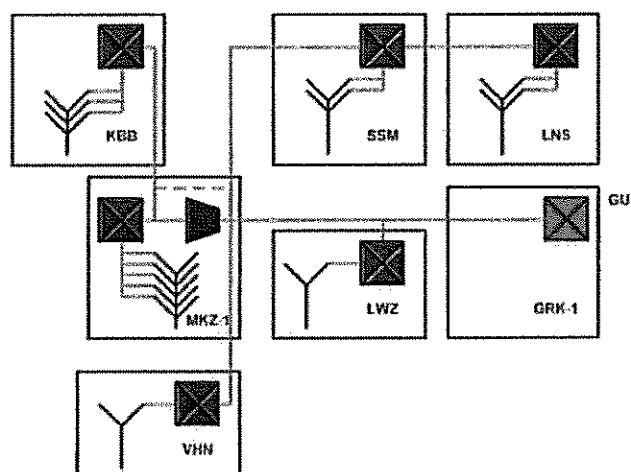
B1.1) Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)

De gasstromen uit de voorkomens Moddergat (MGT), Nes (NES), Lauwersoog-Oost (LWO), Lauwersoog-West (LWW) en Lauwersoog-C (LWC) zijn aangesloten op de bestaande Anjum behandlingsinstallatie (ANJ), waar reeds de geproduceerde gasstromen uit de voorkomens Metslawier (MET), Ezumazijl (EZZ) en Anjum (ANJ) na compressie worden behandeld. Na enige jaren zullen ook de gasstromen uit MGT, NES en de Lauwersoog voorkomens via de compressor worden geleid.



Op de locatie ANJ is een behandelcapaciteit van 10 mln m³/dag beschikbaar.

De gasstroom uit het voorkomen Vierhuizen-Oost (VHN) is aangesloten op de bestaande Grijskerk behandlingsinstallatie (GRK), waar de geproduceerde gasstromen uit de voorkomens van de satellietlocaties Leens (LNS), Saaksum (SSM), Krabburen (KBB), Munnekezijl (MKZ) en Lauwerzijl (LWZ) samenkomen en worden behandeld tezamen met de gasstromen uit het GRK west and zuid systeem.



Op de locatie GRK zijn twee behandelingsunits beschikbaar, GDF-1 en GDF-2 met een capaciteit van respectievelijk 6 mln m³/dag en 10.0 m³/dag. Na behandeling wordt het gas ter plaatse afgeleverd aan Gasunie Trade & Supply B.V.

Mb 24
lid 1a

B2) Geologische beschrijving van voorkomen(s)

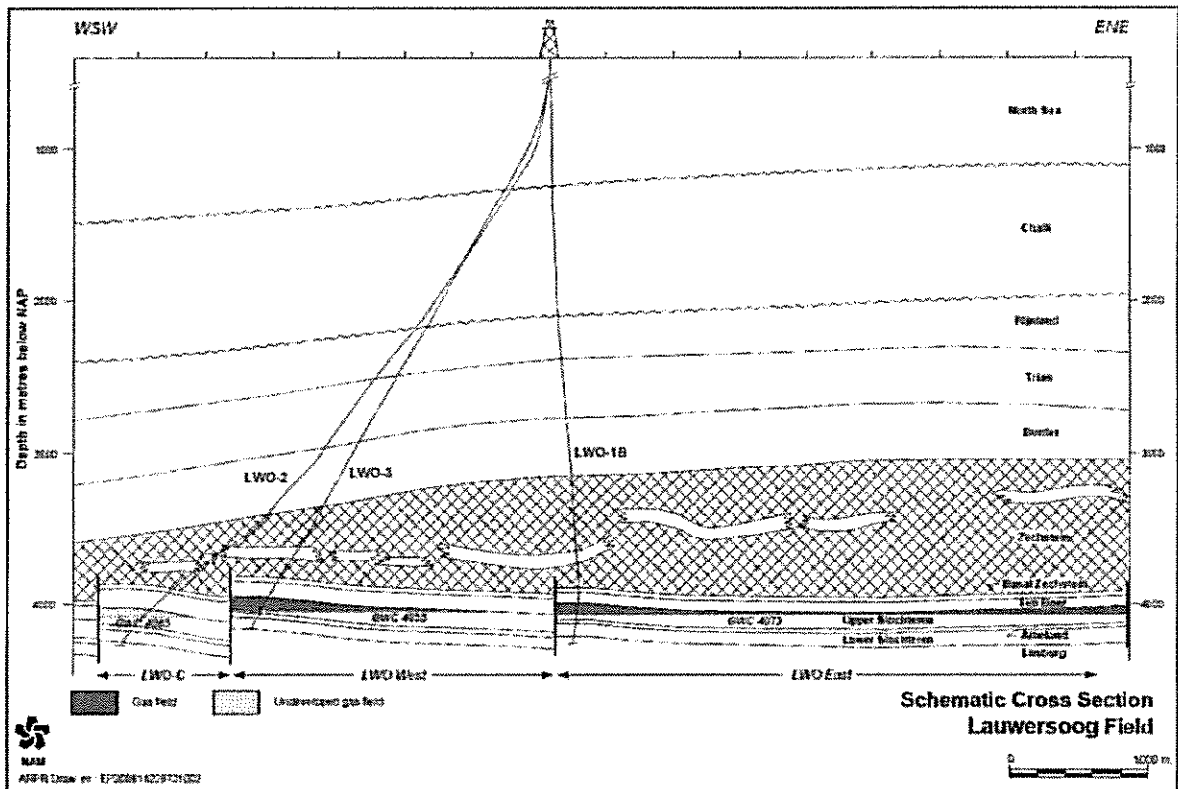
Het Rotliegend reservoir uit het Perm tijdperk is afgezet in het Southern Permian Basin. Reservoir dikte en kwaliteit variëren afhankelijk van de positie in dit Basin. In het Waddenzee gebied zijn de dikte en kwaliteit min of meer constant. De top van het reservoir wordt gevormd door zand- en kleisteen (Ten Boer). Daaronder bevinden zich de zanden van de Upper Slochteren (circa 105 m dik). Een tweede zand- en kleisteen laag bevindt zich hieronder (Ameland shale, zo'n 40 m dik), met daar weer onder de zanden van de Lower Slochteren (circa 90 m dik).

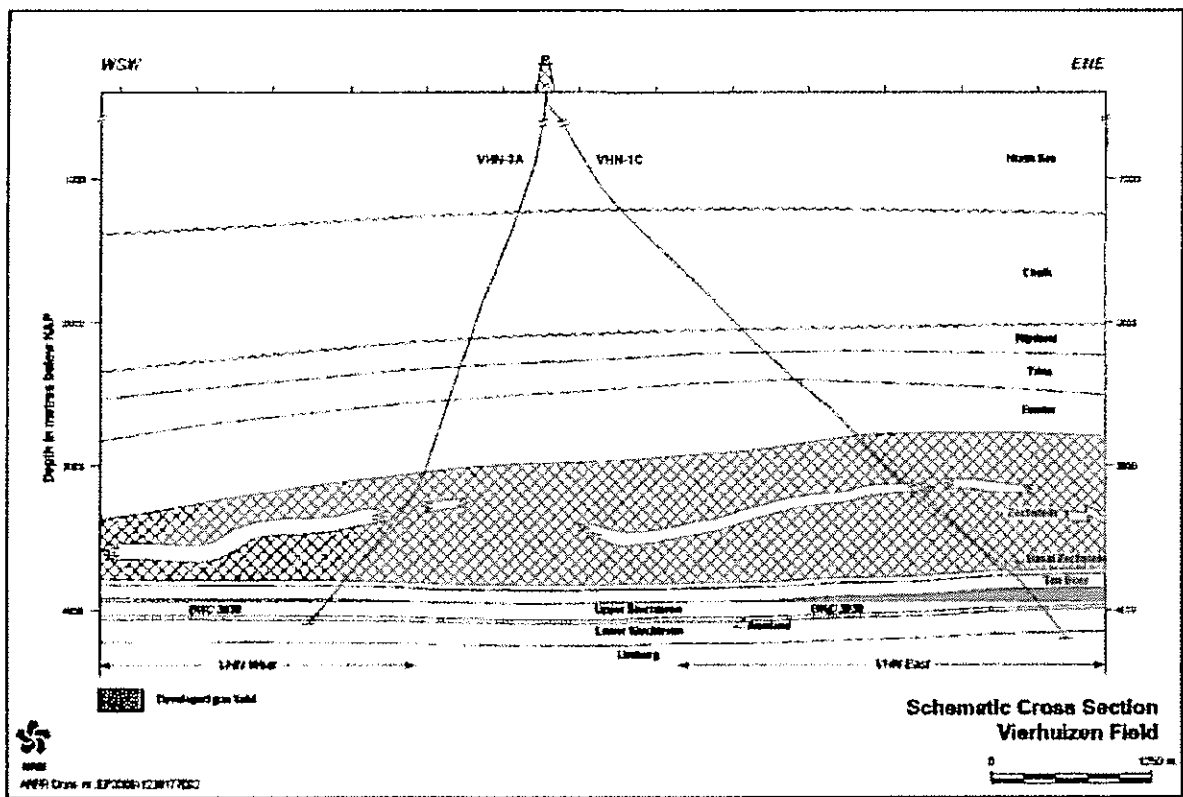
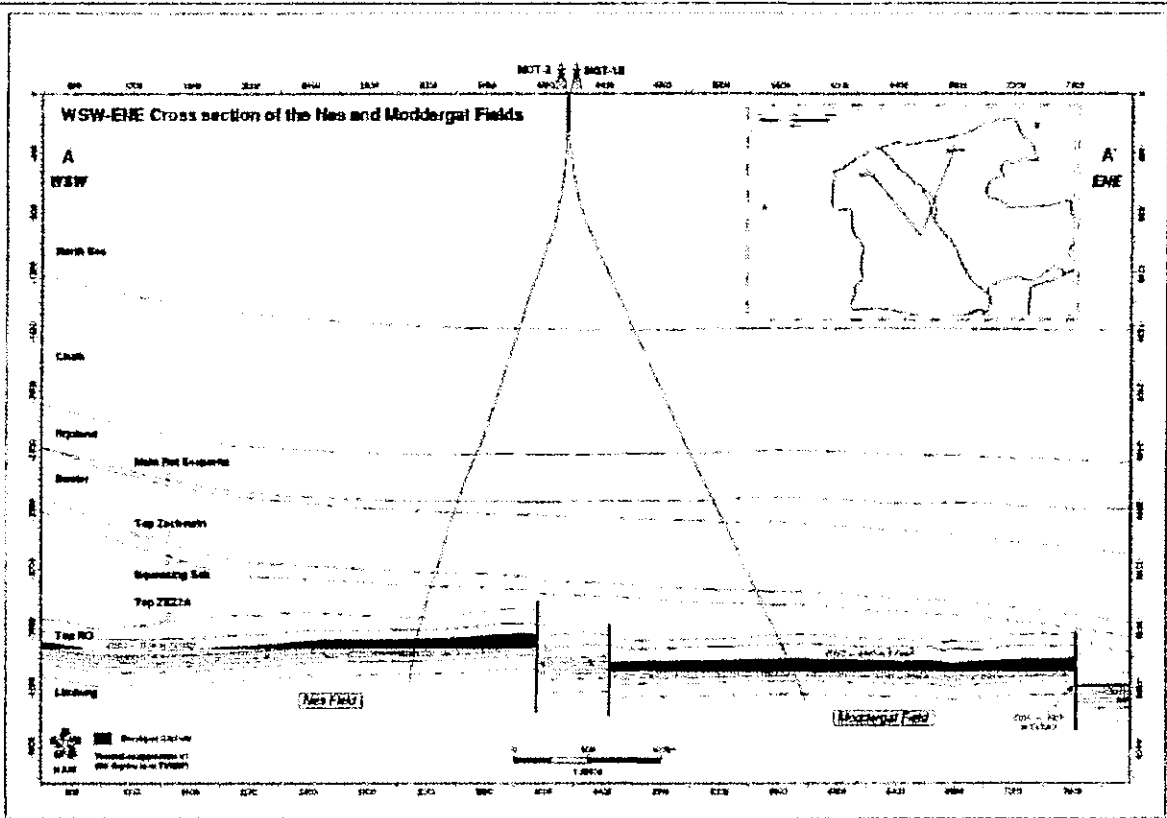
Het meeste gas zit in de Upper Slochteren. Deze kan worden onderverdeeld in een aantal subunits. Een van deze subunits (circa 15 m dik) bevat relatief veel kleisteen, alle andere units hebben een hoge Net-over-Gross verhouding van meer dan 90%. De gemiddelde porositeit per subunit varieert van 11% to 19% voor Nes en Moddergat. Voor de Lauwersoog voorkomens en Vierhuizen varieert deze van 9% tot 19%.

Tektonische activiteiten gedurende Midden Jura tot het vroege Krijt, alsmede gedurende het laat Krijt tot het Tertiair hebben geresulteerd in breukvorming in de Rotliegend gesteenteformaties, met daaraan gerelateerde afschuivingen en opschuivingen. Het gas, gevormd in de koolagen van het onderliggende Carboon, migreerde naar boven in de zanden van het Rotliegend. Het bovenliggende zout vormde een afsluitende laag en voorkwam verdere migratie naar boven. De gasvorming in het Carboon onder de Waddenzee is nog steeds actief.

Mb 24
lid 1a
Mb 24
lid 1b

B2.1) Geologische doorsnede van voorkomen(s)

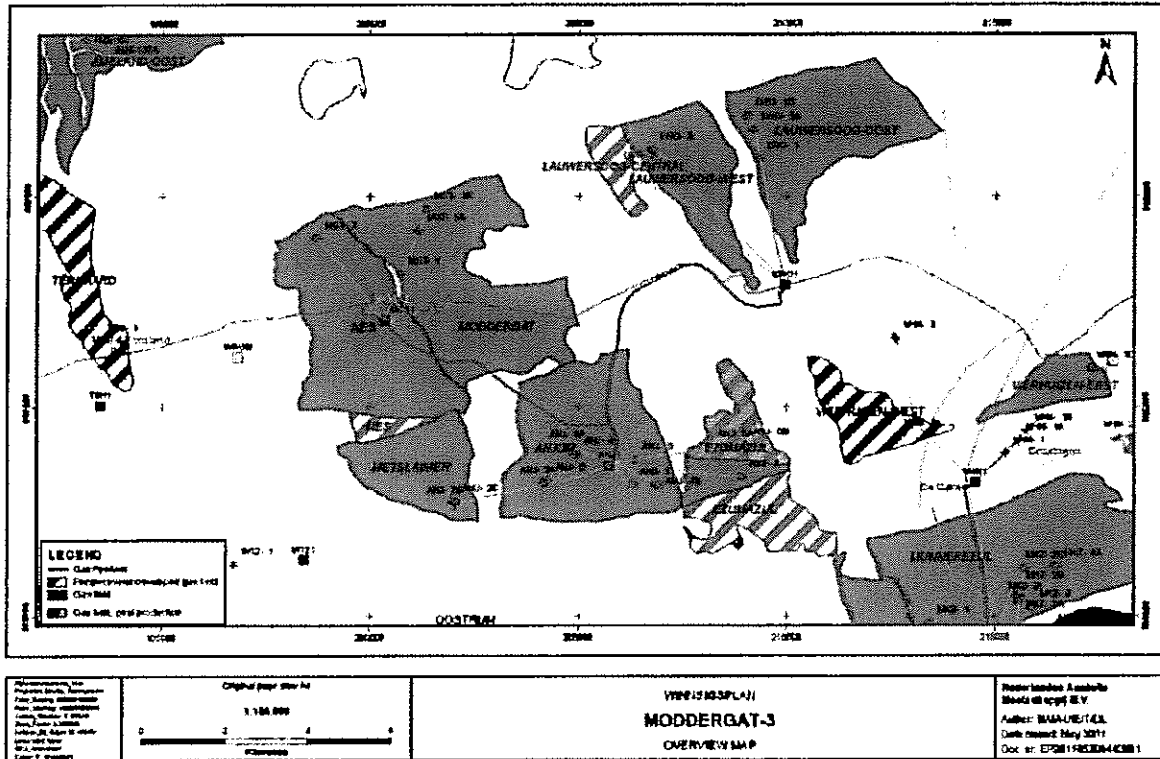




Deze cross secties zijn representatief voor de onderhavige gasvoorkomens

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

B3) Overzicht ligging voorkomens



In het navolgend overzicht zijn de bestaande satelliet locaties met de bijbehorende producerende putten aangegeven.

Locatie Moddergat	Producerende Putten	Gesuspendeerde Putten
voorkomen Moddergat	1	0
voorkomen Nes	1	0
Voorkomen Nes (2012)	1	0

Locatie Lauwersoog	Producerende Putten	Gesuspendeerde Putten
voorkomen Lauwersoog-Oost	1	0
voorkomen Lauwersoog-C	1	0
voorkomen Lauwersoog-West	1	0

Locatie Vierhuizen	Producerende Putten	Gesuspendeerde Putten
voorkomen Vierhuizen-Oost	1	0
voorkomen Vierhuizen-West	0	1

Mb 24
hd
1d,e,g

B3.1) Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto's)

De locatie MGT is gelegen in de gemeente Dongeradeel (provincie Friesland). De locaties LWO en VHN zijn gelegen in de gemeente De Marne (provincie Groningen).



16-02-2008 MODDERGAT-1
Moddergat satelliet

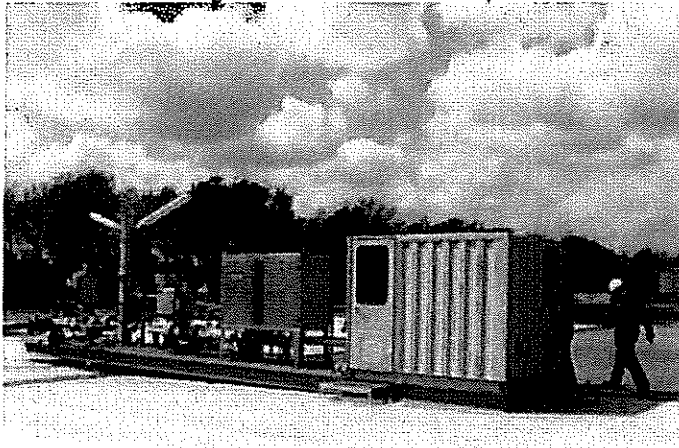


05-04-2005 LAUWERSOOG-1
Lauwersoog satelliet



Vierhuizen satelliet

De betreffende locaties zijn in 2006/2007 omgebouwd tot productielocaties. Hiertoe zijn productie units bij de putten geplaatst, welke op de ondergrondse pijpleiding op de behandelingsinstallatie zijn aangesloten. Onderstaande foto geeft een indruk van een productie unit welke per put geplaatst zijn.



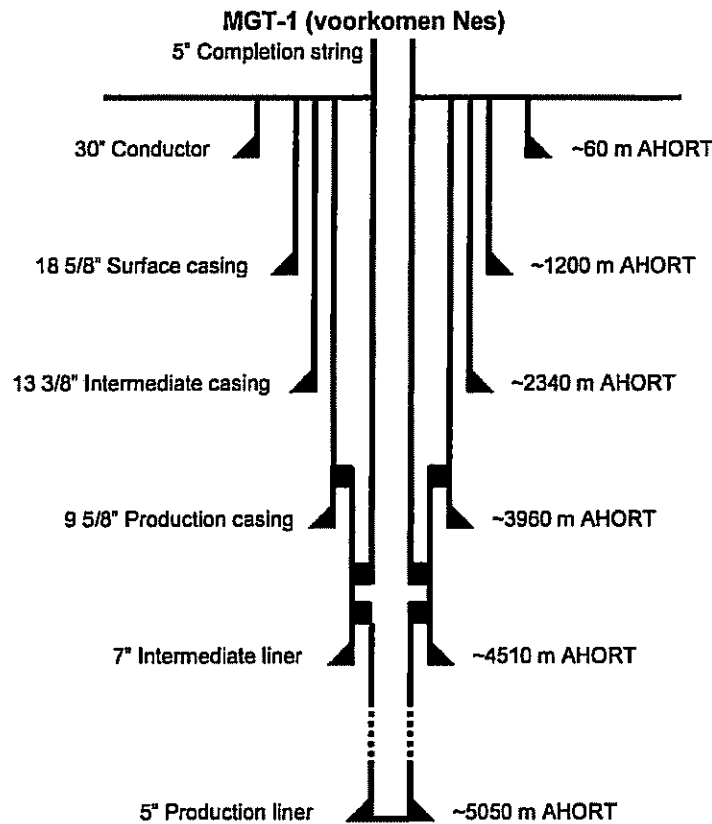
Mb 24
lid
1e.1

B4) Overzicht boringen in voorkomen(s)

Voor een overzicht van de geboorde putten zie B3. Er is een nieuwe boring gepland naar het Nes voorkomen (Nes-Midden). De prognose van de productie en drukkaling van deze put is meegenomen in alle berekeningen voor de update van dit winningsplan. Het is niet uitgesloten dat in de toekomst, mocht de gebruiksruimte dat toelaten, nog één of meer boringen worden uitgevoerd in één van de verschillende voorkomens.

Mb 24
lid 1g

B4.1) Schematische voorstelling putverbuizing(en)



Mb 24
lid 1h

B4.2) Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden

De putten zijn tussen 4800 en 6100 meter lang en verbonden met de gashoudende Rotliggend formatie op een diepte van tussen de 3670 en 4030 meter.

Mb 24
lid 2

B5) Productieontwikkelings strategie

In totaal zijn er 5 putten in bedrijf genomen. MGT-1 in het Moddergat voorkomen, MGT-2 in het Nes voorkomen, LWO-1 in het Lauwersoog Oost voorkomen, LWO-3 in het Lauwersoog West voorkomen, VHN-1 in het Vierhuizen-Oost¹ voorkomen.

In 2012 wordt de Nes-Midden put geboord en in productie genomen. Ook zal de LWO-2 in het Lauwersoog-C voorkomen in 2011 of 2012 in productie worden genomen. Ondertussen wordt de mogelijkheid voor verdere appraisal /development putten bestudeerd.

Verwacht wordt dat het winningspercentage t.o.v. het volumetrisch GIIP voor Nes zal uitkomen op 90% voor Moddergat op 89%, voor Lauwersoog Oost op 78%, voor Lauwersoog-C op 56%, voor Lauwersoog West op 89%, en voor Vierhuizen Oost op 76%.

Voor het voorkomen Lauwersoog-C geldt dat het winningspercentage lager uitvalt in verband met de slechte reservoir kwaliteit.

Naar verwachting zal de breuk in het Vierhuizen-Oost voorkomen, die het zuidelijke deel van het voorkomen scheidt van het noordelijke deel, ervoor zorgen dat het gas uit het noordelijke deel niet mee geproduceerd wordt. Langs de oost-west breuken in dit gebied heeft meestal een horizontale beweging plaatsgevonden, waardoor het gesteente langs de breukzone ondoordringbaar wordt voor gas.

Dit is onder meer aangetoond voor soortgelijke breuken in het Leens voorkomen en in het Kommerzijl

¹ Aangezien het winningspercentage voor Vierhuizen West op minder dan 1% zal uitkomen, vanwege de slechte kwaliteit van het reservoir, is geen productieprofiel opgenomen in het winningsplan. In Vierhuizen West zal t.z.t. geprobeerd worden, b.v. door middel van additionele perforaties, de productie capaciteit dusdanig te verhogen dat de put commercieel geproduceerd kan worden. Afhankelijk van de resultaten zal dan te zijner tijd voor dit veld een verzoek tot wijziging van dit winningsplan worden ingediend

1-2
1-3
1-4

1-5	voorkomen. Het na te streven winningspercentage is gebaseerd op verwachte technische en economische uitvoerbaarheid van toekomstige productiebevorderende maatregelen zoals (her)perforaties en het boren van nieuwe putten.
-----	---

1-6

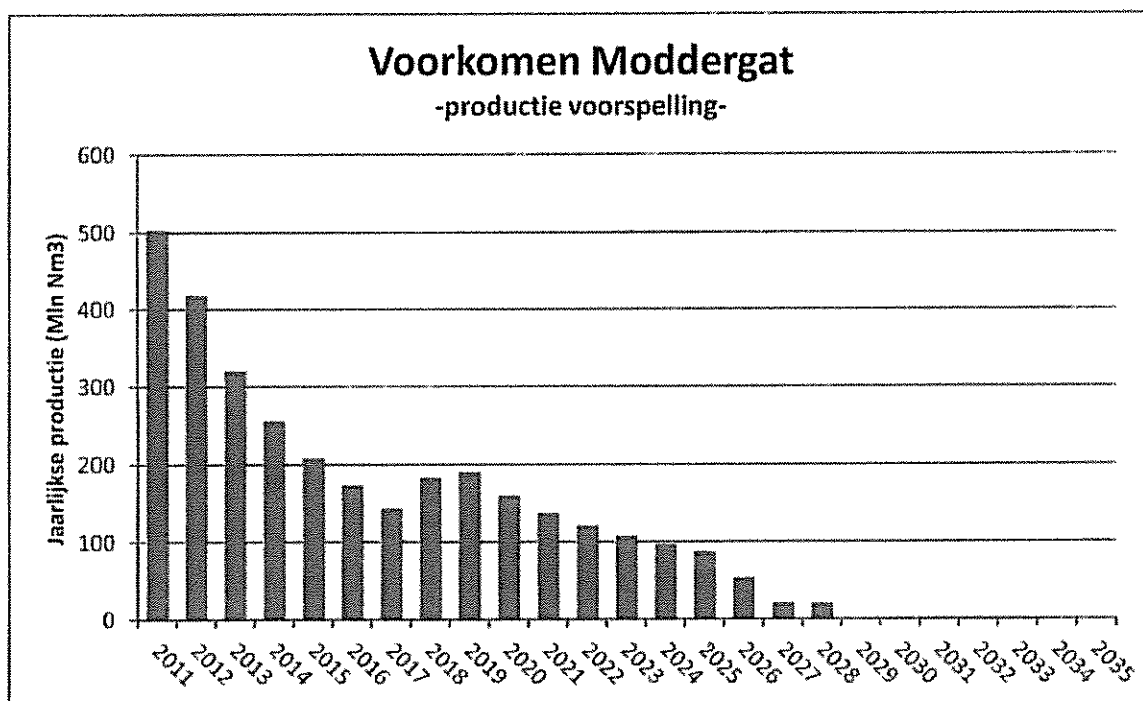
Mb 24 lid 2	<p>B5.1) Productie filosofie</p> <p>De bestaande voorkomens in het Anjum en Grijskerk systeem worden dusdanig geproduceerd dat er maximaal gebruik wordt gemaakt van de gasbehandelingsfaciliteiten op de locaties ANJ en GRK. De productielocaties worden op basis van het URCO principe geopereerd. 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. De Moddergat, Nes, Lauwersoog en Vierhuizen voorkomens worden met 'de hand aan de kraan' geproduceerd om binnen de gestelde natuurgrenzen te blijven. Deze voorkomens zullen op termijn op de al op Anjum en Munnekezijl geïnstalleerde compressoren worden aangesloten.</p>
Mb 24 lid 2	<p>B5.2) Reservoir management</p> <ul style="list-style-type: none"> • De voorkomens Moddergat, Nes, Lauwersoog-C, -West en -Oost en Vierhuizen-Oost worden gedepleteerd met verwaarloosbaar aquifer support. • Via continue gasmetingen en regelmatige drukmetingen wordt de mate van aquifer support en depletie bepaald om zo de compactie beter te kunnen modelleren en tezamen met bodemdalingsgegevens in de Waddenzee de productie / ontwikkelingsstrategie te optimaliseren. • De waterproductie wordt continu gemeten en indien daar aanleiding toe is wordt per put de WGR gecontroleerd. • In 2002 zijn compressie-installaties op de ANJ en MKZ locatie aangebracht om de winningshoeveelheid te vergroten. In 2010 is er een 2nd stage compressor op de Anjum lokatie geplaatst en in bedrijf genomen. Door het te zijner tijd aansluiten van de voorkomens Moddergat, Nes, Lauwersoog-C, -West en -Oost op deze compressiefaciliteiten kunnen deze verder gedepleteerd worden om zo het uiteindelijke winningspercentage te maximaliseren.

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

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

De onderstaande productieprofielen omvatten de productie inclusief de toepassing van de 2^o traps compressiefaciliteiten op de locatie ANJ. De productieprofielen zijn gebaseerd op het hand aan de kraan principe voor de Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen ontwikkeling, teneinde de gemiddelde bodemdalingssnelheid per kombergingsgebied in de Waddenzee met zekerheid binnen de gebruiksruimte voor gaswinning te houden. Op basis van metingen en evaluaties zal de productie waar nodig worden aangepast. De eventuele bijstelling van productie zal dus plaatsvinden op basis van de bodemdalingsanalyse in lijn met het 'hand aan de kraan' principe.

De huidige verwachting van de hoeveelheid te produceren gas uit het voorkomen Moddergat is 504 mln Nm³ in 2011, waarna de productie uiteindelijk afloopt naar nihil in 2029. De productie verhoging in 2018 wordt mogelijk vanwege de toepassing van de 3^o traps compressie op Anjum.



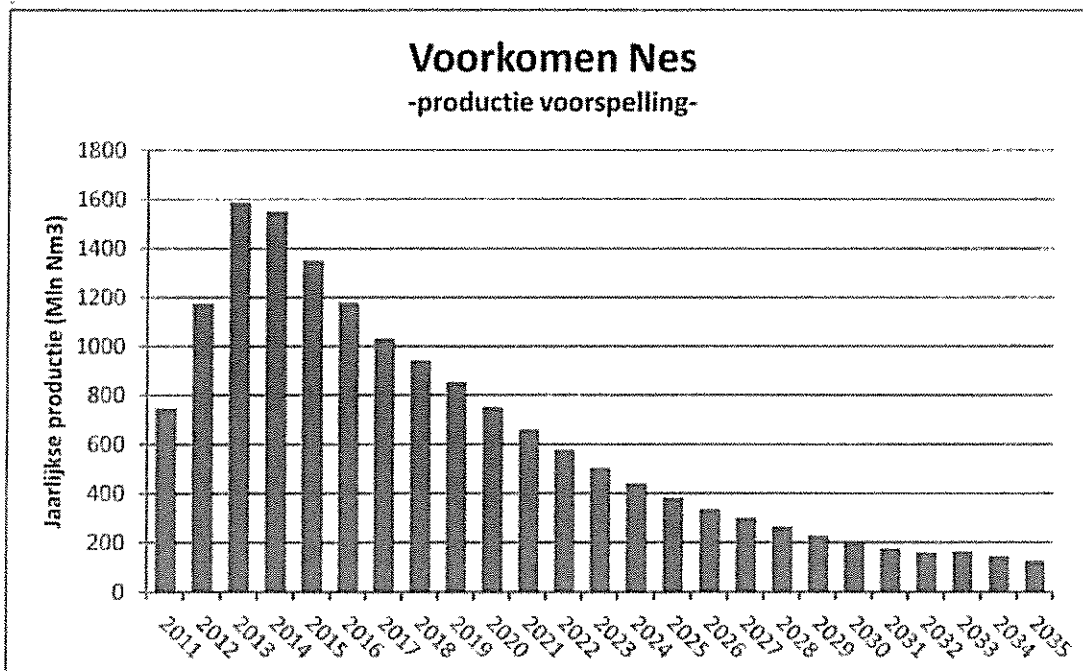
Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm³.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moddergat	504	419	321	256	209	174	144	184	191	161

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
138	121	108	97	88	54	22	21	0	0	0	0	0	0	0

De huidige verwachting van de hoeveelheid te produceren gas uit het voorkomen Nes is 750 mln Nm³ in

2011, waarna de productie uiteindelijk afloopt naar 128 in 2035

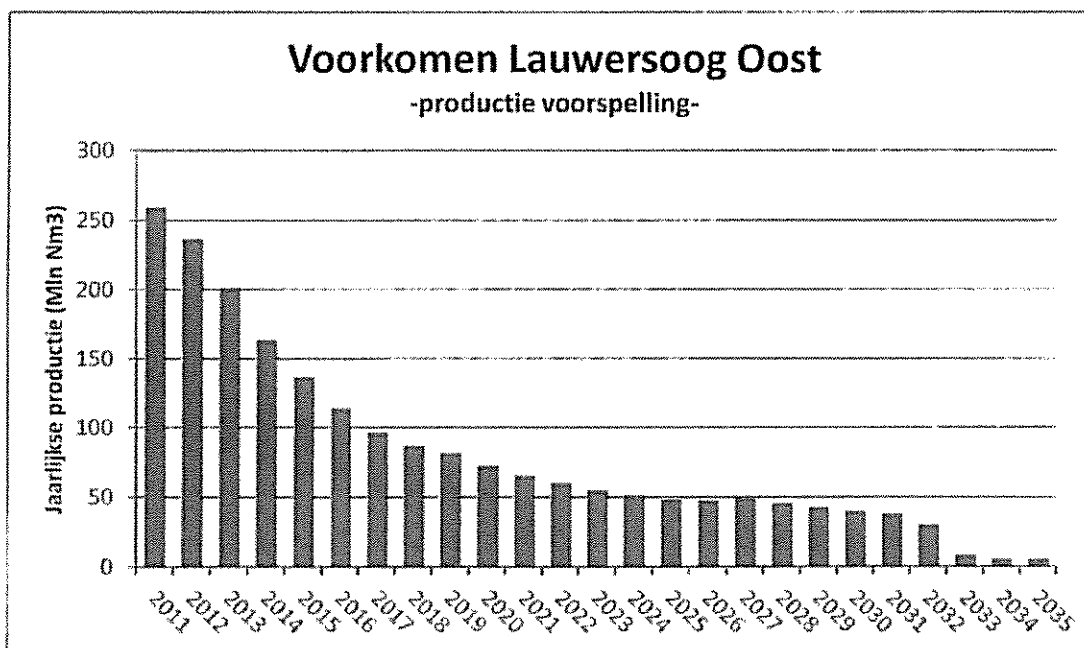


Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven geloonde voorspelling in mln Nm³.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nes	750	1175	1589	1550	1351	1180	1033	943	856	753

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
662	577	504	441	383	337	303	265	230	200	175	161	164	145	128

De huidige verwachting van de hoeveelheid te produceren gas uit het voorkomen Lauwersoog Oost is 259 mln Nm³ in 2011 waarna de productie uiteindelijk afloopt naar nihil in 2033.

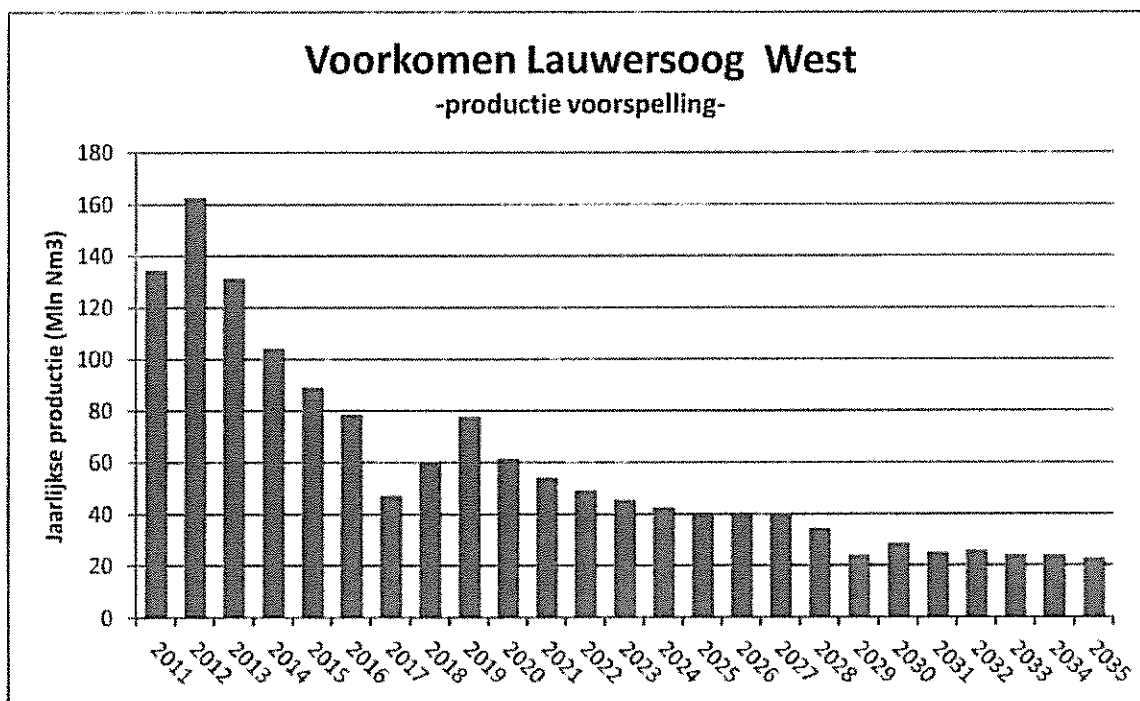


Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm³.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lauwersoog-Oost	259	237	201	164	137	114	97	87	82	73

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
66	60	55	52	49	48	49	46	43	40	38	30	9	6	6

De huidige verwachting van de hoeveelheid te produceren gas uit het voorkomen Lauwersoog West is 135 mln Nm³ in 2011 en 163 mln Nm³ in 2012, waarna de productie uiteindelijk afloopt naar nihil in 2035.

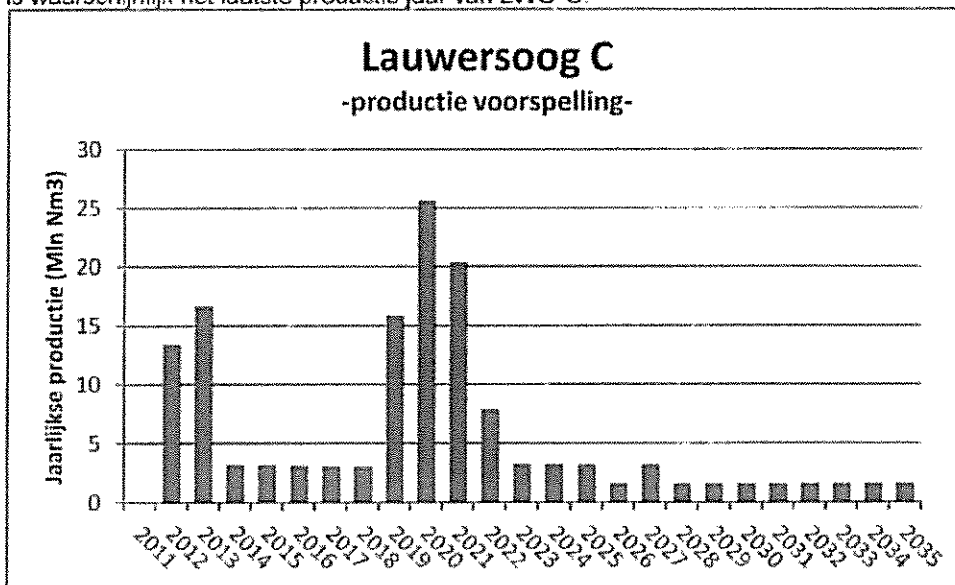


Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm³.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lauwersoog-West	135	163	132	104	89	79	47	60	78	62

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
54	49	46	43	40	40	40	35	24	29	25	26	24	24	23

De huidige verwachting van de hoeveelheid te produceren gas uit het voorkomen Lauwersoog -C is 13 mln Nm³ in 2012, waarna de productie uiteindelijk in 2018 stopt en in 2019 onder compressie weer begint. 2028 is waarschijnlijk het laatste productie jaar van LWO-C.

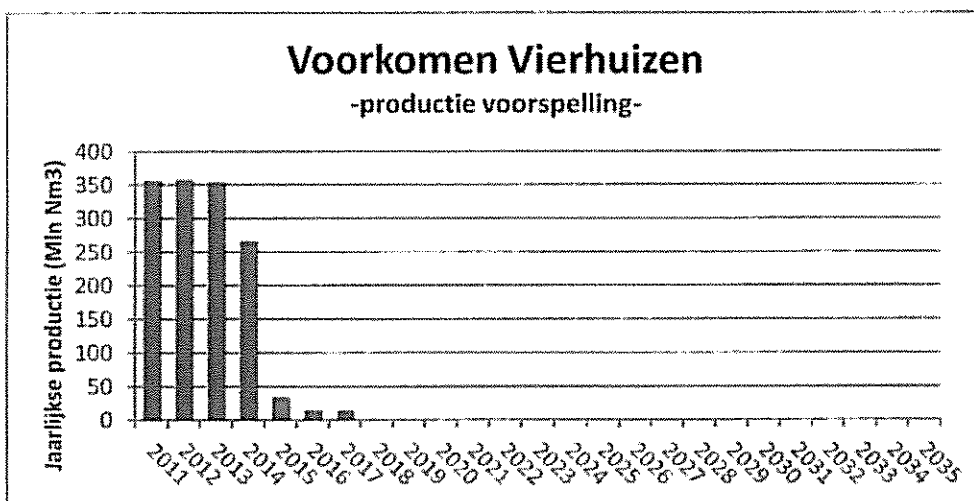


Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm³.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Lauwersoog-C	0	13	17	3	3	3	3	3	16	26

2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
20	8	3	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2

De huidige verwachting van de hoeveelheid te produceren gas uit het voorkomen Vierhuizen-Oost is 357 mln Nm³ in 2011 waarna de productie uiteindelijk afloopt naar nihil in 2015.



Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van boven getoonde voorspelling in mln Nm³.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Vierhuizen Oost	357	358	355	267	35	15	15	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

	<p>De voorspellingen zijn gebaseerd op de meest recente informatie met betrekking tot het gedrag in de reservoirs op basis van een subsurface area review uit 2011.</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 jaarlijkse productie procentueel groter zijn zonder dat dit gevolgen heeft voor de bodemdalingprognose.</p> <p>De jaarvolumes voor NES zijn gebaseerd op een verwachte start productie datum van de tweede Nes put op 1 November 2012. Indien de put later gereed is zal de productie later kunnen aanvangen, waardoor het productieprofiel sterk verandert.</p>
Mw 35 lid 1b	<p>B5.4) Duur van de winning (per voorkomen)</p> <p>Volgens de huidige voorspellingen loopt de productie uiteindelijk af in 2035 voor Nes, in 2029 voor Moddergat en in 2033 voor het Lauwersoog-Oost voorkomen, waarschijnlijk in 2035 voor het Lauwersoog-C voorkomen, in 2035 voor het Lauwersoog-West voorkomen en in 2017 voor het Vierhuizen-Oost voorkomen. Het gedrag van de bestaande en mogelijke toekomstige putten bij de lage drukken die optreden wanneer het voorkomen bijna leeg is, zijn moeilijk te voorspellen. Het productieprofiel is verder afhankelijk van eventuele latere aanpassingen die erop gericht zullen zijn om een eventueel te hoge bodemdalingssnelheid in de Waddenzee te voorkomen ('Hand aan de kraan').</p> <p>Vanuit het oogpunt van planmatig beheer zal de winning 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 1i	<p>B6) Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd</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). De WGR wordt op ca. 5-20 m³/ mln m³ gas geschat (gemiddelde waarden voor alle velden). De waarden voor de WGR stijgen naarmate de druk van het reservoir afneemt. De CGR wordt voor de Lauwersoog en Vierhuizen voorkomens op ca. 6 – 25 m³/ mln m³ gas gemiddeld en voor Moddergat en Nes op ca. 4 - 14 m³/ mln m³ gas geschat (gemiddelde waarden)</p> <p>De maximaal water/condensaat behandelingscapaciteit op de Anjum gasbehandelingsinstallatie is ca. 215 m³/dag. De capaciteit van Grijskerk gasbehandelingsinstallatie is ca. 1600 m³/dag.</p>
Mb 24 lid 1i	<p>B7) Jaarlijks eigengebruik bij winning</p> <p>Er wordt per jaar voor eigen gebruik op de locatie ANJ 0.6 mln m³ gas en op de locatie GRK 3 mln m³ gas aangewend, hetgeen onafhankelijk is van de winning beschreven in dit winningsplan. Op deze locaties wordt het gas behandeld van meerdere voorkomens uit verschillende clusters.</p>
Mb 24 lid 1j	<p>B8) Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen</p> <p>Op de locaties MGT, LWO en VHN wordt tijdens normale productie geen gas afgeblazen dan wel afgefakkeld. Puttesten zullen worden uitgevoerd via de bestaande behandelingsinstallaties. Op de productie locaties zal alleen voorafgaand aan het schoonproduceren van de put worden gefakkeld via een zogenoemde "Clean Enclosed Burner".</p>
Mb 24 lid 1k	<p>B9) Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen</p> <p>Het vrijkomende productiewater wordt uiteindelijk via de injectieput Borgsweer geïnjecteerd in de diepe ondergrond.</p>

C) Gegevens inzake bodembeweging als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.

(Alleen in te vullen voor winningsplannen voor voorkomens gelegen aan de landzijde van de 3 zeemijlszone).

Mw 35
lid 1f

C1) Aard van de bodembeweging

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.

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

Mb 14
lid 1m

C2) Bodemdalingscontour (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)

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.

De belangrijkste aanpassingen ten opzichte van het vigerende winningsplan (2006) zijn:

- actualisering van het geologische en dynamische reservoir model van het gebied
- het inbrengen van een op diffusie gebaseerd compactiemechanisme voor het reservoir. Dit mechanisme wordt hieronder verder beschreven
- het inbrengen van een kruip mechanisme in de steenzout laag boven het reservoir. Ook dit mechanisme wordt hieronder verder beschreven.

Diffusie mechanisme in het reservoir

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 lijkt het omgekeerde te gebeuren: 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.

De volumerek, e_{II} , op een punt, x , en tijdstip, t , in het reservoir kan dan worden beschreven door het product van de drukverandering, Δp , en de uniaxiale compactiecoëfficiënt, c_m , geconvolveerd in tijd, $*_t$, met een "time decay" functie: $\frac{1}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right]$ met t in jaren en τ de "time decay" constante.

$$e_{II}(x, t) = \Delta p(x, t) c_m(x, t) *_t \frac{1}{\tau} \exp\left[-\frac{t}{\tau}\right]$$

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. Gezien de korte productiehistorie en geringe bodemdaling boven de Waddenzeevelden wordt de uitkomst van de kalibratie grotendeels bepaald door het gedrag van de velden Anjum, Ezumazijl en Metslawier.

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 Rotliggend 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 C5.

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

Prognose

Gebaseerd op beschikbare gegevens over de ondergrond en het productiescenario zoals beschreven in sectie B5.3 van dit winningsplan is een prognose gemaakt voor de nog te verwachten cumulatieve bodemdaling (2011-2050, d.w.z. ruim nadat de productie is beëindigd) door gasproductie uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens (zie figuur C1).

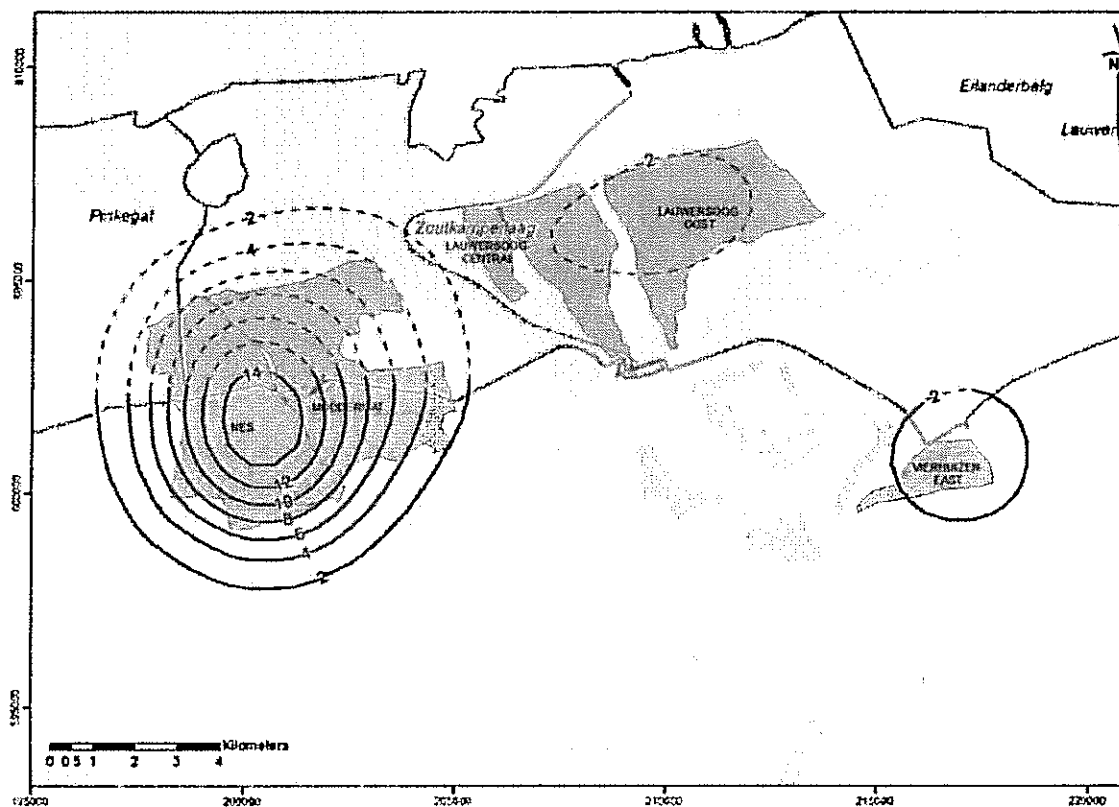


Fig. C1 Nog te verwachten (2011 – 2050) bodemdaling veroorzaakt door de gasproductie uit de voorkomens Nes, Moddergat, Lauwersoog-C, Lauwersoog-West, Lauwersoog-Oost en Vierhuizen-Oost (cm).

In de Waddenzee zal sedimentatie de bodemdaling, met enige vertraging, compenseren. Bodemdalingscontouren in de Waddenzee zijn daarom met onderbroken contourlijnen aangegeven. De toekomstige bodemdaling die zal worden veroorzaakt door de gasproductie uit de individuele voorkomens Lauwersoog-C, Lauwersoog-West, en Vierhuizen-Oost bedraagt voor elk van deze voorkomens 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 afzonderlijke voorkomens. De bodemdaling die nog zal worden veroorzaakt door de gasproductie uit de afzonderlijke voorkomens Nes, Moddergat, Lauwersoog-Oost en Vierhuizen-Oost is weergegeven in resp. figuur C2, C3, C4 en C5.

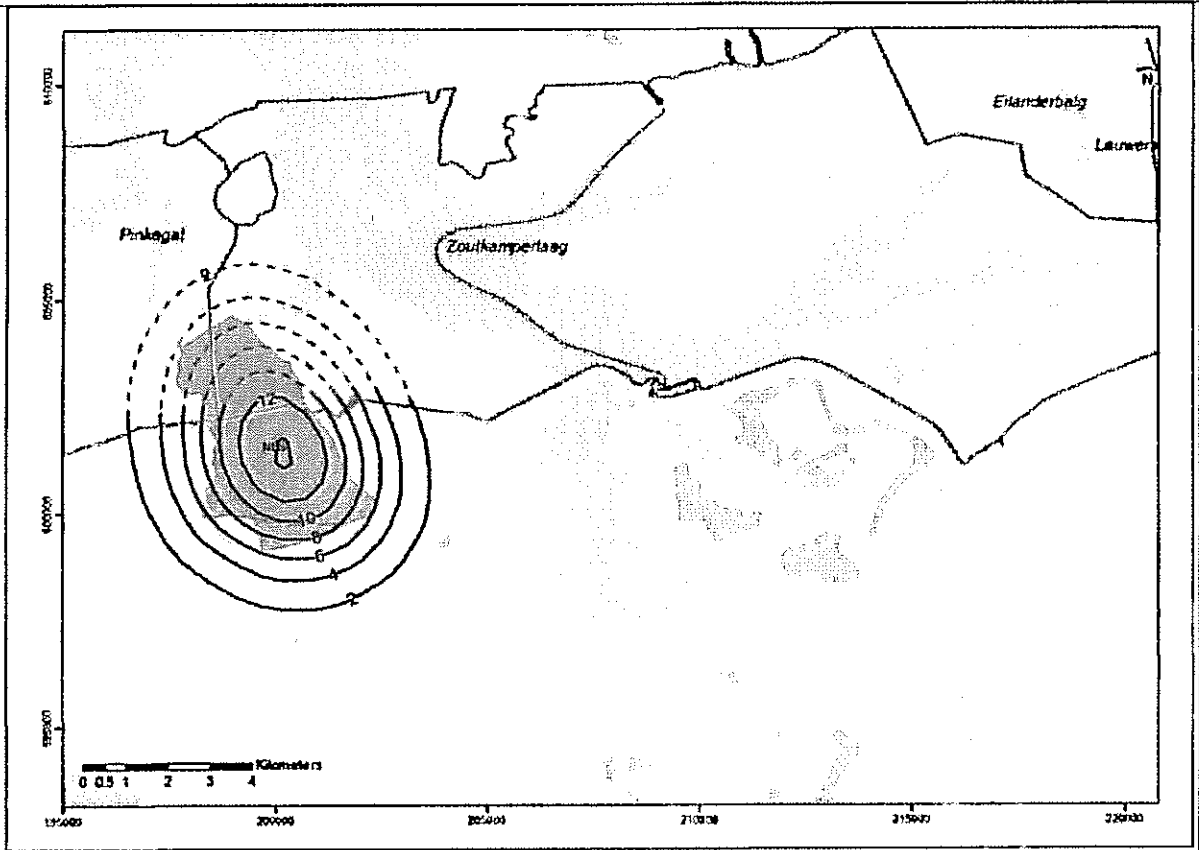


Fig. C2 Te verwachten bodemdaling in cm (2011 – 2050) veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Nes.

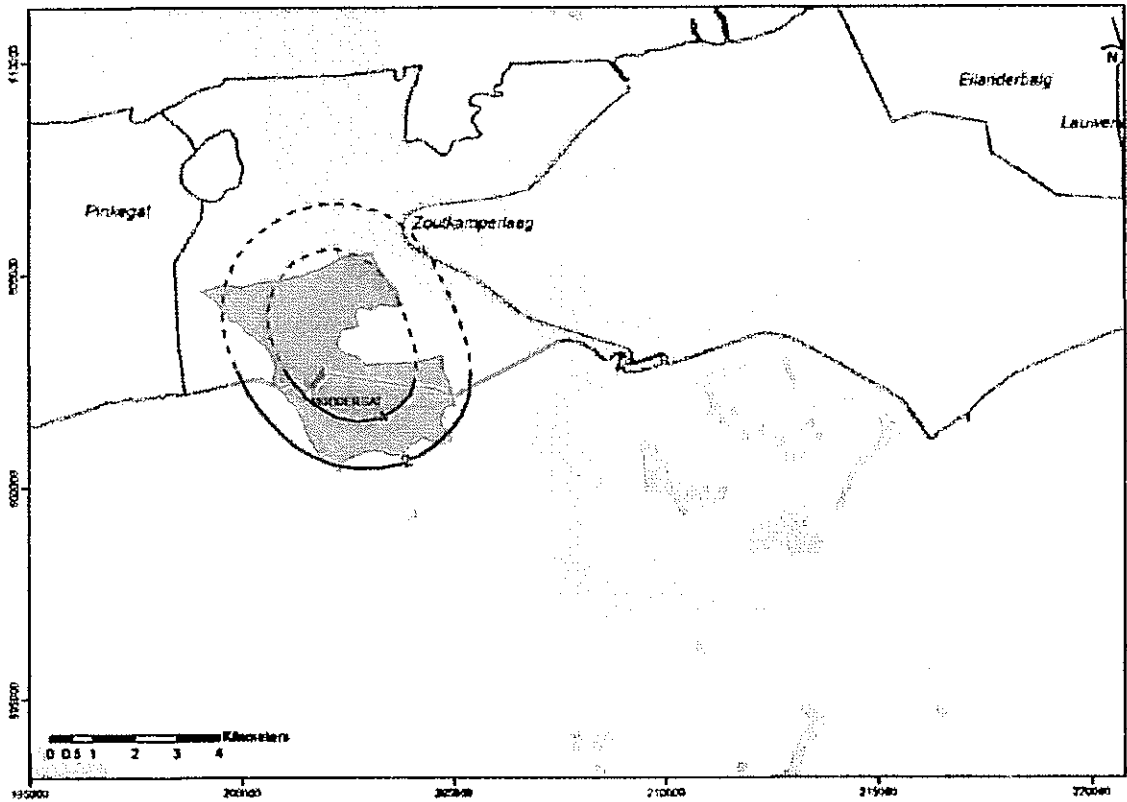


Fig. C3 Te verwachten bodemdaling in cm (2011 – 2050) veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Moddergat.

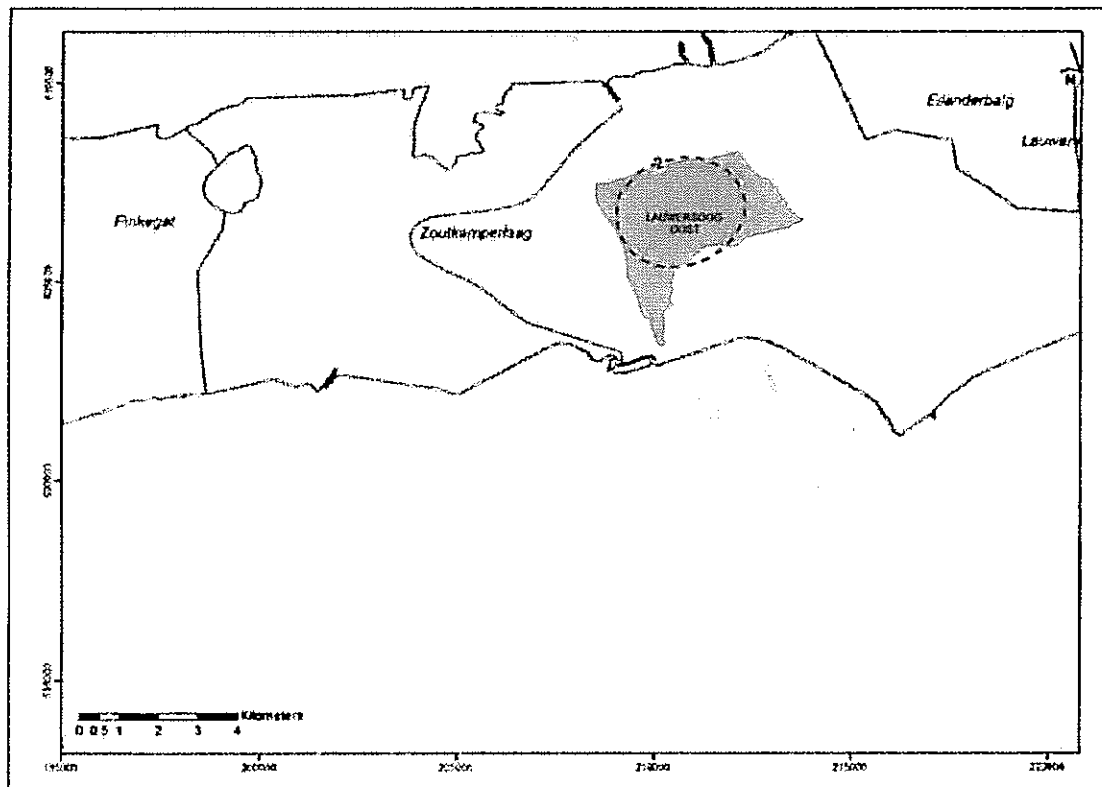


Fig. C4 Te verwachten bodemdaling in cm (2011 – 2050) veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Lauwersoog Oost.

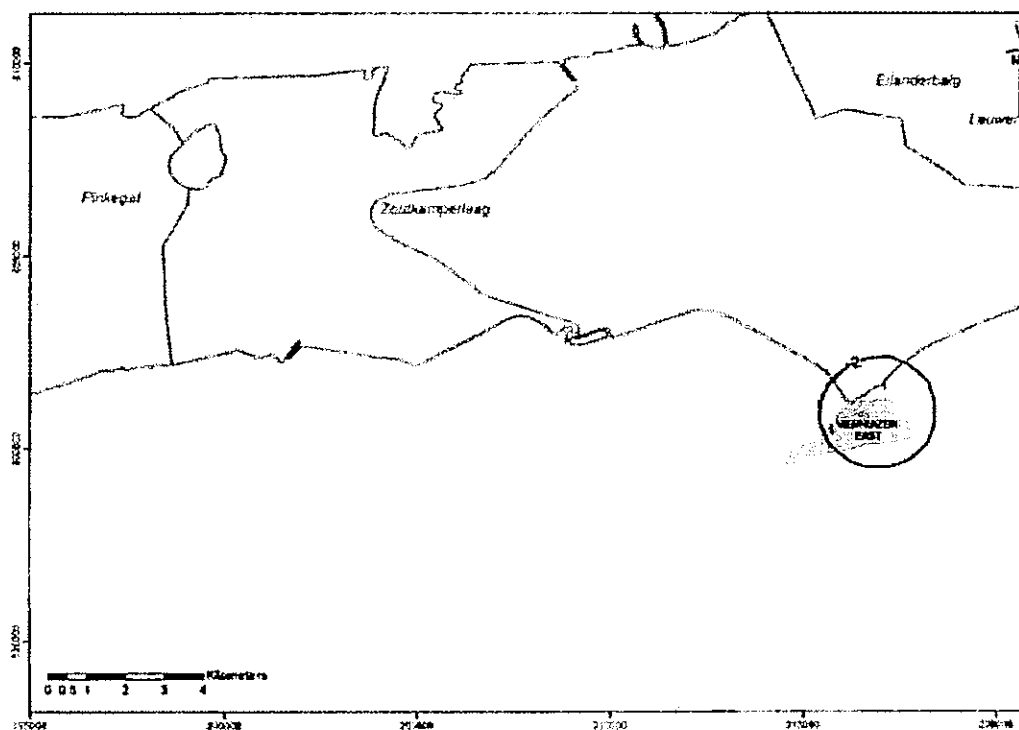


Fig. C5 Te verwachten bodemdaling in cm (2011 – 2050) veroorzaakt door de gasproductie uit het voorkomen Vierhuizen-Oost.

De nog te verwachten bodemdalingsvolumes tot het jaar 2041 (eind van de zes-jaarlijkse periode waarbinnen de gebruiksruijme in Zoutkamperlaag door de zeespiegelstijging wordt overschreden) per kombergingsgebied, die veroorzaakt worden door de gasproductie uit de afzonderlijke voorkomens van dit winningsplan, zijn weergegeven in tabel C1.

	Pinkegat (10 ⁹ m ³)	Zoutkamperlaag (10 ⁹ m ³)
Nes	0,34	0,75
Moddergat	0,05	0,95
Lauwersoog Oost	-	0,38
Lauwersoog West	-	0,05
Lauwersoog C	-	0
Vierhuizen Oost	-	0,11
Totaal	0,39	2,24

Tabel C1 Te verwachten Bodemdalingsvolumes (2011 – 2041) door gasproductie per voorkomen per kombergingsgebied.

Eventuele toekomstige incrementale productie door nieuwe putten en/of compressie zou kunnen leiden tot een ander beeld, wat kan leiden tot een wijziging van het winningsplan.

Om een indruk te krijgen van de orde van grootte van de te verwachten bodemdaling, kunnen gemiddelde waarden voor de modelparameters worden gebruikt, zoals weergegeven in tabel C2. In werkelijkheid is de verdeling van parameters en geometrie van de structuur veel complexer, hetgeen gehonoreerd wordt in de modellering die door NAM is uitgevoerd.

	Nes	Moddergat	Lauwersoog-C	Lauwersoog-West	Lauwersoog-Oost	Vierhuizen-Oost
Diepte veld [m]	3680	3685	3970	3910	3975	3850
Depleterende dikte reservoir [m]	40	46	45	55	45	19
Initiële druk [bar]	564	567	500	479	480	459
Huidige druk (bar) 2010	517	485	500	432	465	410
Eind druk [bar]	138	320	474	270	369	103
R _{max} [km]	2,5	2,3	1,2	2,1	1,9	1,6
R _{min} [km]	1,3	1,7	0,5	0,9	1,2	0,5
C _m [10 ⁻⁹ bar ⁻¹]	1,0	0,87	0,69	0,69	0,69	0,75

Tabel C2 Enkele geomechanische kentallen ter indicatie van de in dit winningsplan beschreven voorkomens.

In vergelijking met het winningsplan uitgebracht in 2006 zijn de bodemdalingsvolumes in de kombergingen afgenomen terwijl de productie is toegenomen. Dit kan als volgt worden verklaard:

- Reservoir modellering en gemeten bodemdaling laat zien dat de watervoerende lagen verwaarloosbaar meedepleteren.
- Ondanks dat metingen hebben aangetoond dat er meer gas in het Nes voorkomen zit, is de totale depleterende dikte in vergelijking met het Winningsplan 2006 afgenomen. Het effect van de niet meedepleterende watervoerende laag op het bodemdalingsvolume is groter dan het effect van het grotere gasvolume.
- De velden Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen hebben een hogere (geomechanische) einddruk dan in het vigerende winningsplan aangenomen. Dit wordt veroorzaakt door een slechtere reservoir kwaliteit dan aanvankelijk aangenomen.

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 gasvoorkomens. Voor het verloop van de bodemdaling in tijd wordt uitgegaan van het nieuwe geomechanische bodemdalingsmodel zoals beschreven in sectie C2.

De meest recente uitgebreide bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2008 (Meetregister bij de meetplannen Noord Nederland, Groningen en Waddenzee 2009, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Noord Nederland 2008, EP200903235982). In figuur C6 wordt de in 2008 gemeten daling (sinds de nulmeting in 1997) op de peilmerken gecombineerd met de contouren van de gemodelleerde bodemdaling. Het uiteindelijke in dit winningsplan gepresenteerde bodemdalingsmodel met bijbehorende waarden voor de parameters is geselecteerd op basis van een aantal criteria.

- Minimaliseren van de totale fout (RMS) tussen metingen en model, waarbij alle combinaties van meetseries gebruikt worden
- Best mogelijke passing met de gemeten bodemdalingssnelheid (GPS, meetpunten) sinds het begin van de winning 2006-2010

Het model dat het beste voldoet aan bovengenoemde criteria wordt weergegeven in figuur C6.

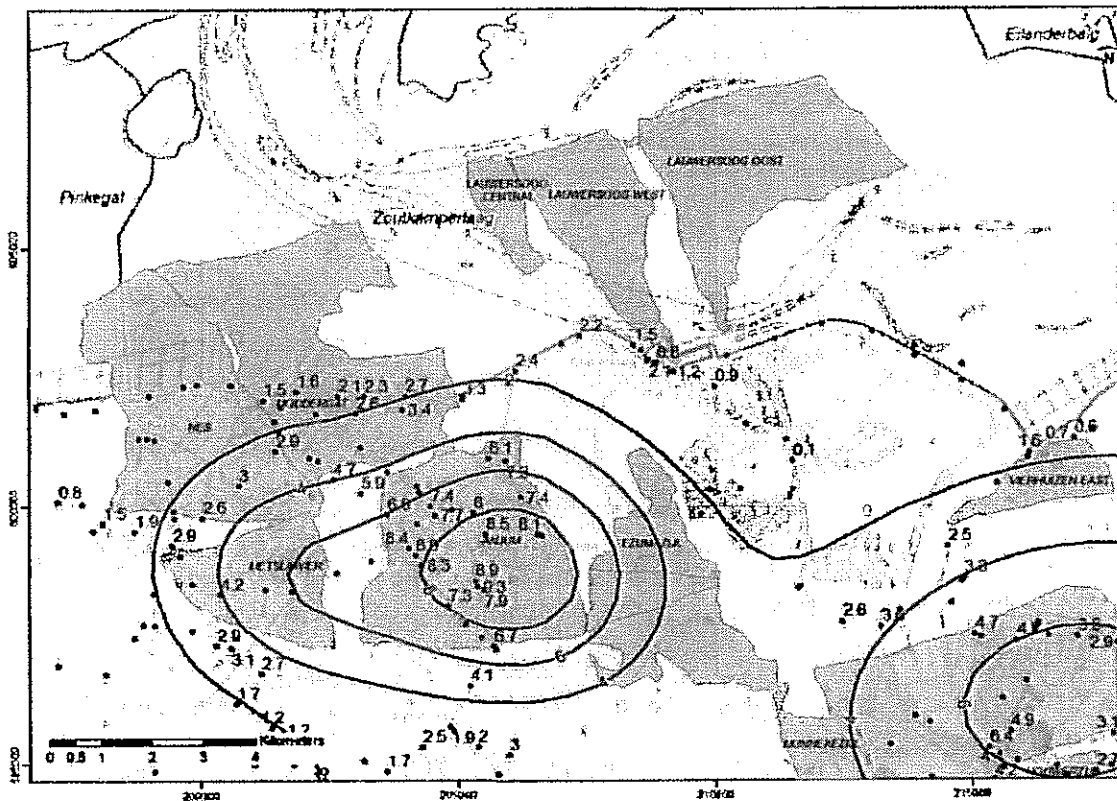


Fig. C6 In 2008 gemeten daling in cm op de peilmerken (sinds de nulmeting in 1997) en contourlijnen van de gemodelleerde bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens en naburige voorkomens.

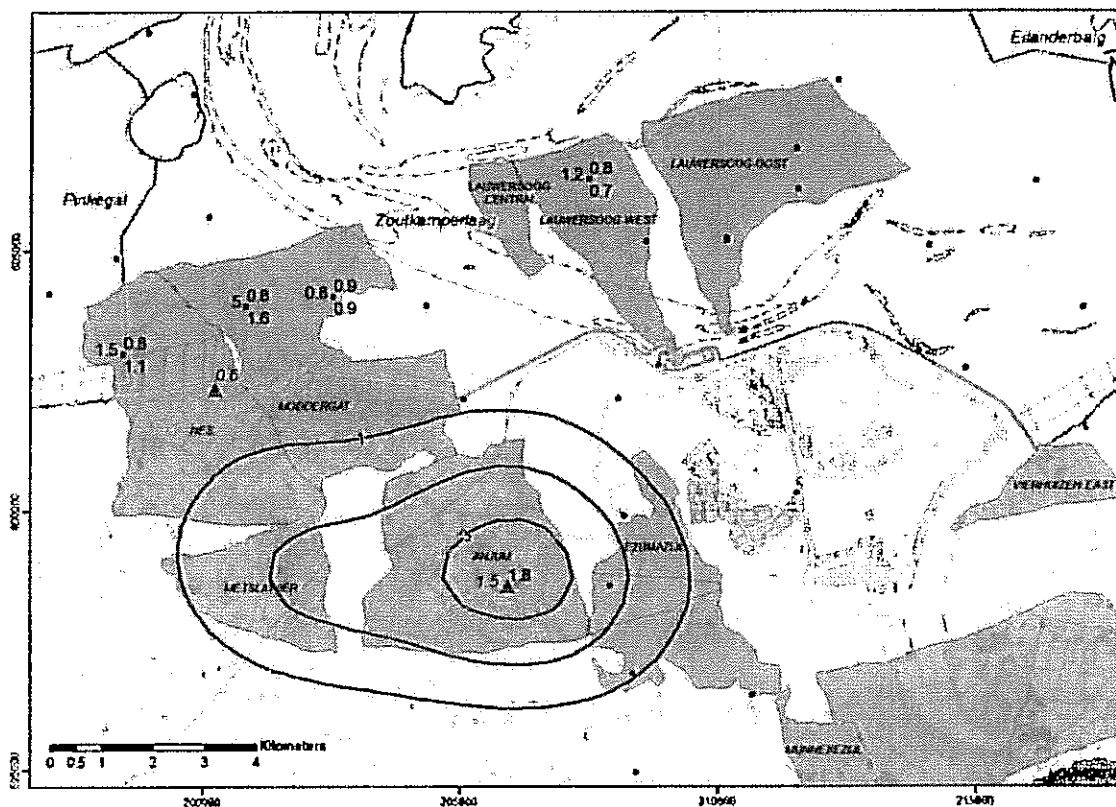


Fig. C7 Gemeten daling voor de periode 2006-2010 in cm op de peilmerken en contourlijnen van de gemodelleerde bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens. De rode driehoeken met de rode cijfers geven de locaties van de GPS metingen op Anjum en Moddergat en de gemeten daling in deze periode aan.

Na beëindigen van de productie in 2035 zal het bodemdalingsproces nog enige tijd doorgaan ten gevolge van de drukvereffening in het reservoir en aangrenzende watervoerende pakketten (diffusie) en de kruip van het steenzout.

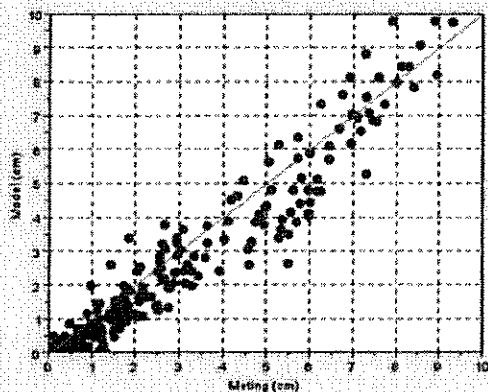
Onzekerheid

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. De onzekerheid in de hoeveelheid bodemdaling wordt dan 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.

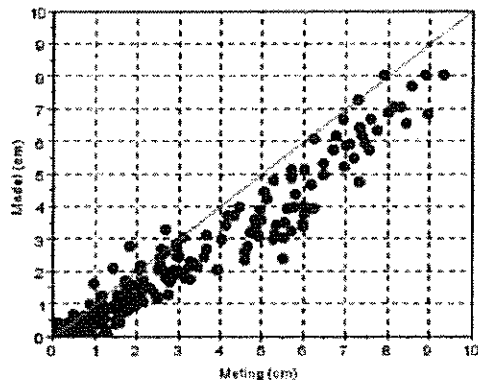
In het lage scenario is er geen drukdaling in mogelijke watervoerende pakketten (immobiel water) en een grote omvang van de voorkomens. Tevens is de C_m in dit scenario in geringe mate verlaagd. Het basis scenario gaat ook uit van dezelfde situatie maar met de meest waarschijnlijke omvang van de voorkomens. Het hoge scenario gaat uit van drukdaling in de Nes en Moddergat aquifers 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 en hoge scenario is 0,68 cm en 0,88 cm voor het lage scenario. Een vergelijking van de modelwaarden met de gemeten waarden wordt weergegeven in Figuur C8.

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 voorkomens beschreven in het winningsplan Anjum. Dit is gedaan omdat kalibratie voor beide winningsplannen tegelijk is uitgevoerd. De onderscheidende effecten van de basis met de hoge scenario's zullen pas na 2011 zichtbaar zijn. Daarom is in Figuur C8 alleen de basis en lage scenario getoond.



vergelijking Meting met Model voor het basis scenario. In het ideale geval zijn model en meting identiek en liggen de punten op de rode lijn.



vergelijking Meting met Model voor het lage scenario. In het ideale geval zijn model en meting identiek en liggen de punten op de rode lijn.

Fig. C8 vergelijking van Meting met Model voor het basis en het lage scenario.

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 gebruiksruijtte 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 beschreven in dit winningsplan en verder toegelicht in sectie C5.

Figuren C9 en C10 tonen de cumulatief te verwachten bodemdaling als gevolg van gaswinning (sinds begin productie) van zowel de in dit winningsplan beschreven voorkomens als de naburige voorkomens in respectievelijk de jaren 2025 en 2050 (ruim na beëindiging van de productie van de in de winningsplannen beschreven voorkomens). In deze figuren zijn de contouren in de Waddenzee aangegeven met een onderbroken lijn, omdat de bodemdaling door gaswinning in dit gebied gecompenseerd wordt door sedimentatie.

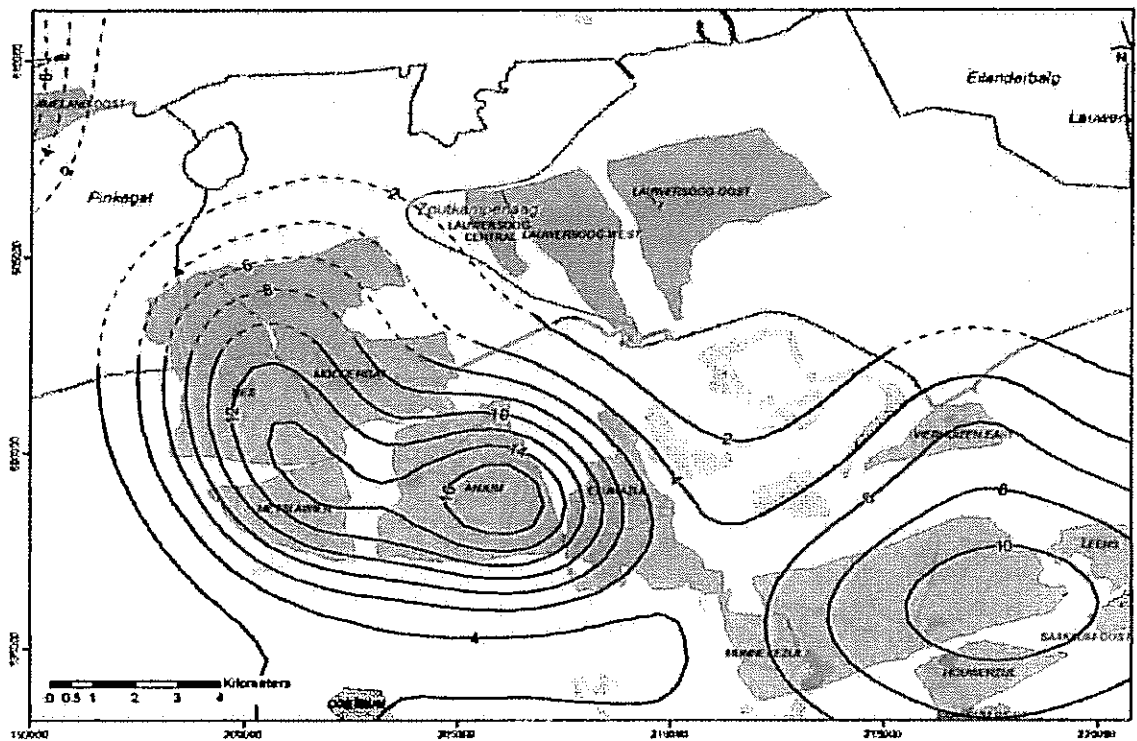


Fig C9 Bodemdalingprognose voor 2025 van de totale bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

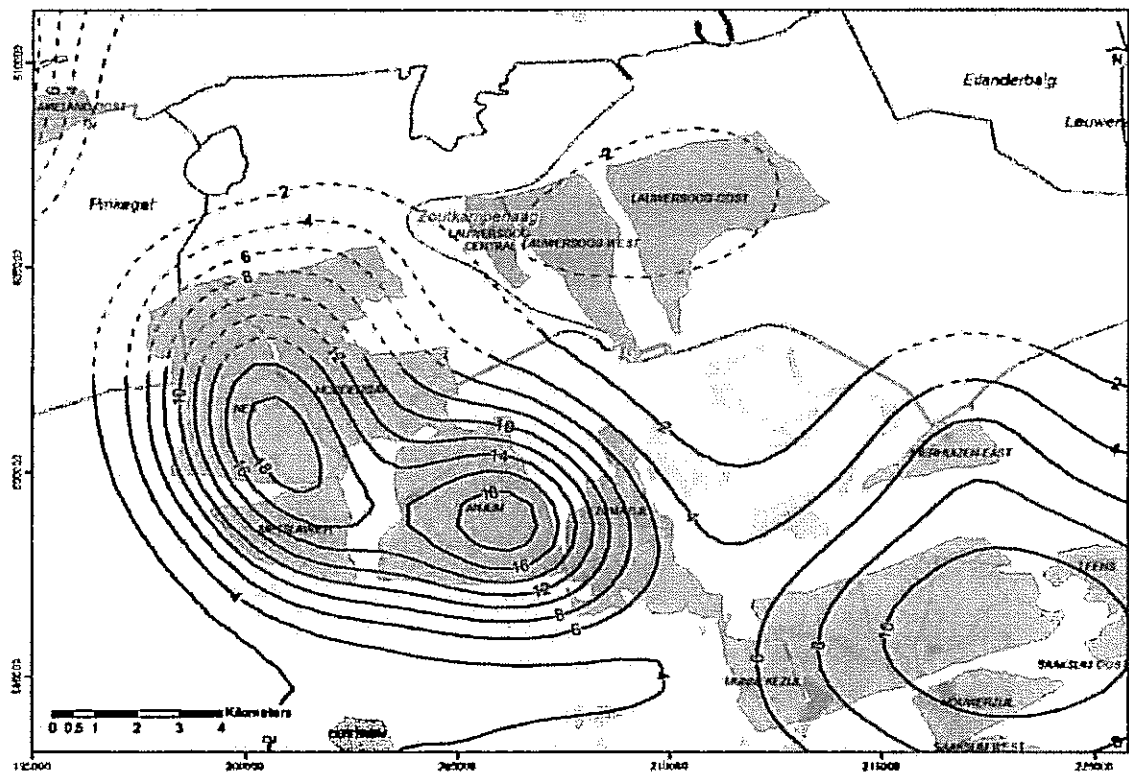


Fig C10 Bodemdalingprognose voor 2050 van de totale bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

C3) Risicoanalyse bodemtrilling

De winning van 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, kennisinstututen 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", "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 lichte aardbevingen 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 seismiciteit; 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 04-244-0106B / KNMI-publicatie 108, 2004).

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

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

De voorkomens in dit winningsplan vallen beide in de 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	B	E	Kans op geïnduceerde bevingen
Nes	0,64	1,28	0
Moddergat	0,89	1,28	0
Lauwersoog-C	1,02	1,28	10% (± 5%)
Lauwersoog-Oost	1,17	1,28	10% (± 5%)
Lauwersoog-West	1,18	1,28	10% (± 5%)
Vierhuizen-Oost	2,03	1,28	10% (± 5%)

	<p>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.</p> <p>In onderdeel C6 worden de schadebeperkende maatregelen en condities voor eventuele vergoedingen in geval van schade uiteengezet.</p> <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 seismiciteit 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>In dit winningsplan beschreven voorkomens vindt continue 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>C4) Omvang en aard van de schade</p> <p>C4.1 Algemeen</p> <p>Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich geleidelijk 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. De nog te verwachten maximale bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens bedraagt minder dan 16 centimeter in het centrum van de bodemdalingkom. Deze kom ligt voor iets meer dan de helft in de Waddenzee, waar compensatie door sedimentatie zal optreden.</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>C4.2 Schade aan openbare infrastructuur door bodembeweging</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>Er zijn voor Noord-Nederland berekeningen uitgevoerd naar de mogelijkheid van het optreden van liquefactie door, vergeleken met tektonische aardbevingen, ondiepe aardbevingen wat een verzwakking van de dijken tot gevolg zou kunnen hebben. Geconcludeerd is dat liquefactie als gevolg van een ondiepe aardbeving, van een maximale sterkte zoals verwacht door het KNMI, zeer onwaarschijnlijk is (Evaluatie van liquefactie door kleine ondiepe aardbevingen in Noord-Nederland; grondmechanica Delft rapportnr. CO-383750/13 versie 02, november 1998).</p> <p>C4.3 Schade aan bouwwerken door bodembeweging.</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 zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987".</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).

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.

Indien schade is opgetreden dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden.

C4.4 Schade aan natuur en milieu door bodemdaling

De bodemdalingsschotel ten gevolge van de voorgenomen winning omvat gebieden met een sterk verschillende ecologie. Het westelijke deel bestaat voornamelijk uit agrarisch gebied (weide en akkers), het oostelijke deel uit het Nationaal Park Lauwersmeer (groot areaal open water, natte tot drassige oevers, graslanden en bos) en het militaire oefenterrein de Marnewaard (inclusief natuurgebiedjes), het noordelijke deel uit de zomerpolder en kwelder van de Peazemerlannen en wadplaten en geulen van de Waddenzee.

Op basis van verricht onderzoek (zie MER aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf MGT – LWO – VRH) zijn geen significante gevolgen voor natuur en milieu te verwachten. Bij de vergunningsaanvraag/vergunningverlening op grond van de Natuurbeschermingswet 1998 wordt uitvoerig ingegaan op mogelijke effecten aan natuur en milieu door bodemdaling. Volledigheidshalve wordt in dit winningsplan ook inzichtelijk gemaakt met welke aspecten bij de voornoemde vergunningverlening rekening wordt gehouden.

De belangrijkste theoretische gevolgen van bodemdaling voor natuur en milieu die binnendijks kunnen worden onderscheiden, zijn:

- gevolgen die gepaard gaan met aanpassingen in de (streef)waterstanden
- gevolgen van een gewijzigd inundatieregime (frequentie, diepte en areaal)

Wijzigingen in het inundatieregime a.g.v. van bodemdaling door gaswinning zijn in eerste instantie van belang voor natuurgebieden. In agrarische gebieden spelen deze wijzigingen een minder belangrijke rol omdat het t.o.v. de peildynamiek in de gebieden beperkte dalingen betreft die opgevangen kunnen worden in het peilbeheer en de infrastructuur.

Voor zowel natuurgebieden als het agrarische gebied zijn aanpassingen in de waterstanden van belang omdat ze de volgende veranderingen met zich mee kunnen brengen:

- verandering in potentiaalverschil tussen grond- en oppervlaktewater wat de mate van verzilting beïnvloedt
- verandering in opvoerhoogte en lozingsvenster van peilregelende kunstwerken wat de capaciteit van het kunstwerk beïnvloedt
- veranderingen in drooglegging wat de vegetatie en (bodem)fauna beïnvloedt
- veranderingen in het inundatieregime wat de vegetatie en (bodem)fauna beïnvloedt

De bodemdalingeffecten zullen per deelgebied worden besproken.

Agrarische, binnendijkse gebieden

De effecten van bodemdaling in het agrarische gebied zijn afhankelijk van de mate van bodemdaling, de hoogteligging van het gebied, de hydraulische eigenschappen van de ondergrond en het gevoerde waterbeheer. Effecten van bodemdaling door gaswinning in het agrarische gebied hangen samen met peilaanpassingen om de gewenste drooglegging te handhaven. Veranderingen in drooglegging kunnen zowel positief als negatief worden aangemerkt terwijl een toename van de verzilting als gevolg van de peilaanpassing als een negatief effect moet worden beoordeeld.

Tot een bodemdaling van ca. 4 cm (± 1 cm) worden geen negatieve effecten op de afvoermogelijkheden van het waterbezwaar verwacht, terwijl in grotere gebieden bij een bodemdaling van 5 à 10 cm geen veranderingen in de drooglegging worden verwacht.

Bij een dalingsniveau groter dan 10 cm kunnen corrigerende waterhuishoudkundige maatregelen ecologische gevolgen met zich meebrengen.

Gelet op het feit dat de cumulatieve bodemdaling door gaswinning in het diepste punt ca. 18 cm bedraagt (voorheen 14 cm) en het gebieden betreft met een kunstmatig waterhuishouding, kunnen de negatieve effecten van bodemdaling door gaswinning worden opgevangen binnen het waterbeheer.

Nationaal Park Lauwersmeer

De effecten in het Lauwersmeer als gevolg van bodemdaling door gaswinning hangen in eerste instantie samen met een verandering in het inundatieregime, daar binnen het beheer geen peilaanpassingen a.g.v. bodemdaling zijn voorzien. Dat betekent dat het areaal geïnundeerd gebied toeneemt. Deze verandering kan zowel positief als negatief worden aangemerkt afhankelijk van het streefbeeld dat wordt aangehouden m.b.t. de natuur(ontwikkeling) in het gebied. In de huidige scenario's voor natuurontwikkeling wordt uitgegaan van een verhoogde en meer natuurlijke peildynamiek in het meer. Vergelijken met de effecten van de beoogde scenario's zijn de effecten van bodemdaling door gaswinning verwaarloosbaar.

Ten aanzien van de effecten van bodemdaling wordt in het achtergrondrapport van Altenburg&Wymenga bij het voornoemde MER geconcludeerd dat:

- *van de bestaande winning (Anjum) en nieuwe winningen samen alleen een gering effect op de veldmuis, de bruine en blauwe kiekendief en de kalkminnende duinvegetaties mogelijk is en dat het effect van de nieuwe winningen alleen nog geringer is*
- *het geringe effect op de veldmuis, de bruine en blauwe kiekendief en de kalkminnende duinvegetaties, niet significant is*

De mogelijke negatieve effecten van bodemdaling zijn gering en veel kleiner dan de effecten die samenhangen met de beoogde beheersscenario's voor de toekomst. Verwacht wordt dan ook dat er geen extra beheersmaatregelen behoeven te worden doorgevoerd.

De nieuwe winningen tasten dan ook de natuur- en of te beschermen vogelwaarden in het Lauwersmeer niet aan.

Voorvoemde conclusies zijn nog steeds geldend mede gezien de verwachte geringere bodemdaling in het Lauwersmeer (De bodemdaling volgens dit winningsplan t.o.v. de bodemdaling volgens het winningsplan 2005)

Buitendijkse gebieden

De gevolgen van bodemdaling op de buitendijkse natuur en milieu hebben voornamelijk betrekking op de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag en het kweldergebied en de zomerpolder van de Peazemerlannen.

Kweldergebied & zomerpolder

De Peazemerlannen bestaat uit 2 functioneel verschillende gebiedsdelen: een zuidelijk gelegen zomerpolder en een noordelijk gelegen kwelder (voormalige zomerpolder).

De zomerpolder overstroomt alleen in de winter bij stormvloed door er niet of nauwelijks aanslibbing plaatsvindt. Met het oog op bodemdaling en een stijgende zeespiegel zal het beheer van de polder steeds moeilijker worden omdat de hoogteligging van de polder steeds verder gaat achterlopen bij de omgeving. Een methode om de achterstand te herstellen is (eventueel tijdelijk) ontpolderen. Door de gelijkmatige daling in het gebied worden er t.a.v. de infrastructuur voor de afwatering geen negatieve effecten verwacht. Op de lange termijn (decennia) kan het achterlopen van de polder wel tot een lozingsprobleem leiden.

De kwelder is ontpolderd door een dijkbreek in het verleden en vormt tegenwoordig min of meer een geheel met de zeewaarts gelegen pionierszone. Door de ontpoldering vindt er opslibbing plaats. De natuurlijke opslibbing op de kwelder van de Peazemerlannen bedraagt ruim 1 tot 1,5 cm per jaar (W.E. van Duin et al., 1997; Veranderingen in bodemhoogte, opslibbing, erosie en inklink). De prognose voor bodemdaling op de kwelder blijft onder het natuurlijke lokale opslibbingsvermogen, hetgeen betekent dat de opslibbingsbalans positief blijft. Hierdoor wordt de veroudering (successie van de vegetatie met een ecologische waardevermindering) mogelijk afgeremd wat een positieve uitwerking kan hebben op de biodiversiteit en treed er geen verandering op in de overstromingsfrequentie waardoor een geen effect op de broedvogels van de kwelders wordt verwacht.

Op de kwelder zijn geen maatregelen nodig omdat de sedimentatieprocessen op de kwelder en wadplaten

de effecten van bodemdaling compenseren zo lang bodemdalingssnelheid niet groter is dan de opslibbingsnelheid.

De erosie ter plekke van de oude dijkdoorbraak versnelt mogelijk in de komende jaren. De in het genoemde rapport voorgestelde maatregel bestaat uit het plaatsen van een rijkhouten dam, direct binnen het gat in de zomerdijk.

Kombergingsgebieden / het wad

Op basis van monitoring die in de Waddenzee bij Ameland wordt uitgevoerd en de studies die in het kader van deze winning zijn opgesteld (Wang & Eysink 2005; Meesters e.a. 2005), wordt verwacht dat bodemdaling in de betreffende kombergingen niet tot significante veranderingen leidt in de morfologie en abiotische omstandigheden en dat lokale daling van wadplaten ook in de toekomst wordt gecompenseerd door sedimentatie. Om die reden worden dan ook geen significante effecten op zeegras, bodemdieren, wad- en watervogels en zeezoogdieren verwacht.

De effecten van bodemdaling in de Waddenzee worden gecompenseerd door natuurlijke sedimentatie wanneer de bodemdalingssnelheid beneden een bepaalde grenswaarde blijft. Deze waarde, ook wel natuurgrens genoemd, is afhankelijk van de grootte van de komberging en daarom voor kombergingen van verschillende grootte bepaald. Wanneer rekening wordt gehouden met autonome bodemdaling en zeespiegelstijging blijft er een gebruiksruimte over voor bodemdaling door gaswinning. Het betreft hier de gemiddelde bodemdalingssnelheid over een bepaald aantal jaren. Verschillende studies zijn uitgevoerd om de natuurgrens van de kombergingsgebieden te bepalen. Voor het bepalen van een productie scenario is voor de kombergingsgebieden uitgegaan van de gebruiksruimte voor gaswinning zoals aangegeven door het bevoegde gezag. Er moet worden bedacht dat de natuurgrenzen zijn bepaald als veilige grens van het lange termijn meegroeivermogen voor perioden van 19 jaar.

De figuren C11 en C12 tonen de gemiddelde bodemdalingssnelheid (zesjaarlijks voortschrijdend gemiddelde) in respectievelijk de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag ten gevolge van de gasproductie uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens in combinatie met omliggende producerende voorkomens. De in deze figuren voor een bepaald jaar (bijvoorbeeld 2015) getoonde waarde, is het zesjaarlijkse gemiddelde op 1 januari van dat jaar (1-1-2015) over de periode die zich uitstrekt van drie jaar daarvoor (1-1-2012) tot drie jaar daarna (1-1-2018).

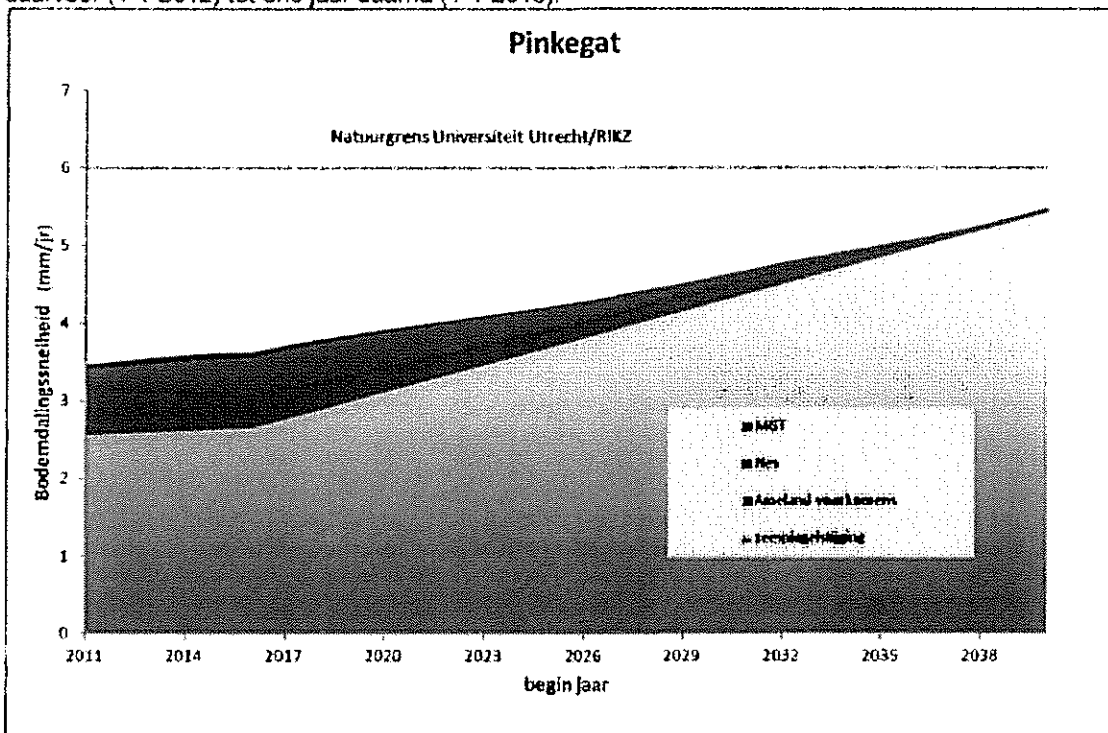


Fig C11. Zesjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid in het kombergingsgebied Pinkegat (mm/jaar) bij toepassing van het productieprofiel uit sectie B5.3 en de zeespiegelstijging zoals gegeven door EL&I (geactualiseerd april 2011)

Zoutkamperlaag

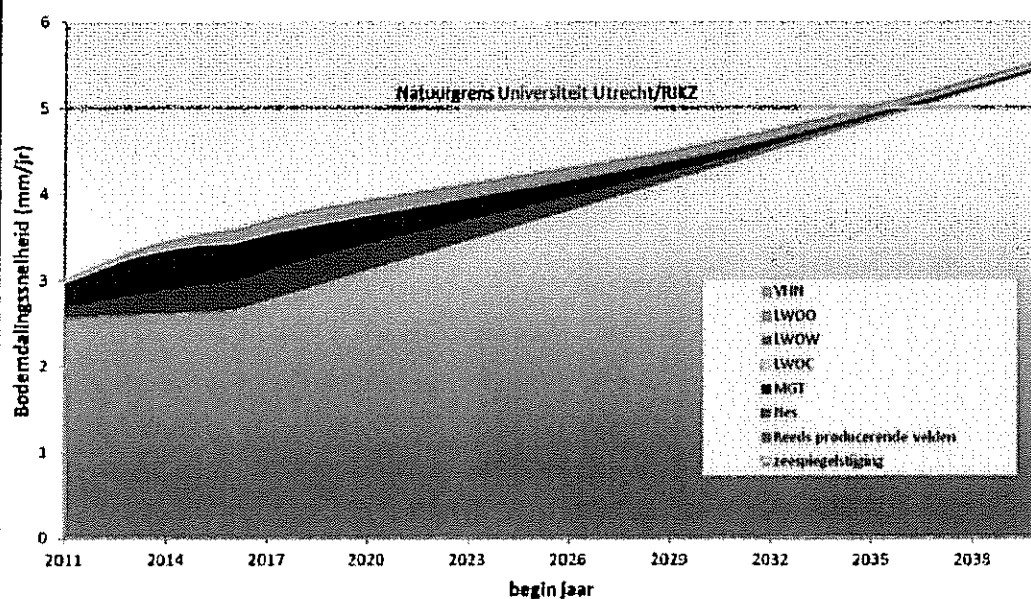


Fig. C12. Zesjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid in het kombergingsgebied Zoutkamperlaag (mm/jaar) bij toepassing van het productieprofiel uit sectie B5.3 en de zeespiegelstijging zoals gegeven door EL&I. (geactualiseerd april 2011)

De waarden voor de gemiddelde volumetoename en bodemdalingssnelheid over telkens een periode van 6 jaar voor respectievelijk de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag worden weergegeven in tabel C3.

Reeds ontwikkelde en nieuwe velden	Pinkegat			Zoutkamperlaag		
	Volume toename	Cumulatief volume (eind periode)	Gem. Bodemdalingssnelheid/ Jaar	Volume toename	Cumulatief volume (eind periode)	Gem. Bodemdalingssnelheid/jaar
Periode	Mln m3	Mln m3	mm/jaar	Mln m3	Mln m3	mm/jaar
2011 - 2017	0.35	3.25	0.97	0.76	0.89	0.85
2017 - 2023	0.29	3.54	0.80	0.73	1.62	0.82
2023 - 2029	0.17	3.71	0.47	0.45	2.07	0.50
2029 - 2035	0.09	3.80	0.26	0.21	2.28	0.24
2035 - 2041	0.02	3.82	0.04	0.11	2.39	0.12
Nes, Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen	Volume toename	Cumulatief volume (eind periode)	Gem. Bodemdalingssnelheid/jaar	Volume toename	Cumulatief volume (eind periode)	Gem. Bodemdalingssnelheid/jaar
Periode	Mln m3	Mln m3	mm/jaar	Mln m3	Mln m3	mm/jaar
2011 - 2017	0.17	0.19	0.46	0.76	0.85	0.85
2017 - 2023	0.17	0.36	0.47	0.73	1.58	0.82
2023 - 2029	0.09	0.44	0.24	0.45	2.03	0.50
2029 - 2035	0.03	0.47	0.07	0.22	2.24	0.24
2035 - 2041	0.00	0.47	0.01	0.11	2.35	0.12

Tabel C3 Bodemdalingssnelheid (gemiddelde over periode in mm/jaar) en bodemdalingssnelheid (gemiddelde over periode in mm/jaar) per kombergingsgebied over sequentiële periodes van 6 jaar vanaf 1 januari 2011, de cumulatieve volumes geven de volumes weer vanaf de start van de winning.

De gemiddelde bodemdalingssnelheid in een kombergingsgebied wordt bepaald door het berekende bodemdalingsvolume per tijdseenheid in het kombergingsgebied te delen door de oppervlakte van het betreffende gebied (Pinkegat: $60 \times 10^6 \text{ m}^2$, Zoutkamperlaag: $148 \times 10^6 \text{ m}^2$).

M
p
24
Tid
Tr

C5) Maatregelen om bodembeweging te voorkomen / te beperken

Om te borgen dat de bodemdalingssnelheid veroorzaakt door gaswinning de natuurgrenzen niet zal overschrijden, zal het zogenaamde "hand aan de kraan" principe worden toegepast, hetgeen hieronder nader is uitgewerkt. Modelberekeningen hebben aangetoond, dat gasproductie volgens het in B5.3 gegeven profiel zal leiden tot een bodemdalingssnelheidsprofiel dat past binnen de gebruiksruimte voor gaswinning als aangegeven door het bevoegde gezag. Omdat er aan de modelresultaten, zoals bij elk model, onzekerheden verbonden zijn, wordt voorzien in een zorgvuldige meting van de bodemdalingssnelheid, zodat bij dreigende overschrijding op basis van een geactualiseerde bodemdalinganalyse tijdig kan worden ingegrepen door middel van tempering van de productie.

Procedure "hand aan de kraan".

Om daadwerkelijke toekomstige overschrijding van de toegestane gebruiksruimte voor gaswinning te voorkomen is een beheersproces opgezet dat voorziet in het actualiseren van de prognose van de gemiddelde bodemdalingssnelheid. In onderstaande meet- en regelcyclus is dit proces schematisch weergegeven.

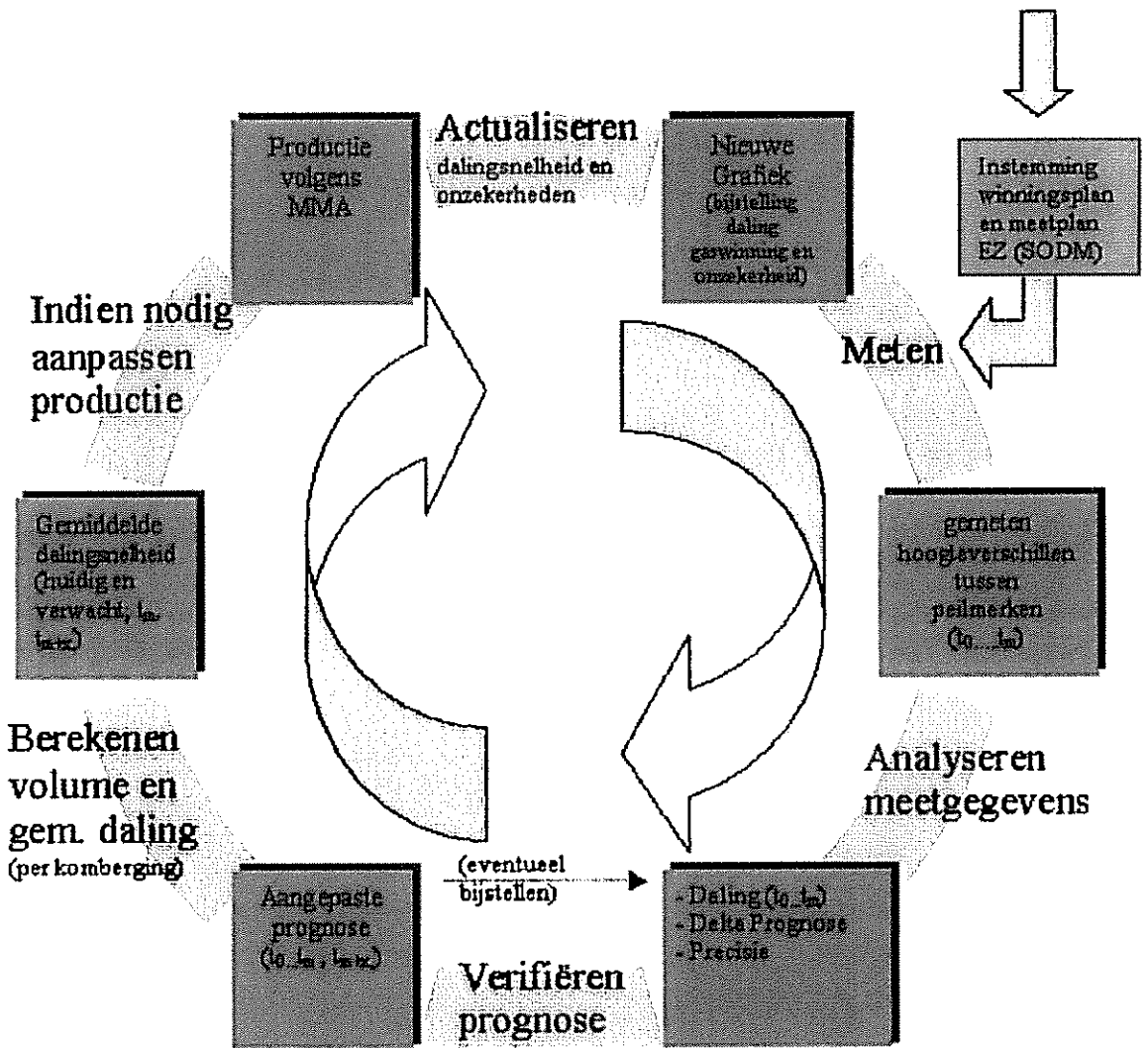


Fig. C11 Meet- en regelcyclus.

1. **Meten.** Om te kunnen bepalen of de bodemdaling in lijn met de prognose verloopt, zijn nauwkeurige hoogteverschilmetingen nodig. Het netwerk van meetpunten wordt op basis van voortschrijdend inzicht bepaald en vastgelegd in een meetplan dat jaarlijks geactualiseerd wordt en instemming behoeft van het bevoegd gezag.
2. **Analyseren meetgegevens:** Alle beschikbare hoogteverschilmetingen worden per epoeche vereffend en

getoetst op fouten. De geschatte hoogteverschillen in de tijd worden gerapporteerd in een differentiestaat.

3. Verifiëren (en bijstellen) prognose: De prognose wordt geverifieerd met behulp van inversie van de resultaten van berekende bodemdaling. Kennis van de ondergrond en resultaten van metingen van reservoir parameters zoals drukdaling worden ingezet om afwijkingen tussen de bodemdalinganalyse en prognosemodellen te verklaren en waar nodig het prognosemodel bij te stellen. Bij aanpassingen van de prognose zal ter controle het nieuwe prognose model nogmaals als invoer worden gebruikt in de hiervoor beschreven analyse methode. Verschillen tussen prognosemodel en berekende bodemdaling geven daarbij aan hoe goed meting en prognose op elkaar aansluiten.
4. Berekenen volume en gemiddelde dalingssnelheid: Als onderdeel van de (bijgestelde) prognose wordt de reeds opgetreden en bij voortzetting van het geldende productieprofiel in de toekomst te verwachten toename van het dalingsvolume (m^3/jr) in het betreffende kombergings gebied (opnieuw) bepaald. Door de volumetoename te delen door het kombergingsoppervlak wordt een gemiddelde bodemdalingssnelheid (mm/jr) per kombergingsgebied berekend.
5. Aanpassen van productie: Mocht uit de (bijgestelde) prognose blijken dat bij voortzetting van de productie volgens het geldende productieprofiel de gemiddelde dalingssnelheid de voor gaswinning beschikbare gebruikruimte op enig moment zal benaderen of overschrijden, dan zal de productie worden aangepast volgens een gewijzigd profiel (jaarlijks bij te stellen) waarbij deze benadering of overschrijding niet optreedt.
6. Actualiseren dalingssnelheid en onzekerheden: Op basis van de verkregen inzichten zullen de betreffende grafieken voor Pinkegat en Zoutkamperlaag worden bijgesteld. Zowel de actuele door gaswinning veroorzaakte belasting op het kombergingsgebied, als ook de op basis van nieuwe inzichten (metingen) geprognosticeerde doorkijk naar de toekomst zal hiermee worden geactualiseerd. Hetzelfde geldt voor de geactualiseerde onzekerheid die in tijd zal afnemen, door het beschikbaar komen van steeds meer meetreeksen. Het bevoegd gezag zal hierover worden geïnformeerd en op basis van voortschrijdend inzicht zal het meetplan worden geactualiseerd. Hiermee is het proces van de meet- en regelcyclus rond.

Deze meet en regel cyclus wordt sinds 2007 toegepast. De frequentie van de beschreven cyclus is gebaseerd op het Meetplan. De resultaten worden jaarlijks gerapporteerd aan het bevoegd gezag.

Op de locaties Moddergat en AME-1 zijn GPS meetstations geïnstalleerd. Op deze plaatsen wordt maandelijks de gemiddelde lokale dalingssnelheid vergeleken met de prognose. Indien blijkt dat de dalingssnelheid op basis van de maandelijkse meetresultaten boven de onzekerheidsmarge van de prognose uitkomt, zullen tussentijds extra vlakdekkende metingen worden uitgevoerd in aanvulling op de metingen zoals vastgelegd in het Meetplan. Hiermee zal tevens de analyse- en prognosefrequentie worden opgevoerd op basis waarvan de productie wordt aangepast.

Om te bepalen of met mitigerende maatregelen, zoals het aanpassen van het productieprofiel, de belasting van de gebruikruimte gestuurd kan worden is de zogenaamde remweg bepaald. Hierbij is het effect op de belasting van de gebruikruimte onderzocht van het (denkbeeldig) op 1-1-2015 beëindigen van de productie uit de in dit winningsplan beschreven voorkomens. Het resultaat is getoond in figuren C12 en C13, waaruit blijkt dat de bodemdaling weliswaar nog enige tijd doorgaat, maar dat de bodemdalingssnelheid afneemt.

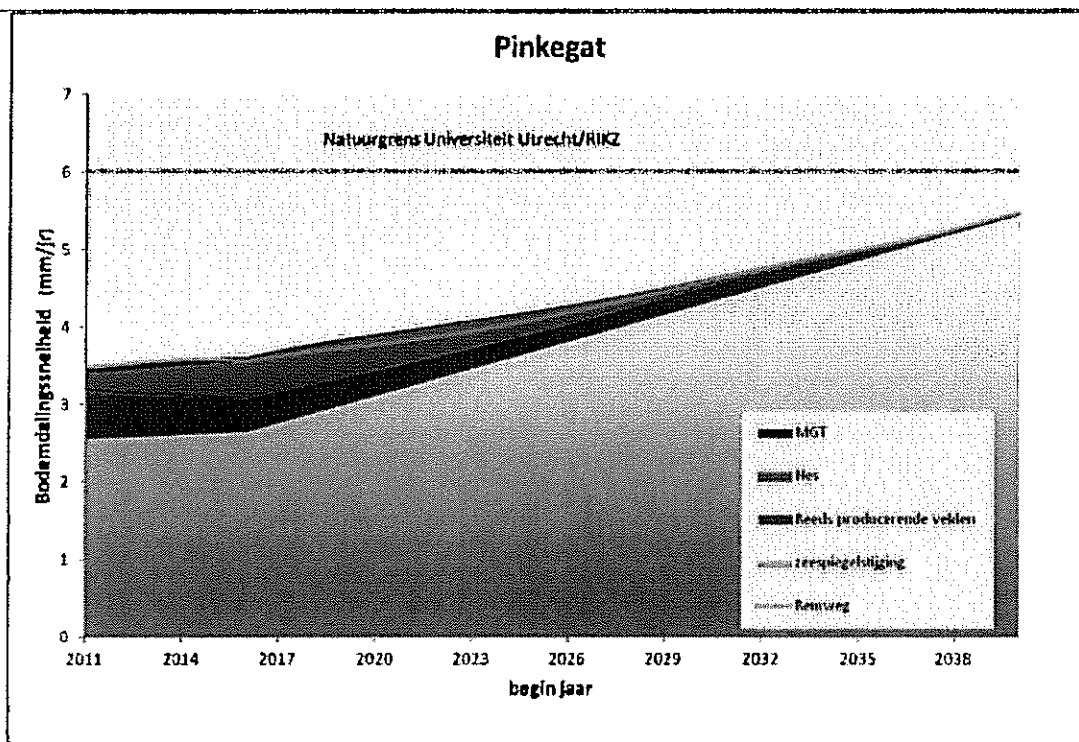


Fig. C12 Zesjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid in het kombergingsgebied Pinkegat (mm/jaar) bij toepassing van het productieprofiel uit sectie B5.3) en de zeespiegelstijging zoals gegeven door EL&I (geactualiseerd april 2011). Tevens is de remweg bij beëindiging van de productie in 2015 getoond.

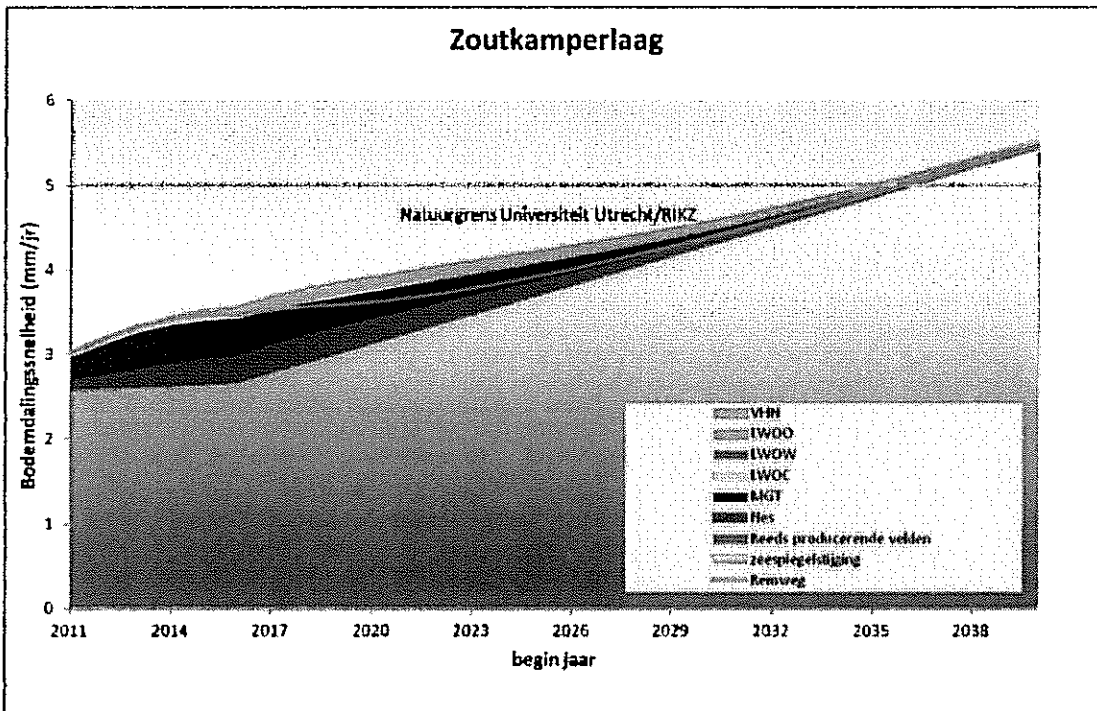


Fig. C13 Zesjaarlijks voortschrijdend gemiddelde van de bodemdalingssnelheid in het kombergingsgebied Pinkegat (mm/jaar) bij toepassing van het productieprofiel uit sectie B5.3 en de zeespiegelstijging zoals gegeven door EL&I (geactualiseerd april 2011). Tevens is de remweg bij beëindiging van de productie in 2015 getoond.

M
b
24
lid
1s

C6) Maatregelen om schade door bodembeweging te beperken of voorkomen

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.

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.

Voor mogelijke schade veroorzaakt door aardbevingen die worden veroorzaakt door gaswinning rust op de NAM de verplichting deze te vergoeden overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht. 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 en/of opslag. Deze regeling is beschreven in de folders "Bodemdaling", "Lichte Aardbevingen" en "Gaswinning en Lichte Aardbevingen"(www.nam.nl).

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 winningsvergunning Noord-Friesland wordt behandeld door de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân (zie <http://www.bodemdalingfryslan.nl/>).

Ondertekening

Datum: 30/09/2011

Naam:

Plaats: Assen

Functie:

Bijlagen

Omschrijving

niet van toepassing

VERTROUWELIJK

Behoort bij aanvraag om instemming wijziging winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen d.d. September 2011

	<p>D) Bedrijfs- en productiegegevens (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.)</p>
Mb 24 lid 1a,b Mr 1.2.1 lid 3	<p>D1) Beschrijving omvang, structuur en samenstelling van koolwaterstoffen ARPR 2011</p>
Mw 35 lid 1e Mb 24 lid 11	<p>D2) Investerings:</p> <p>De investeringen omvatten uitgaven voor het boren in 2012 van een nieuwe put in het Nes voorkomen. In de toekomst zullen kleine modificaties in de bestaande installatie worden uitgevoerd om de genoemde nieuwe voorkomens naar de bestaande compressiefaciliteiten aan te sluiten.</p> <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</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"><p>Wadden velden</p><p>- Investeringsuitgaven -</p></div> <p>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 alleen de momenteel zeker geachte investeringen in dit schema opgenomen.</p>

M
w
35
lid
1e
Mb
24
lid
11

D2.1) Bedrijfsvoeringskosten/jaar:

Wadden velden
- Operationele kosten -

Bovenstaande grafiek geeft de incrementele bedrijfsvoeringskosten als gevolg van de Waddenzee productie.

Ondertekening

Datum: 30 september 2011

Naam:

Plaats: Assen

Functie

Bijlagen

Omschrijving

Bijlage 1: ARPR 2011 Nes
Bijlage 2: ARPR 2011 Moddergat
Bijlage 3: ARPR 2011 Lauwersoog-C
Bijlage 4: ARPR 2011 Lauwersoog-West
Bijlage 5: ARPR 2011 Lauwersoog-Oost
Bijlage 6: ARPR 2011 Vierhuizen

1)
Mw= Mijnbouwwet
Mb= Mijnbouwbesluit
Mr= Mijnbouwregeling

VERTROUWELIJK
BIJLAGE 1 : ARPR NES
WINNINGSPLAN MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN

HRV-MS Reservoir Group : NES-RO
Group Is In Field : NES (NES)
Reservoirs In Group : NES-ROGL
Concessions for Group : NOORD-FRIESLAND
Discovered by : MODDERGAT-2
Discovered In Year : 1995
Year of First Production : 2007
Active Gas Producers * : 1
Active Oil Producers * :
Active Gas Injectors * :
Active Water Injectors * :

* Number of Active Wells are for the year: 2010

INTRODUCTION

The Nes field is located in the eastern Waddenzee part of the Noord Friesland Concession (NE-Netherlands). It was discovered by the well MGT-2 in April 1995. Wet gas is evacuated to the Anjum plant facilities as of February 2007. The field is fully covered by a 3D Pre-SDM seismic dataset. The production permits follow a hand on the tap policy, i.e. in case subsidence exceeds a preset limit production will be reduced or stopped.

STATIC RESERVOIR MODEL

DYNAMIC RESERVOIR MODEL

n

SCOPE FOR RECOVERY

UNCERTAINTIES

WSW-ENE Cross section of the Nes and Moddergat Fields



Asset Land

NES Field
(MGT- 2)

**BIJLAGE 2 : ARPR MODDERGAT
WINNINGSPLAN MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN**

PRV-MS Reservoir Group	EGT-FR
Group is in Field	MODDERGAT (ACT)
Reservoirs in Group	MGT-FRDL
Concessions for Group	NOORD-FRIESLAND
Discovered by	MODDERGAT-1
Discovered in Year	1995
Year of First Production	2007
Active Gas Producers *	1
Active Oil Producers *	
Active Gas Injectors *	
Active Water Injectors *	

* Number of Active Wells are for the year 2010

INTRODUCTION

The Moddergat field is located in the eastern Waddenzee section of the Noord Friesland Concession (NE Netherlands). It was discovered by the well MGT-1 in 1995. Wet gas is evacuated to the Anjum plant facilities as of February 2007. The field is fully covered by a 3D Pre-SDM seismic dataset. The production permits follow a hand on the tap policy, i.e. in case the observed subsidence rate exceeds a preset limit production will be reduced or stopped.

STATIC RESERVOIR MODEL

DYNAMIC RESERVOIR MODEL

SCOPE FOR RECOVERY

UNCERTAINTIES

WSW-ENE Cross section of the Nes and Moddergat Fields



Asset Land

MODDERGAT Field
(MGT- 1B)

**BIJLAGE 3 : ARPR Lauwersoog Central
WINNINGSPLAN MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN**

HF0415 Reservoir Group	LWOC-RO
Group is in Field	LAUWERSOOG-CENTRAL (LWOC)
Reservoir in Group	LWOC-RO
Concessions for Group	NOORD-FRIESLAND
Discovered by	LAUWERSOOG-2
Discovered in Year	1997
Year of First Production	
Active Gas Producers *	
Active Oil Producers *	
Active Gas Injectors *	
Active Water Injectors *	

* Number of Active Wells see for the year: 2010

INTRODUCTION

The Lauwersoog-C field lies beneath the Waddenzee, to the Northwest of Lauwersoog harbour, in the Noord Friesland concession. It was discovered in 1997 by the well LWO-2. It is currently planned to evacuate the gas to the Anjum facilities as part of the Anjum phase 2B development. The field is fully covered by a 3D seismic dataset.

The field lies underneath the Waddenzee, which is an environmentally sensitive area. Any production from the field will be controlled according to the "hand on the tap" philosophy; if the observed subsidence rate exceeds preset limits then the offtake from the field will be reduced or stopped.

At this time, the LWO-2 well is hooked up to the facilities. Production was due to start from Q2 of this year. However due to operational problems during perforation and subsequent losing of the gun in the well, a work-over is planned in Q1 next year. A realistic start-date of the well is planned for Q3 of 2011.

STATIC RESERVOIR MODEL

DYNAMIC RESERVOIR MODEL

SCOPE FOR RECOVERY

UNCERTAINTIES



NAM
Afdeling Olie en Gas, EPC 00811029121000

**Schematic Cross Section
Lauwersoog Field**





Asset Land

LAUWERSOOG-CENTRAL Field

(LWO- 2)

**BIJLAGE 4 : ARPR Lauwersoog West
WINNINGSPLAN MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN**

PROVMS Reservoir Group	LWO-W-RO
Group in Field	LAUWERSOOG-WEST (LWO-W)
Reservoir in Group	LWO-W-ROSLU
Concessions for Group	NOORD-FRIESLAND
Discovered by	LAUWERSOOG-3
Discovered in Year	1998
Year of First Production	2008
Active Gas Producers *	1
Active Oil Producers *	
Active Gas Injectors **	
Active Water Injectors *	

* Number of Active Wells and ** for the year 2010

INTRODUCTION

The Rotliegend (ROSLU) Lauwersoog-West field was discovered by the well LWO-3 in 1998, drilled from the Lauwersoog location. It is situated in the Eastern part of the Noord Friesland Concession. The field is bounded to the West and East by the Lauwersoog-C and Lauwersoog-Oost undeveloped gas fields respectively.

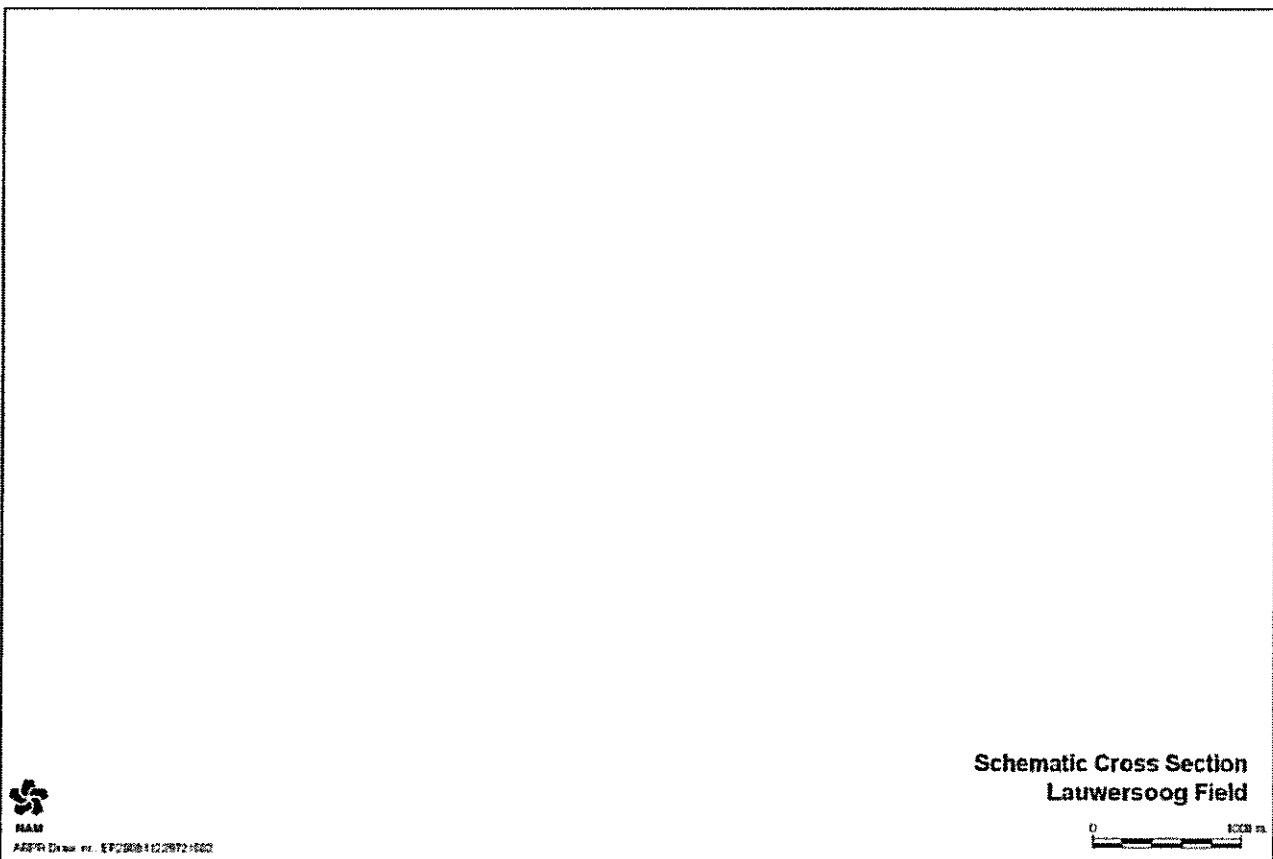
The LWO-3 well was perforated in the Upper Slochteren zones and brought onstream in November 2008, and is evacuated to the Anjum facilities. The field lies underneath the Waddenzee, an environmentally sensitive area and for this reason, the production follows a hand on the tap policy, i.e. in case the subsidence rate exceeds a preset limit production will be reduced or stopped.

STATIC RESERVOIR MODEL

DYNAMIC RESERVOIR MODEL

SCOPE FOR RECOVERY

UNCERTAINTIES





Asset Land

LAUWERSOOG-WEST Field
(LWO- 3)

**BIJLAGE 5 : ARPR Lauwersoog Oost
WINNINGSPLAN MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN**

HRV-MIS Reservoir Group	LWOO-RO
Group(s) in Field	LAUWERSOOG-OOST (LWOO)
Reservoir in Group	LWOO-ROSLI
Concession(s) for Group	NOORD-FRIESLAND
Discovered by	LAUWERSOOG-1
Discovered in Year	1998
Year of First Production	2008
Active Gas Producers *	1
Active Gas Injectors *	
Active Water Injectors *	

* Number of Active Wells are for the year 2010

INTRODUCTION

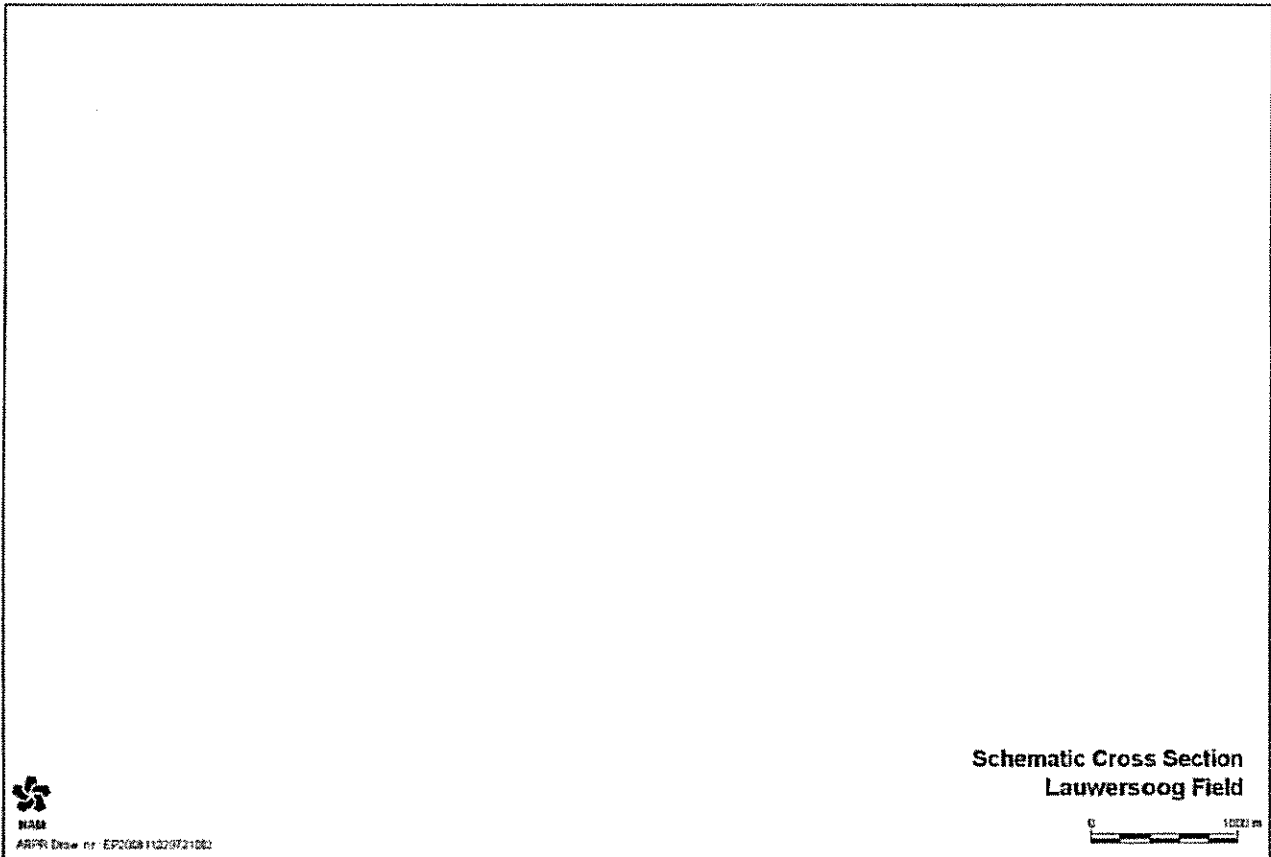
The Lauwersoog-Oost field lies beneath the Waddenzee at the eastern end of the Noord Friesland concession. The field is fully covered by a 3D seismic dataset. It was discovered in 1998 by the well LWO-1 and brought online in November 2008. The gas is evacuated to the Anjum facilities. The Waddenzee is an environmentally sensitive area and for this reason, the production follows a hand on the tap policy, i.e. in case the subsidence rate exceeds a preset limit production will be reduced or stopped.

STATIC RESERVOIR MODEL

DYNAMIC RESERVOIR MODEL

SCOPE FOR RECOVERY

UNCERTAINTIES



**Schematic Cross Section
Lauwersoog Field**



NAM
APPR Draw nr. EP2008-112792-1001





Asset Land

LAUWERSOOG-OOST Field

(LWO- 1B)

**BIJLAGE 5 : ARPR Lauwersoog Oost
WINNINGSPLAN MODDERGAT, LAUWERSOOG EN VIERHUIZEN**

HYDMS Reservoir Group	VHNE-ROSLU
Group as in Field	VERHUIZEN EAST (VHIE)
Reservoirs in Group	VHNE-ROSLU
Concessions for Group	GRONINGEN
Discovered by	VERHUIZEN-1
Discovered in Year	1994
Year of First Production	2008
Active Gas Producers *	1
Active Oil Producers *	
Active Gas Injectors *	
Active Water Injectors *	

* Number of Active Wells (as for the year 2010)

INTRODUCTION

The Vierhuizen field is located approximately 5 km to the north of the Munnekezijl field. The field was discovered by VHN-1 in 1994, which confirmed economic gas productivity from the Upper Slochteren formation. The south block in the eastern lobe of the field (discovered by VHN-2) lies almost fully in the Groningen concession (and reported in the Vierhuizen East entry). As GIIP in the De Marne concession is minor and uneconomic it is reported together with the North Friesland volumes. The western lobe of the field was discovered by VHN-3 well but economic development has not been proven. It is almost completely contained in the North Friesland concession. The second hole (VHN-3A) encountered a small gas column in the ROSLU reservoir and considered uneconomic. The area between the western and eastern lobe lies in the De Marne concession. The eastern lobe is bounded to the North by an East-West running fault.

In June 2008, a pipeline was hooked-up connecting the VHN-1 well to the Munnekezijl/Krabburen system, which provides an evacuation route to the Grijpskerk facilities. Since the well was put on production in June 2008, the free flow volumes are now classified as developed reserves.

STATIC RESERVOIR MODEL

DYNAMIC RESERVOIR MODEL

SCOPE FOR RECOVERY

UNCERTAINTIES



NAM
APPR-Draai nr. EP200811238-17102

**Schematic Cross Section
Vierhuizen Field**





Asset Land

VIERHUIZEN-EAST Field
(VHN- 1C)