

**Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en
Vierhuizen**

Resultaten uitvoering Meet- en regelcyclus 2007

NAM B.V.

EP Document Nummer.:	EP200803216458	Owner:	EPE-T-D
Revision No.:	Final revision		
Document Date:	29 april 2008	Security:	

The copyright of this document is vested in Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V., Assen, The Netherlands. All rights reserved. Neither the whole, nor any part of this document may be reproduced, stored in any retrieval system or transmitted in any form or by any means (electronic, mechanical, reprographic, recording or otherwise) without the prior written consent of the copyright owner.

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	3
2. Samenvatting	4
3. Meet- en Regelcyclus.....	6
3.1. Meten.....	6
3.2. Analyseren meetgegevens	6
Kwaliteitscontrole en bodemdalingsberekening.....	6
Resultaat bodemdalingsanalyse.....	6
Ameland voorkomens	6
Continue GPS metingen	7
3.3. Verifiëren prognose	7
Kalibratie reservoir simulatiemodel nieuwe Waddenzeevelden.....	7
Modellering bodemdaling.....	8
3.4. Berekenen volume en gemiddelde daling	9
Bepaling volume en gemiddelde daling	9
Onzekerheid analytisch gemodelleerde bodemdaling (alle velden behalve Ameland).	9
Onzekerheid Ameland bodemdaling.....	10
Bodemdalingsvolume voor bepaling belasting rapportagejaar 2007 met onzekerheid	11
Actuele en voorspelde bodemdalingssnelheid en belasting	12
3.5. Indien nodig aanpassen productie.....	13
3.6. Actualiseren.....	14
Bodemdaling GPS locaties op Moddergat en Ameland.....	16
4. Kwaliteitsborging	19
5. Conclusies.....	20
Referenties.....	21

1. Inleiding

Ten behoeve van de gaswinning vanaf de mijnbouwlocaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen heeft de minister van Economische Zaken ingestemd met het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (kenmerk: ET/EM/6047343 d.d. 26 juni 2006).

Als onderdeel van de voorschriften behorende bij voornoemde winningplan is een Meet- en regelprotocol opgesteld (referentie 1). Rapportagemomenten zijn in dit protocol vastgesteld.

In 2007 is een Meet- en regelcyclus uitgevoerd zoals beschreven in het Meet- en regelprotocol. Dit document bevat een beschrijving van de resultaten van de 6 deelprocessen van de Meet- en regelcyclus. De volgende tabellen en figuren zijn in deze rapportage opgenomen:

1. Een figuur met de contouren van de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning in combinatie met de op peilmerken uit hoogteverschilmetingen berekende bodemdaling zoals gerapporteerd in meetregister 2007 Waddenzee voor het rapportagejaar 2007 (figuur 3.1).
2. Tabellen met de jaarlijkse toename van het bodemdalingsvolume (inclusief onzekerheid) per voorkomen per kombergingsgebied voor de jaren 2005 t/m 2010 (Tabel 3.4 en 3.5).
3. Een tabel met de bodemdalingssnelheid (S) en belasting (B) per kombergingsgebied (Zoutkamperlaag en Pinkegat) tot 2040 (d.w.z. 5 jaar na geplande abandonnering) (tabel 3.7).
De gerapporteerde belasting B voor een bepaald jaar wordt berekend voor de situatie op 1 januari van dat jaar. Voor de rapportage in 2008 (over het jaar 2007) wordt op deze manier een B voor 1 januari 2008 berekend. In het winningsplan werd als datum 31 december 2007 gebruikt. Deze dag verschil heeft uiteraard geen gevolgen voor de prognose, maar alleen voor de rapportage.
4. Grafieken met de bodemdalingsbelasting voor de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag vanaf start productie op de locatie Moddergat tot 2040 (d.w.z. 5 jaar na geplande abandonnering) (Figuren 3.2 en 3.3).
5. Voor de voorkomens in het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen:
 - Drukdata per put op reservoirniveau en productie data van het rapportagejaar (tabel 3.2 en 3.3).
 - Geplande productie per voorkomen (jaarprofiel; tabel 3.8).
6. Geprognoseerde bodemdaling op de permanente GPS locaties (Moddergat en Ameland), inclusief onzekerheid (Figuren 3.4 en 3.5).

2. Samenvatting

Ten behoeve van de gaswinning vanaf de mijnbouwlocaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen heeft de minister van Economische Zaken ingestemd met het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen (kenmerk: ET/EM/6047343 d.d. 26 juni 2006).

Als onderdeel van de voorschriften behorende bij het voornoemde winningplan is een Meet- en regelprotocol opgesteld¹, waarmee de Inspecteur Generaal der Mijnen (IGM) heeft ingestemd bij brief van 2 februari 2007. Rapportagemomenten zijn in dit protocol vastgesteld.

Op 5-2-2007 is de gaswinning vanaf de locatie Moddergat uit de voorkomens Nes en Moddergat gestart. Het totaal geproduceerde gasvolume in 2007 uit beide voorkomens was minder dan het geplande volume dat in het bovengenoemde winningsplan is vermeld. Ten behoeve van de monitoring van de bodemdaling door gaswinning zijn in 2007, volgens het met SodM overeengekomen meetplan, op het eiland Ameland waterpasmetingen uitgevoerd en zijn GPS metingen op een viertal locaties in de Waddenzee verricht. Ook zijn de in 2006 gestarte continue GPS metingen op de locaties AME en Moddergat voortgezet.

Op de locatie Moddergat is over geheel 2007 met behulp van continue GPS metingen een bodemdaling van minder dan 2 mm vastgesteld. Dit is minder dan op basis van de prognose verwacht werd. Gezien de vooralsnog beperkte hoeveelheid meetgegevens en in afwachting van de resultaten van nieuwe vlakdekkende bodemdalingsmetingen die volgens het meetplan in 2008 zullen worden uitgevoerd, is bij berekening van de nog te verwachten bodemdaling met behulp van de geo-mechanische modellen vastgehouden aan de bestaande "veilige" modelparameters. Veilig wil in dit verband zeggen dat de met deze parameters modelmatig geprognosticeerde bodemdaling groter is dan de bodemdaling die door het model zou worden voorspeld bij aanname van de meest waarschijnlijke waarden voor de modelparameters.

Naar aanleiding van een herevaluatie in 2007 van de gasvoorkomens Moddergat en Nes, waarbij ook de gemeten gasproductie- en reservoirdrukgegevens zijn betrokken, concluderen wij dat de oorspronkelijk in de voorkomens aanwezige gasvolumes, die zijn aangegeven in het bovenvermelde winningsplan, bijstelling behoeven. Het gasvoorkomen Moddergat is kleiner en het gasvoorkomen Nes is groter dan eerder aangenomen. De NAM verwacht dat de totale gasreserves van Moddergat en Nes gecombineerd circa 5 mrd m³ groter zijn dan aanvankelijk in het winningsplan werd aangenomen.

Voor de bodemdalingsprognose van de Ameland velden is bij de uitvoering van deze meet- en regelcyclus wederom gebruik gemaakt van het geomechanische model dat ook voor de bodemdalingsprognoses in het winningsplan Ameland 2003 is toegepast. Vooral de resultaten van de GPS metingen van peilmerkdaling in de Waddenzee geven aan dat de omvang van de bodemdaling kleiner is dan door dit model met de bestaande parameters wordt voorspeld. In afwachting van toetsing in 2008 van het alternatieve geomechanische Ameland model volgens een door SodM ontwikkelde methode, wordt voorlopig echter vastgehouden aan het vigerende (veilige) bodemdalingsmodel.

In verband met de aangepaste gasreserves is het productieprofiel voor de voorkomens Moddergat en Nes aangepast. De hieruit resulterende aanpassing van

¹ Meet- en regelprotocol Winning Waddenzeegas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. EP200612202122.

de reservoirdruk voorspelling is meegenomen in de bodemdalingsprognose. Indien de gasreserves in een voorkomen groter zijn, leidt dit bij gelijkblijvend productieprofiel doorgaans tot een lagere bodemdalingssnelheid. Bij de toepassing van het hand aan de kraan principe ontstaat dan dus meer ruimte voor productie. NAM zal deze extra productieruimte echter pas willen gebruiken indien bij het doorlopen van de Meet- en regelcyclus in 2008 en 2009 door de dan beschikbare bodemdalingsmetingen opnieuw wordt bevestigd dat er inderdaad ruimte is voor extra gasproductie. Eind 2009 zal in dat geval een wijziging op het vigerende winningplan met betrekking tot verhoging van het productievolume aan de minister ter instemming worden voorgelegd.

De voorspelde belastingen (B) van de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Pinkegat zullen, inclusief de relatieve zeespiegelstijging volgens het scenario vastgelegd in hoofdstuk 4.7 van bijlage 3 van het Rijksprojecten besluit, pas rond 2028, het jaar tot waarin is ingestemd met het winningsplan, het gestelde meegroeivermogen van de kombergingsgebieden overschrijden. (zie figuren 3.2 en 3.3.)

Tenslotte wordt opgemerkt dat de gasvoorkomens vanaf de locaties Lauwersoog en Vierhuizen naar verwachting in 2008 in productie zullen worden genomen.

3. Meet- en Regelcyclus

In 2007 is opnieuw een Meet- en regelcyclus uitgevoerd. Bij de uitvoering van deze Meet- en regelcyclus worden de volgende 6 deelprocessen doorlopen: 1. meten, 2. analyseren meetgegevens, 3. verifiëren prognose, 4. berekenen volume en gemiddelde daling, 5. indien nodig aanpassen productie en 6. actualiseren. Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van deze 6 deelprocessen voor het rapportagejaar 2007.

3.1. Meten

Op basis van het in 2006 ingediende meetplan zijn in 2007 optische waterpas-metingen op Ameland en GPS metingen op een 4-tal wadhoogtemerken uitgevoerd. De resultaten van de waterpasmeting zijn in april 2007 middels het meetregister Ameland aan SodM gerapporteerd (referentie 7). In aanvulling op deze metingen hebben continue GPS metingen plaatsgevonden nabij de locaties Ameland en Moddergat. De resultaten van deze continue GPS metingen zijn maandelijks aan SodM gerapporteerd. NAM heeft naast bovengenoemde GPS opstellingen ook, tijdelijk, een continue GPS meetinstallatie geïnstalleerd op de locatie Anjum.

- Een uitvoerige beschrijving van de in 2006 uitgevoerde waterpas en GPS metingen wordt gegeven in referenties 5, 15 en 16.
- De meetresultaten voor 2007 zijn beschreven in referenties 7, 10, 11 en 12.

Kopieën van genoemde referenties zijn in het bezit van SodM.

3.2. Analyseren meetgegevens

Kwaliteitscontrole en bodemdalingsberekening

De analyse en kwaliteitscontrole van de waterpasmetingen wordt conform de door Staatstoezicht op de Mijnen gestelde eisen vereffend volgens een vrije netwerk-vereffening (referenties 8 en 9). Voor iedere meetcampagne wordt deze berekening uitgevoerd met het programma Move3 van Grontmij B.V. (referentie 17). Het resultaat van deze vereffening is een set consistente hoogtes inclusief kwaliteitsparameters waaruit de differentiatie staat wordt berekend.

Resultaat bodemdalingsanalyse

Ameland voorkomens.

De onder 3.1 genoemde waterpasmetingen alsook alle historische waterpas- en hydrostatische metingen met directe aansluiting aan het ondergrondse merk Nes zijn volgens de beschreven Move3 differentie staat methodiek geanalyseerd (referentie 13). Voor de integratie van de GPS metingen in de differentie staat zijn de ellipsoidische GPS hoogten met behulp van het NLGEO2004 geoidmodel (referentie 18) omgerekend in relatieve orthometrische hoogten. De zodanig getransformeerde GPS hoogteverschillen zijn direct vergelijkbaar met de relatieve hoogten uit waterpasmetingen, waarbij rekening moet worden gehouden met de afstandsafhankelijke nauwkeurigheid van het NLGEO2004 model. Deze foutenbron is echter van beperkt belang voor de meet- en regel procedure met referentiejaar 2006 omdat geen invloed bestaat op de differentie van de GPS hoogten uit twee epochen.

De integrale differentie staat vormt de basis voor de verificatie van de bodemdalingsprognose volgens de geomechanische modellen (bijlage 1). De peilmerken in deze tabel zijn geclassificeerd in 'primaire', 'secundaire' en 'Wad' punten. Secundaire

peilmerken zijn voor het eerst aangemeten in een later jaar dan het jaar 1986, waarin de gasproductie op Ameland gestart is.

De historische tijdseries voor Wadpunten bestaan uit een combinatie van hydrostatische, waterpas- en GPS metingen, die onder invloed staan van de onnauwkeurigheid van het NLGEO2004 model.

Continue GPS metingen

Als onderdeel van het Meet- en regel protocol worden continue GPS metingen uitgevoerd op de locaties AME en Moddergat. Daarnaast heeft NAM ook een (tijdelijke) continue GPS meetinstallatie geïnstalleerd op de locatie Anjum. Deze metingen worden als signaal functie gebruikt voor het bepalen van de noodzaak voor aanvullende vlakdekkende metingen. Tabel 3.1 geeft de analyse van de continue GPS metingen op de locaties AME, Moddergat en Anjum. Hierbij is uitgegaan van een lineaire bodemdalingssnelheid. De onzekerheden zijn bepaald m.b.v. de methode beschreven in referentie 14.

GPS locatie	Referentie datum	Lineaire snelheid t/m 29/12/2007
Ameland	25/5/2006 (=start meting)	7.7 mm/jaar ($1\sigma = 0.6$ mm/jaar)
Moddergat	5/2/2007 (=start productie)	1.3 mm/jaar ($1\sigma = 0.8$ mm/jaar)
Anjum	27/9/2006 (=start meting)	4.5 mm/jaar ($1\sigma = 0.5$ mm/jaar)

Tabel 3.1. Gemeten dalingssnelheid (mm/jaar) op de locaties.

3.3. Verifiëren prognose

Kalibratie reservoir simulatiemodel nieuwe Waddenzeevelden

Op basis van de resultaten van de drukmeting op reservoir niveau (ingesloten putten) en het geproduceerde gasvolume (zie tabel 3.2) is het totaal aanwezige gasvolume in het voorkomen Nes naar boven bijgesteld naar een verwachtingswaarde van 14.5 mrd m³. Om aan de voorzichtige zijde te blijven wordt in de gasreservoir modellering een volume van 13.5 mrd m³ gebruikt (aanneme van een lager volume resulteert in een hogere voorspelling van bodemdalingssnelheid). Voor het voorkomen Moddergat is de verwachtingswaarde van het gasvolume naar beneden bijgesteld. In de gasreservoir modellering is voor het totale volume van het gasveld Moddergat 4.6 mrd m³ aangenomen. De aangepaste gasreserves hebben geleid tot aangepaste productie volumes van de velden Nes en Moddergat, waarbij het totale jaarlijkse volume tot en met 2009 niet wezenlijk anders is dan aangegeven in het vigerende winningsplan. De aangepaste voorspelling van de reservoirdrukken van beide velden is meegenomen in de voorspelling van de bodemdaling. Het geproduceerde gasvolume en de geconstateerde reservoir drukdaling van het Moddergat veld geven aan dat alleen het noordelijke gedeelte van het veld, met een gasvolume van circa 3 mrd m³, wordt geproduceerd en dat de breuk die van west naar oost door het Moddergat veld loopt, waarschijnlijk niet doorlatend is. Bij de modellering van de reservoirdruk wordt er van uit gegaan dat, ten gevolge van verdere veldontwikkelingen, de druk in het zuidelijke gedeelte van het Moddergat veld in de toekomst ook zal worden verlaagd door productie uit een reeds geplande gasput. Dit is meegenomen in de bodemdalingsprognose.

Tabel 3.2 toont de cumulatieve gasproductie per voorkomen en de gemeten reservoirdruk bij de put op het tijdstip van de meting. Tabel 3.3 toont de cumulatieve gasproductie per voorkomen op 31 december 2007.

Velden	Datum	Cumulatieve productie (10 ⁶ m ³)	Druk op reservoir niveau (bara)
Nes	31 Aug 07	196	551.9
Moddergat	30 Aug 07	206	505.1
Lauwersoog-C		0	500
Lauwersoog-West		0	479
Lauwersoog-Oost		0	480
Vierhuizen-Oost		0	459

Tabel 3.2. Resultaten reservoir drukmeting 2007.

Velden	Cumulatieve productie (10 ⁶ m ³)	Productie volgens winningsplan
Nes	326	277
Moddergat	365	510
Lauwersoog-C	0	0
Lauwersoog-West	0	0
Lauwersoog-Oost	0	0
Vierhuizen-Oost	0	0

Tabel 3.3 Cumulatieve productie per voorkomen op 31/12/2007.

Modellering bodemdaling

Zolang er nog nagenoeg geen bodemdaling ten gevolge van de gaswinning van de nieuwe velden Nes, Moddergat, Lauwersoog-C, -W & -O en Vierhuizen-O gemeten wordt, worden voor het geomechanische model van deze velden de parameters van de nabij gelegen analoge velden Anjum en Munnekezijl gebruikt. In het Waddenzee gebied zijn in 2007 alleen boven de Ameland gasvelden bodemdalingsmetingen uitgevoerd. Behalve de continue GPS metingen op de locaties boven de gasvelden Moddergat en Anjum zijn in 2007 noch boven de velden Nes en Moddergat, noch boven de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied bodemdalingsmetingen uitgevoerd. De geomechanische modelparameters voor zowel de nieuwe Waddenzee velden als de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied zijn dan ook niet aangepast en identiek gehouden aan hetgeen is beschreven in de Meet- en regelcyclus rapportage 2006. Wel zijn de dynamische reservoir simulatie modellen van de velden Moddergat en Nes evenals van de velden in het Anjum en Munnekezijl gebied gekalibreerd met de gemeten putdrukken en productie data. Het hiermee gemodelleerde reservoir drukverloop, voor zowel het gasvoerende als watervoerende gedeelte van de reservoirs, is gebruikt als input in het geomechanische bodemdalingsmodel. Figuur 3.1 toont de gemodelleerde bodemdaling voor februari 2007 tezamen met de resultaten van de hoogteverschilmetingen die in 2007 zijn uitgevoerd.

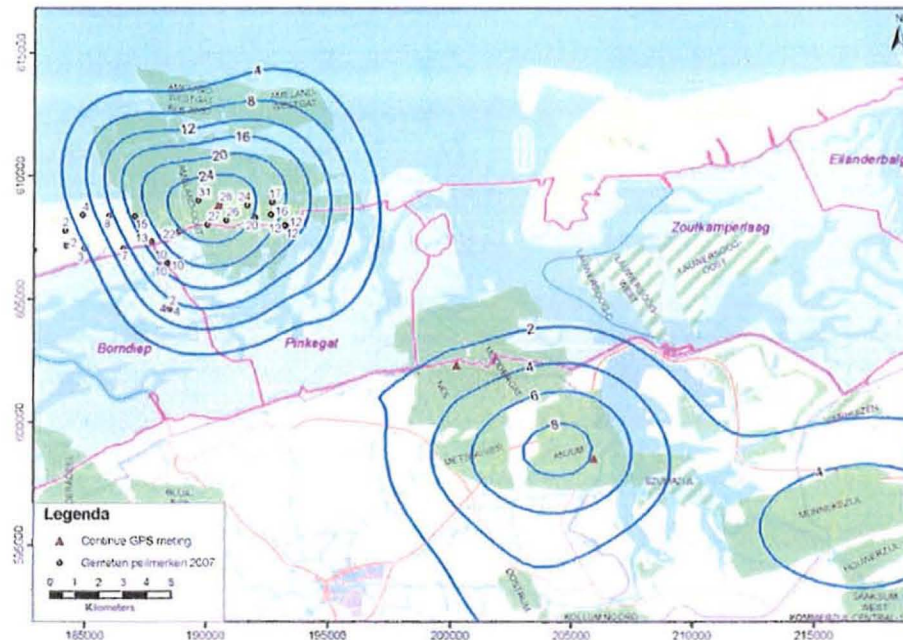


Fig. 3.1 Bodemdaling door gaswinning in 2007 (sinds start productie). In blauw de contouren van de gemodelleerde bodemdaling. In groen de peilmerken met hoogteverschilmetingen in 2007 sinds start productie zoals gerapporteerd in de integrale differentiestaat Ameland (bijlage 1). Boven de gasvelden Nes, Moddergat, Anjum en Munnekezijl zijn in 2007 op 2 posities continue GPS metingen uitgevoerd. Bodemdaling in cm.

3.4. Berekenen volume en gemiddelde daling

Bepaling volume en gemiddelde daling

Met behulp van de gekalibreerde geomechanische modellen is het reeds opgetreden dalingsvolume in de betreffende kombergingsgebieden evenals de in de toekomst te verwachten jaarlijkse toename daarvan bepaald. Door de jaarlijkse volumetoename te delen door het kombergingsoppervlak wordt de gemiddelde bodemdalingssnelheid (mm/jr) per kombergingsgebied S (met bijbehorende onzekerheid) berekend.

Als basis voor de kombergingsgrenzen gelden de GIS bestanden van de grenzen van de kombergingsgebieden, die door RIKZ aan NAM zijn geleverd. Deze grenzen zijn door RIKZ voor de Bodemdalingstudie Waddenzee 2004 toegepast (referentie2). Hierbij zijn de oppervlakten voor respectievelijk de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag $60 \times 10^6 \text{ m}^2$ en $148 \times 10^6 \text{ m}^2$. De grenzen met daaruit voorkomende oppervlakten van de kombergingsgebieden zullen in 2011 worden herzien.

Uit de gemiddelde bodemdalingssnelheid S wordt de belasting B, d.w.z. de bodemdalingssnelheid gemiddeld over 6 jaar (voortschrijdend gemiddeld), bepaald. De in een bepaald jaar gerapporteerde waarde van de belasting B geldt op 1 januari van dat jaar en is het zesjaarlijks gemiddelde over de periode, die zich uitstrekt van drie jaar daarvoor tot drie jaar daarna.

Onzekerheid analytisch gemodelleerde bodemdaling (alle velden behalve Ameland).

De onzekerheid van de opgetreden en voorspelde bodemdaling - berekend met het geomechanische model - wordt bepaald met behulp van een door Shell ontwikkeld

inversie programma MCB (Monte Carlo Bayesian). Voor beschrijving van deze methode wordt verwezen naar de Meet- en regelcyclus rapportage 2006.

Voor de reeds producerende velden leidt deze berekeningswijze tot een onzekerheid in het bodemdalingsvolume van ca. 30%. Voor de nieuwe velden, waaronder de velden Nes en Moddergat, is dit ca. 50%.

Bij de voorspelling van de prognose van de bodemdaling voor met name de nieuwe velden is door NAM een zekere veiligheid ingebouwd door het toepassen van de volgende aannames:

- De ratio aquifer / gas volume is groter in de nieuwe velden dan in de "analoge" velden. Toch is het "analoge" model gebruikt, waardoor de te verwachten drukdaling in de aquifer te hoog wordt ingeschat, hetgeen resulteert in een berekende bodemdaling, die naar alle waarschijnlijkheid te hoog is.
- De mogelijke aanwezigheid van residueel gas onder het gas/water contact is niet meegenomen in de drukdaling simulatie. Wanneer dit gas wel aanwezig is, zal dit resulteren in minder drukdaling in de aquifer.
- Het toepassen van de "Geertsma en van Opstal" theorie resulteert in het algemeen in een bodemdalingssom, die iets ondieper, maar wijder is dan de werkelijke bodemdalingssom. Kalibratie / inversie is uitgevoerd met hoogteverschilmetingen op de peilmerken, waarbij vooral werd gekalibreerd op de peilmerken in het centrum van de kom. De omvang van de gemodelleerde kom is daardoor waarschijnlijk iets te groot en dus zal het bodemdalingsvolume in werkelijkheid minder groot zijn dan gemodelleerd.

Het resultaat van deze "veilige" aanpak is, dat de meest realistische verwachtingswaarde (in termen van de kansberekening) voor de bodemdaling lager is dan de hier gerapporteerde prognose. Met andere woorden: De kans dat toekomstige metingen laten zien dat de hier gepresenteerde bodemdalingssom een overschatting is, is groter dan de kans dat de prognose zal worden overschreden. De gerapporteerde onzekerheid weerspiegelt alleen mogelijke variaties van de geomechanische parameters binnen het scenario dat is gebaseerd op bovenstaande "veilige" aannames en kan dan ook alleen gebruikt worden om de bovengrens van de te verwachten bodemdaling aan te geven.

Onzekerheid Ameland bodemdaling

Voor de Ameland velden geldt het bodemdalingssommodel WP2003, zoals gebruikt voor het Winningsplan dat in 2003 is ingediend, nog steeds als het vigerende geomechanische model. Uit de sinds 2003 gemeten bodemdaling boven de Ameland velden blijkt, zoals reeds in het MER en Winningsplan (referentie 3 en 4) is vastgesteld, dat de prognose van 2003 de bodemdaling in de Waddenzee door gasproductie uit de Ameland velden significant overschat. Het bodemdalingsvolume in de Waddenzee, voorspeld met het vigerende bodemdalingssommodel WP 2003, kan daarom worden beschouwd als een (veilige) bovenwaarde. Ook de belasting bepaald met dit bodemdalingssommodel wordt daarom gezien als een bewuste overschatting, die in werkelijkheid lager zal uitkomen.

NAM heeft een alternatief geomechanisch bodemdalingssommodel voor de Ameland velden opgezet dat, met name in de Waddenzee, beter overeenkomt met de gemeten bodemdaling op de peilmerken sinds begin van de productie in 1986 dan het vigerende bodemdalingssommodel (WP2003). SodM heeft onlangs een toetsings-

methode ontwikkeld voor de validiteit van geomechanische bodemdalingsmodellen. In 2008 zal deze toetsing van het alternatieve Ameland model worden uitgevoerd.

Bodemdalingsvolume voor bepaling belasting rapportagejaar 2007 met onzekerheid

Tabellen 3.4 en 3.5 tonen de door gaswinning veroorzaakte bodemdalingsvolumina met bijbehorende onzekerheid per voorkomen voor de jaren J-3 t/m J+2 waarbij J-1 het rapportagejaar (2007) is. Voor het bodemdalingsvolume van de reeds producerende velden is voor het kombergingsgebied Pinkegat geen onzekerheid gegeven aangezien de met het bodemdalingsmodel 2003 bepaalde volumes voor Ameland kunnen worden beschouwd als een (veilige) bovengrens voor het te verwachten bodemdalingsvolume in de Waddenzee.

Kombergingsgebied Pinkegat			
Jaar	Reeds producerende velden	NES	MGT
	Volume (bovengrens)	Volume (onzekerheid)	Volume (onzekerheid)
2005	0.18		
2006	0.18		
2007	0.17	0.028 (0.014)	0.018 (0.009)
2008	0.16	0.031 (0.016)	0.012 (0.006)
2009	0.16	0.029 (0.015)	0.008 (0.004)
2010	0.15	0.040 (0.020)	0.014 (0.007)

Tabel 3.4. Jaarlijks bodemdalingsvolume Pinkegat voor de reeds producerende velden en voor de nieuwe velden per voorkomen met tussen haakjes de onzekerheid. Volumina en onzekerheid (2 sigma) in miljoen m³.

Kombergingsgebied Zoutkamperlaag						
Jaar	Reeds producerende velden	NES	Moddergat	LWO-C	LWO-O	LWO-W
			Volume (onzekerheid)			VHZ-O
2005	0.05 (0.01)					
2006	0.05 (0.02)					
2007	0.03 (0.01)	0.026 (0.013)	0.123 (0.062)			
2008	0.03 (0.01)	0.029 (0.014)	0.087 (0.044)		0.067 (0.033)	0.026 (0.013) 0.006 (0.003)
2009	0.03 (0.01)	0.027 (0.014)	0.064 (0.032)		0.130 (0.065)	0.097 (0.048) 0.027 (0.014)
2010	0.03 (0.01)	0.037 (0.018)	0.104 (0.052)		0.094 (0.047)	0.075 (0.038) 0.016 (0.008)

Tabel 3.5. Jaarlijks bodemdalingsvolume Zoutkamperlaag voor de reeds producerende velden en voor de nieuwe velden per voorkomen met tussen haakjes de onzekerheid. Volumina en onzekerheid (2 sigma) in miljoen m³.

NES: Nes
MGT: Moddergat
LWO-C: Lauwersoog-C
LWO-W: Lauwersoog-West
LWO-O: Lauwersoog-Oost
VHZ-O: Vierhuizen-Oost

De bodemdaling in het kombergingsgebied Pinkegat voor de reeds producerende velden wordt voornamelijk veroorzaakt door de productie van de Ameland voorkomens Ameland-Oost en Ameland-Westgat.

De bodemdaling in het kombergingsgebied Zoutkamperlaag door de reeds producerende velden wordt voornamelijk veroorzaakt door gasproductie uit de velden Anjum, Ezumazijl en Metslawier. Het effect van de bodemdaling ten gevolge van de productie van Ameland op het kombergingsgebied Zoutkamperlaag is minimaal.

Onderstaande tabel 3.6 geeft de bodemdalingssnelheid S voor het rapportagejaar 2007 en belasting B op 1-1-2008.

Zoutkamperlaag		Pinkegat	
S (onzekerheid)	B (onzekerheid)	S (onzekerheid)	B (onzekerheid)
1.19 (0.5)	1.34 (0.6)	3.62 (0.4)	3.30 (0.3)

Tabel 3.6. Bodemdalingssnelheid en belasting (mm/jr) met onzekerheid (naar boven, 2 sigma) per kombergingsgebied in het rapportagejaar 2007.

Actuele en voorspelde bodemdalingssnelheid en belasting

Tabel 3.7 toont de prognose van de bodemdalingssnelheid per kombergingsgebied per jaar (S) ten gevolge van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen in combinatie met de bodemdalingssnelheid door de bestaande gaswinning in dit gebied. Ook is de op basis van deze waarden berekende belasting B weergegeven, waarbij $B(J) = (S(J-3) + S(J-2) + \dots + S(J+2)) / 6$.

	Zoutkamperlaag		Pinkegat		Gebruiksruimte G	
					Zoutkamper- laag	Pinkegat
Jaar	S	B	S	B	G	G
2004	0.23(0.07)		3.17(0.02)		2.57	3.57
2005	0.21(0.06)		3.08(0.02)		2.55	3.55
2006	0.19(0.06)		3.02(0.04)		2.53	3.53
2007	1.19(0.51)	0.99(0.40)	3.62(0.38)	3.27(0.18)	2.52	3.52
2008	1.62(0.73)	1.34(0.59)	3.43(0.36)	3.30(0.25)	2.50	3.50
2009	2.48(1.17)	1.69(0.77)	3.27(0.32)	3.32(0.33)	2.48	3.48
2010	2.35(1.11)	1.97(0.91)	3.38(0.45)	3.31(0.39)	2.46	3.46
2011	2.28(1.08)	2.07(0.97)	3.21(0.44)	3.19(0.40)	2.44	3.44
2012	1.89(0.89)	2.09(0.98)	2.96(0.40)	3.08(0.41)	2.33	3.33
2013	1.80(0.85)	1.94(0.92)	2.87(0.43)	2.97(0.44)	2.21	3.21
2014	1.73(0.82)	1.80(0.85)	2.76(0.45)	2.83(0.45)	2.09	3.09
2015	1.59(0.75)	1.69(0.80)	2.62(0.46)	2.70(0.47)	1.97	2.97
2016	1.54(0.73)	1.63(0.78)	2.53(0.50)	2.60(0.50)	1.85	2.85
2017	1.59(0.77)	1.57(0.75)	2.48(0.57)	2.47(0.52)	1.73	2.73
2018	1.57(0.76)	1.49(0.72)	2.34(0.59)	2.30(0.53)	1.61	2.61
2019	1.43(0.69)	1.39(0.67)	2.09(0.55)	2.09(0.51)	1.50	2.50
2020	1.21(0.59)	1.27(0.62)	1.73(0.47)	1.85(0.49)	1.38	2.38
2021	1.00(0.49)	1.13(0.55)	1.38(0.40)	1.56(0.44)	1.26	2.26
2022	0.84(0.41)	0.97(0.47)	1.06(0.33)	1.26(0.38)	1.14	2.14
2023	0.72(0.35)	0.83(0.40)	0.75(0.29)	0.99(0.33)	1.02	2.02
2024	0.64(0.31)	0.72(0.35)	0.53(0.25)	0.78(0.29)	0.90	1.90
2025	0.59(0.29)	0.64(0.32)	0.48(0.23)	0.61(0.25)	0.78	1.78
2026	0.56(0.28)	0.58(0.29)	0.44(0.21)	0.50(0.23)	0.67	1.67
2027	0.52(0.26)	0.54(0.27)	0.41(0.20)	0.43(0.21)	0.55	1.55
2028	0.48(0.24)	0.50(0.25)	0.37(0.18)	0.39(0.19)	0.43	1.43
2029	0.44(0.22)	0.46(0.23)	0.34(0.17)	0.36(0.17)	0.31	1.31
2030	0.41(0.20)	0.42(0.21)	0.31(0.15)	0.33(0.16)	0.19	1.19
2031	0.37(0.18)	0.38(0.19)	0.28(0.14)	0.30(0.14)	0.07	1.07
2032	0.32(0.16)	0.34(0.17)	0.25(0.12)	0.26(0.13)	-0.04	0.96
2033	0.28(0.14)	0.30(0.15)	0.22(0.10)	0.23(0.11)	-0.16	0.84
2034	0.23(0.12)	0.26(0.13)	0.18(0.09)	0.20(0.09)	-0.28	0.72
2035	0.19(0.09)	0.21(0.11)	0.14(0.07)	0.17(0.08)	-0.40	0.60
2036	0.15(0.07)	0.18(0.09)	0.11(0.05)	0.14(0.06)	-0.52	0.48
2037	0.12(0.06)	0.15(0.07)	0.09(0.04)	0.11(0.05)	-0.64	0.36
2038	0.10(0.05)	0.12(0.06)	0.08(0.04)	0.09(0.04)	-0.76	0.24
2039	0.09(0.04)	0.11(0.05)	0.07(0.03)	0.08(0.04)	-0.87	0.13
2040	0.09(0.04)	0.10(0.05)	0.07(0.03)	0.08(0.04)	-0.99	0.01
2041	0.10(0.05)		0.08(0.04)		-1.11	-0.11
2042	0.12(0.06)		0.09(0.04)		-1.23	-0.23

Tabel 3.7. bodemdalingssnelheid (onzekerheid), belasting en gebruiksruimte voor de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Pinkegat (mm/jaar) op basis van het aangepaste productie profiel (zie tabel 3.8).

3.5. Indien nodig aanpassen productie

Naar aanleiding van de aangepaste gasreserves zijn de productiescenario's uit het vigerende winningsplan voor Nes en Moddergat bijgesteld. Tabel 3.8 toont de jaarlijkse productie (miljoen m³) per voorkomen overeenkomstig dit aangepaste productiescenario. Uit de op basis van dit scenario voorspelde waarden voor de bodemdalingssnelheid S en de resulterende belasting B blijkt dat gasproductie

volgens het bijgestelde scenario niet zal leiden tot overschrijding van de gebruikruimte (zie tabel 3.7). De bijstelling in productie voor Moddergat en Nes betekent geen verhoging van de totale jaarvolumes in 2008 en 2009. De aangegeven mogelijke verhoging van de totale jaarvolumes vanaf 2010, zal t.z.t. aan de minister, middels een wijziging van het vigerende Winningsplan Moddergat, Lauwersoog Vierhuizen, ter instemming worden voorgelegd.

Jaar	Moddergat	Nes	Lauwersoog-Lauwersoog-Lauwersoog-Vierhuizen-			
			Oost	West	C	Oost
2007	365	326	-	-	-	-
2008	296	453	123	116	-	111
2009	220	478	418	402	-	284
2010	353	610	340	352	-	202
2011	346	608	247	291	-	146
2012	355	608	188	229	-	107
2013	346	643	138	168	-	78
2014	255	789	110	132	-	58
2015	281	891	84	96	-	55
2016	206	793	69	74	20	62
2017	168	706	70	69	60	47
2018	164	645	83	80	56	38
2019	132	558	72	67	52	32
2020	107	490	64	58	48	27
2021	87	426	57	50	44	24
2022	75	374	55	21	42	20
2023	63	328	49	25	38	18
2024	57	290	46	11	35	9
2025	50	258	43	5	33	7
2026	44	229	40	20	31	-
2027	37	207	38	11	29	-
2028	34	183	36	23	27	-
2029	32	166	34	10	26	-
2030	28	151	33	-	24	-
2031	24	135	30	-	23	-
2032	18	123	28	24	21	-
2033	18	111	27	14	20	-
2034	18	103	26	-	19	-
2035	16	95	24	-	17	-
2036	15	88	23	-	12	-
2037	14	82	23	-	8	-

Tabel 3.8. Geplande productie (miljoen m³) per voorkomen overeenkomstig het aangepaste productiescenario.

3.6. Actualiseren

Figuren 3.2 en 3.3 tonen de geactualiseerde geprognosticeerde belastingen voor de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag volgens het bovenstaande productie scenario. Zoals uit onderstaande figuren blijkt, zal de belasting inclusief relatieve zeespiegelstijging volgens scenario vastgelegd in hoofdstuk 4.7 van bijlage 3 van het Rijksprojectenbesluit het meegroeivermogen van de kombergingsgebieden pas overschrijden omstreeks 2028, het jaar tot waarin is ingestemd met het winningsplan. Figuren 3.2 en 3.3 geven hetzelfde beeld als de figuren C9 en C10 van

het winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. In de grafieken is steeds de belasting in een bepaald jaar door een veld dat op 1 januari van dat jaar nog niet in productie is gelijk aan nul gesteld. Dit is gedaan om presentatietechnische redenen en niet volledig in overeenstemming met de waarden zoals gepresenteerd in tabel 3.7.

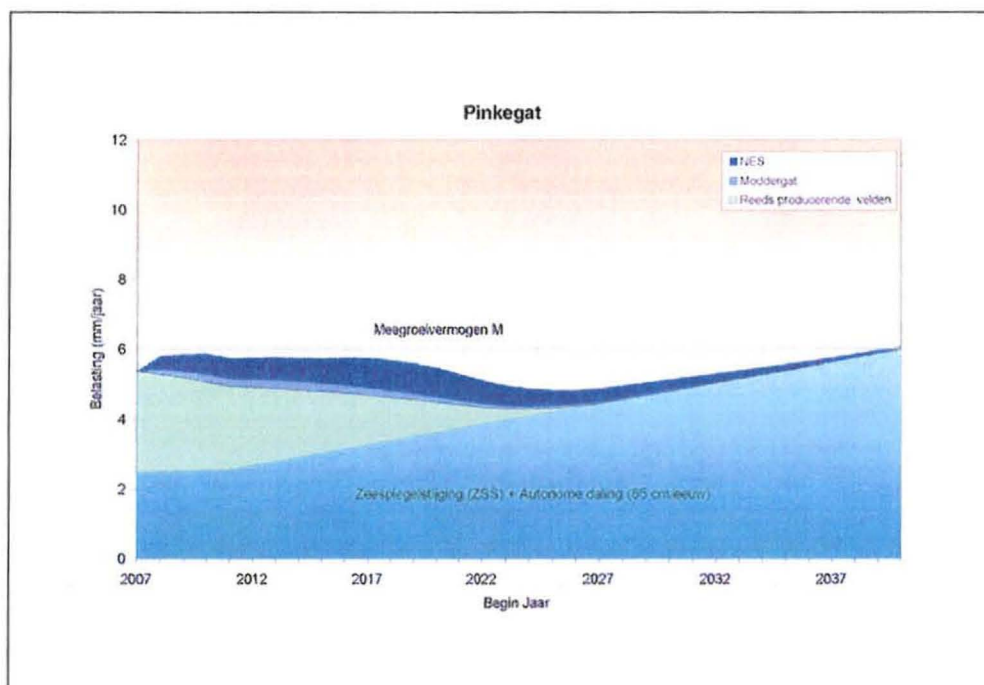


Fig. 3.2 Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Pinkegat.

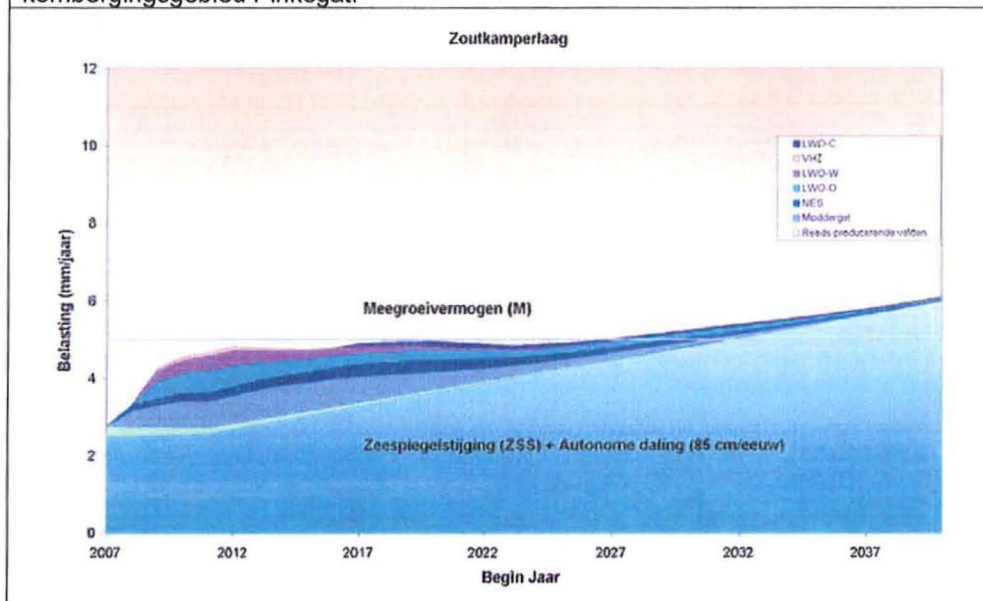


Fig. 3.3. Voorspelde belasting inclusief Zeespiegelstijging + autonome daling voor het kombergingsgebied Zoutkamperlaag.

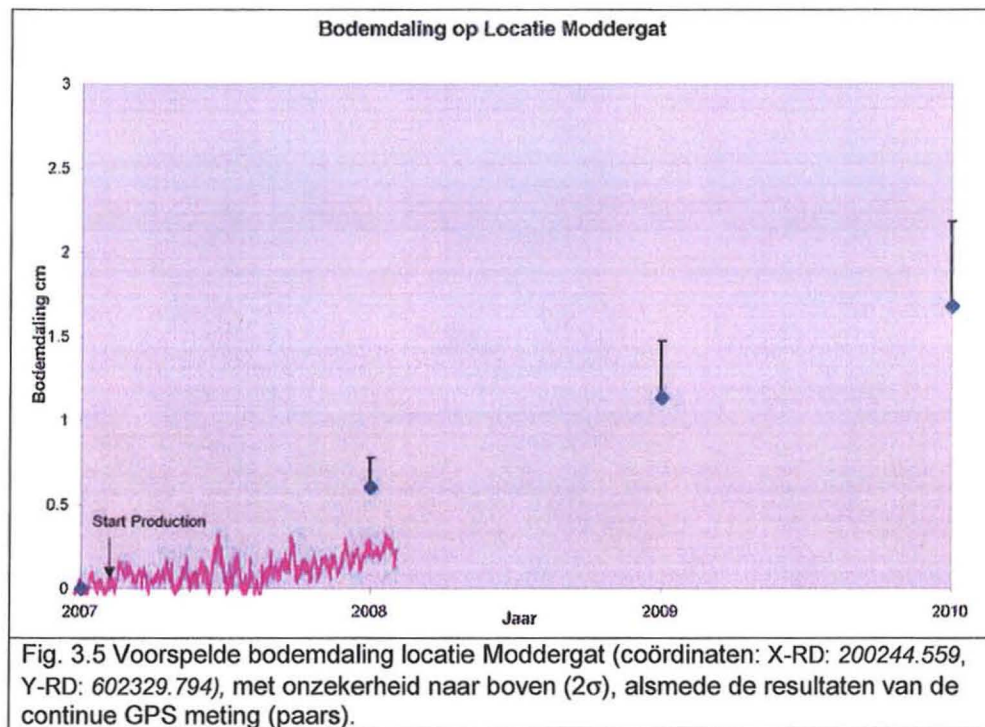
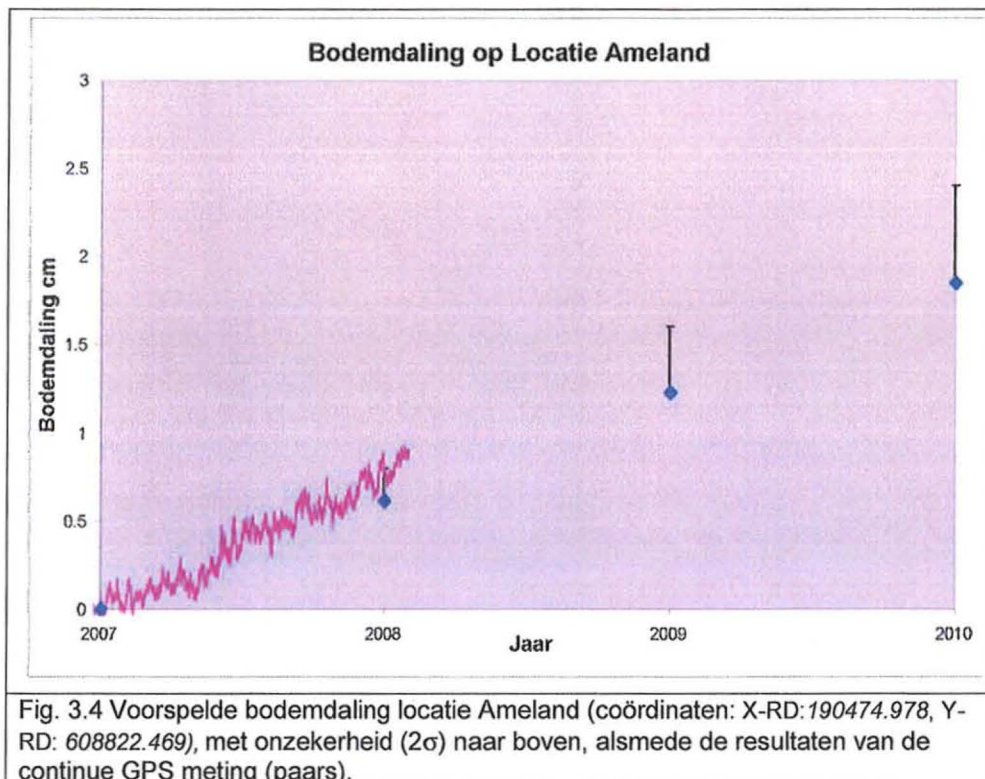
Bodemdaling GPS locaties op Moddergat en Ameland

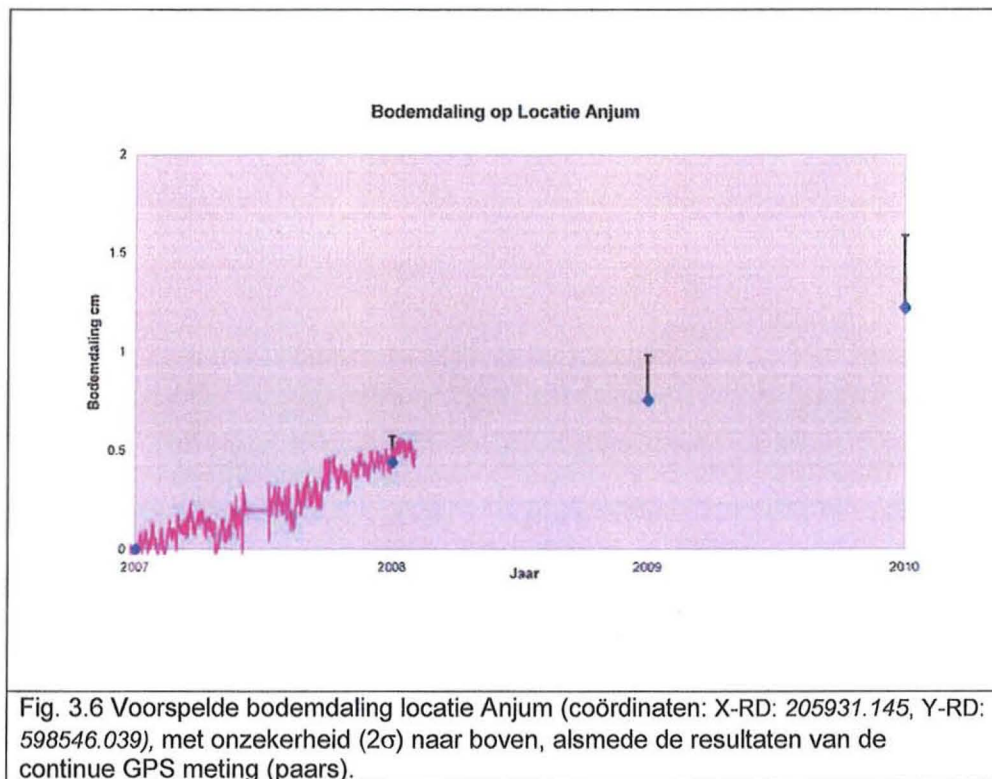
Tabel 3.9 geeft de gemodelleerde bodemdaling op de GPS locaties vanaf begin 2007 tot en met 2009. Dat is het tijdstip waarop de eerstvolgende volledig vlakdekkende metingen zijn gepland, die de volledige bodemdalingskom veroorzaakt door de productie van de locaties Moddergat, Lauwersoog Vierhuizen en Ameland (zie meetplan Waddenzeegebied 2007), bestrijken. De onzekerheid heeft, zoals eerder beschreven, geen normale verdeling. Kalibratie van het geomechanische model is gebaseerd op de kalibratie van de volledige bodemdalingskom. De in dit rapport in tabellen en figuren getoonde onzekerheid voor gemodelleerde bodemdaling (en -volume) geldt als het gemiddelde over de hele kom. Op individuele punten kan de onzekerheid groter zijn. De figuren 3.4, 3.5 en 3.6 geven de geprognosticeerde daling tot en met 2009 plus de gemeten daling in 2007 op de GPS locaties grafisch weer.

De 2 putten MGT-1B en MGT-2, die respectievelijk uit de voorkomens Moddergat en Nes produceren, zijn beide in het uiterste noorden van deze voorkomens geboord. Zoals in sectie 3.3 is beschreven valt uit het volume geproduceerde gas en de daardoor opgetreden en gemeten reservoir drukdaling in het Moddergat veld af te leiden dat alleen het noordelijke gedeelte van het Moddergat veld wordt geproduceerd en dat de breuk die van west naar oost door het Moddergat veld loopt niet of slechts in zeer geringe mate doorlatend is. Uit het verschil tussen de prognose en de GPS metingen op de locatie Moddergat blijkt dat dit nog niet volledig is meegenomen in de modellering van de bodemdaling. Deze aanwijzing wordt opgevolgd in 2008. Dan zullen de geomechanische modellen worden gekalibreerd met de resultaten van de (voor 2008 voorgenomen) bodemdalingmetingen.

Datum	Ameland	Moddergat	Anjum
1.1.2008	0.6 (30%)	0.6 (30%)	0.4 (30%)
1.1.2009	1.2 (30%)	1.1 (30%)	0.8 (30%)
1.1.2010	1.8 (30%)	1.7 (30%)	1.2 (30%)

Tabel 3.9. Voorspelde daling t.o.v. 1.1.2007 op de GPS locaties (cm) met onzekerheden naar boven (2 σ) tussen haakjes.





4. Kwaliteitsborging.

De beheersing van de milieuaspecten gerelateerd aan de winningsactiviteiten van het Waddengas is volledig geïntegreerd in de bedrijfsvoering van de NAM (het Corporate Management System - CMS). Dit systeem is onderworpen aan externe certificatie (ISO 14001).

De volgende activiteiten zijn hiervoor in 2007 uitgevoerd:

Systeem-eis	Uitgevoerde en geplande activiteiten
Inventarisatie milieuaspecten	In de milieuaspecten inventarisatie van de asset Land zijn bij het aspect "Verstoring van bodem en diepe ondergrond" de Waddenzee-activiteiten opgenomen
Toewijzen verantwoordelijkheden	De formele Teambeschrijving van het Hand Aan de Kraan team (HAK-team) is goedgekeurd en opgenomen in het CMS
Opstellen beheersmethoden	Het Meet- en Regelprotocol is opgesteld en goedgekeurd door SodM
Monitoring, metingen en rapportages	Bodemdalings- en biotiekmetingen zijn uitgevoerd volgens plan
Interne Controle	Een vergunnings compliance check gepland in januari 2008 (inmiddels uitgevoerd; geen non-compliances)
Certificatie / externe audits	De jaarlijkse externe ISO 14001 controle audit bij NAM door BSI Management Systems is uitgevoerd in februari 2008, waarbij speciale aandacht werd besteed aan Waddenzee appraisal, vergunningen, ecologische studies, bodemdalingsmetingen en boringen. Er zijn geen non-compliances geconstateerd. Er was specifiek positief commentaar in het audit rapport betreffende de voorbereiding en uitvoering van de boringsactiviteiten; de aanpak en project benadering van het HAK-team; compliance verificatie van de wettelijke bepalingen en de opvolging van het monitoringsprogramma.

5. Conclusies

De belangrijkste conclusies, die volgen uit het doorlopen van de Meet- en regelcyclus 2007, zijn:

- Op de locatie Moddergat is over geheel 2007, m.b.v. continue GPS metingen, een bodemdaling van circa 2 mm vastgesteld. Dit is minder dan de circa 6 mm, die op basis van de (veilige) prognose verwacht werd. Op de locaties Ameland en Anjum, boven reeds langer producerende velden, komt de daling, bepaald m.b.v. continue GPS metingen, overeen met de geprognosticeerde bodemdaling. Behalve de continue metingen op de locaties boven de gasvelden Moddergat en Anjum zijn in het jaar 2007 boven de gasvelden Nes en Moddergat evenals boven de velden in het Anjum en Munnekeziel gebied geen bodemdalingsmetingen uitgevoerd. Daarom zijn de parameters van het geomechanische bodemdalingsmodel voor de nieuwe Waddenzee velden, zoals beschreven in de Meet- en regelcyclus rapportage 2006, niet aangepast. Het signaal dat wordt afgegeven door de continue GPS metingen bij Moddergat rechtvaardigt de reeds in het Meetplan Waddenzee voor 2008 aangekondigde vlakdekkende metingen boven Nes en Moddergat.
- Het totaal geproduceerde gasvolume in 2007 uit de voorkomens Nes en Moddergat was minder dan het geplande volume dat het winningsplan is vermeld. Op basis van het geproduceerde volume gas in combinatie met de resultaten van de drukmetingen op reservoirniveau zijn de totale gasvolumes (reserves) van voorkomens Nes en Moddergat respectievelijk naar boven en naar beneden bijgesteld. In verband hiermee zijn de productie profielen aangepast en dientengevolge ook het voorspelde verloop in tijd van de reservoirdrukken in deze beide velden. De bijstelling in verhouding van productie tussen Moddergat en Nes leidt niet tot een verhoging van de totale jaar gasproductievolumes in 2008 en 2009. Een mogelijke verhoging van jaarvolumes vanaf 2010 zal t.z.t. middels een wijziging van het Winningsplan Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen aan de minister ter instemming worden voorgelegd. De aanpassing in de voorspelde reservoirdrukken is meegenomen in de geactualiseerde prognose voor de belasting van de kombergingsgebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag.
- Naar aanleiding van de resultaten van de waterpasmetingen bij Ameland in 2007 is de bodemdalingsprognose 2003 van de Ameland voorkomens opnieuw bezien. Conclusie is dat er aanwijzingen zijn dat vooral de omvang van de bodemdalingschotel in de Waddenzee beter beschreven zou kunnen worden met het in het MER reeds genoemde alternatieve bodemdalingsmodel. Uit de gemeten bodemdaling op de peilmerken in de Waddenzee blijkt dat het vigerende bodemdalingsmodel (WP Ameland 2003) waarschijnlijk een overschatting maakt voor het volume van de dalingschotel in de Waddenzee. Toepassing van dit "veilige" model in de eerste jaren van de productie van de nieuwe Waddenvelden is dus een extra zekerheid dat de belasting in de komberging Pinkegat de gebruiksruimte niet zal overschrijden.
- De voorspelde belastingen in de kombergingsgebieden Zoutkamperlaag en Pinkegat zullen, inclusief relatieve zeespiegelstijging volgens het scenario vastgelegd in hoofdstuk 4.7 van bijlage 3 van het Rijksprojecten besluit, pas rond 2028, het jaar tot waarin is ingestemd met het winningsplan, het gestelde meegroeivermogen van de kombergingsgebieden overschrijden.

Referenties

1. Meet- en regelprotocol Winning Waddenzeegas vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. EP200612202122.
2. Bodemdalingstudie Waddenzee 2004 – Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. Rapport RIKZ / 2004.025.
3. MER Aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. Januari 2006.
4. Verzoek om instemming voor winningsplan Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. Januari 2006
5. Meetregister bij het meetplan Waddenzee. Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Lauwersmeer 2006; Rapport EP200706238389, 24 augustus 2007.
6. Gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, Vastlegging nul situatie, Meetresultaten. Rapport EP200612204999. Nederlandse Aardolie Maatschappij BV. December 2006
7. Meetregister bij het meetplan Waddenzee. Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Ameland 2005, 2006, 2007; Rapport EP200703206659, 12 april 2007.
8. de Jong, J.W.: Procedureafpraak waterpassingen. Brief aan de NAM, 18 augustus 2005.
9. Duquesnoy, A.J.H.M.: Wettelijke voorschriften en normering bij de meting van bodembeweging als gevolg van delfstoffenwinning. In: Bodemdaling meten in Nederland – Hoe precies moet het? NCG 39, Delft, 2002.
10. GPS Survey NAM Waddenzee v. 1.11. 06-GPS B.V., 02/2008.
11. Hoogte aansluiting GPS meting Waddenzee 2007. Fugro-Inpark B.V., 10/2007.
12. Continue GPS hoogtemetingen AME-1, Moddergat en Anjum. Rapportage December 2007. EP200801247737. NAM, 01/2008.
13. Meetregister Ameland 2005, 2006 en 2007. EP200703206659. NAM, 04/2007.
14. R. Amiri-Simkooei, C. C. J. M. Tiberius and P. J. G. Teunissen: Assessment of noise in GPS coordinate time series: Methodology and results. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, 2007.
15. GPS Survey NAM Waddenzee van 1.0.06 GPS B.V., oktober 2006.
16. Hoogte aansluiting GPS meting Waddenzee 2006, Fugro – Inpark B.V., december 2006.
17. MOVE3, Grontmij B.V., URL: <http://www.grontmij.nl/site/nl-nl/Diensten/GIS+en+ICT/Softwareproducten/MOVE3.htm>
18. NLGEO2004: het geoidemodel voor Nederland. Data-ICT-Dienst, Rijkswaterstaat, URL: <http://www.rdnep.nl/algemeen/hoogte/geoide.html>

Biilage 1: Ameland differentiestaat 1986-2007

Year	Type	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379	2380	2381	2382	2383	2384	2385	2386	2387	2388	2389	2390	2391	2392	2393	2394	2395	2396	2397	2398	2399	2400	2401	2402	2403	2404	2405	2406	2407	2408	2409	2410	2411	2412	2413	2414	2415	2416	2417	2418	2419	2420	2421	2422	2423	2424	2425	2426	2427	2428	2429	2430	2431	2432	2433	2434	2435	2436	2437	2438	2439	2440	2441	2442	2443	2444	2445	2446	2447	2448	2449	2450	2451	2452	2453	2454	2455	2456	2457	2458	2459	2460	2461	2462	2463	2464	2465	2466	2467	2468	2469	2470	2471	2472	2473	2474	2475	2476	2477	2478	2479	2480	2481	2482	2483	2484	2485	2486	2487	2488	2489	2490	2491	2492	2493	2494	2495	2496	2497	2498	2499	2500	2501	2502	2503	2504	2505	2506	2507	2508	2509	2510	2511	2512	2513	2514	2515	2516	2517	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	2554	2555	2556	2557	2558	2559	2560	2561	2562	2563	2564	2565	2566	2567	2568	2569	2570	2571	2572	2573	2574	2575	2576	2577	2578	2579	2580	2581	2582	2583	2584	2585	2586	2587	2588	2589	2590	2591	2592	2593	2594	2595	2596	2597	2598	2599	2600	2601	2602	2603	2604	2605	2606	2607	2608	2609	2610	2611	2612	2613	2614	2615	2616	2617	2618	2619	2620	2621	2622	2623	2624	2625	2626	2627	2628	2629	2630	2631	2632	2633	2634	2635	2636	2637	2638	2639	2640	2641	2642	2643	2644	2645	2646	2647	2648	2649	2650	2651	2652	2653	2654	2655	2656	2657	2658	2659	2660	2661	2662	2663	2664	2665	2666	2667	2668	2669	2670	2671	2672	2673	2674	2675	2676	2677	2678	2679	2680	2681	2682	2683	2684	2685	2686	2687	2688	2689	2690	2691	2692	2693	2694	2695	2696	2697	2698	2699	2700	2701	2702	2703	2704	2705	2706	2707	2708	2709	2710	2711	2712	2713	2714	2715	2716	2717	2718	2719	2720	2721	2722	2723	2724	2725	2726	2727	2728	2729	2730	2731	2732	2733	2734	2735	2736	2737	2738	2739	2740	2741	2742	2743	2744	2745	2746	2747	2748	2749	2750	2751	2752	2753	2754	2755	2756	2757	2758	2759	2760	2761	2762	2763	2764	2765	2766	2767	2768	2769	2770	2771	2772	2773	2774	2775	2776	2777	2778	2779	2780	2781	2782	2783	2784	2785	2786	2787	2788	2789	2790	2791	2792	2793	2794	2795	2796	2797	2798	2799	2800	2801	2802	2803	2804	2805	2806	2807	2808	2809	2810	2811	2812	2813	2814	2815	2816	2817	2818	2819	2820	2821	2822	2823	2824	2825	2826	2827	2828	2829	2830	2831	2832	2833	2834	2835	2836	2837	2838	2839	2840	2841	2842	2843	2844	2845	2846	2847	2848	2849	2850	2851	2852	2853	2854	2855	2856	2857	2858	2859	2860	2861	2862	2863	2864	2865	2866	2867	2868	2869	2870	2871	2872	2873	2874	2875	2876	2877	2878	2879	2880	2881	2882	2883	2884	2885	2886	2887	2888	2889	2890	2891	2892	2893	2894	2895	2896	2897	2898	2899	2900	2901	2902	2903	2904	2905	2906	2907	2908	2909	2910	2911	2912	2913	2914	2915	2916	2917	2918	2919	2920	2921	2922	2923	2924	2925	2926	2927	2928	2929	2930	2931	2932	2933	2934	2935	2936	2937	2938	2939	2940	2941	2942	2943	2944	2945	2946	2947	2948	2949	2950	2951	2952	2953	2954	2955	2956	2957	2958	2959	2960	2961	2962	2963	2964	2965	2966	2967	2968	2969	2970	2971	2972	2973	2974	2975	2976	2977	2978	2979	2980	2981	2982	2983	2984	2985	2986	2987	2988	2989	2990	2991	2992	2993	2994	2995	2996	2997	2998	2999	3000
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Differences on basis van MOVES vrie veranderingen met basapunt 042552 (CM Nies).
Hoogte van de wadparten in juni 2006/2007 met GPS gemeten en door model van NLE G2004 geïmputeerd naar ellipsoïdische naar orthometrische verschillen omgerekend. De standaardafwijking van een NLE G2004 geïmputeerde JN is een functie van de afstand d tussen twee punten: $\sigma_{\text{JN}}(\text{cm}) = 0.35 + 0.003 \cdot d(\text{km})$.
N.B.: In secundaire publicatie van 2011/12 bevond zich tussen de jaren 1968 en 1969 een 'hoogteaanomalie'.