

TNO-rapport**TNO 2014 R10427****Effecten van verschillende productiescenario's
op de verdeling van de compactie in het
Groningen veld in de periode 2014 tot en met
2016****Energie**
Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nlT +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

Datum	7 maart 2014
Auteur(s)	Dr. J. N. Breunese, Dr. K. van Thienen-Visser
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	29 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	
Projectnaam	C1-Trillingen
Projectnummer	060.07751/01.02

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2014 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Analyse vraagstelling	5
3	Aanpak	6
4	Uitwerking	9
4.1	Situatie per januari 2014	9
4.2	Veranderingen in de periode 2014 tot en met 2016	13
5	Beantwoording van de vragen	15
5.1	Marktvraag in vergelijking met 42,5_3	15
5.2	42,5_3 in vergelijking met resp. 40_3, 35_3 en 30_3	15
5.3	Loppersum gebied: maximaal 3 miljard m ³ /jaar vs. volledige productiestop	16
5.4	Zuidelijke gebied: Marktvraag scenario vs. scenario cf. kabinetsbesluit (42,5_3) ..	16
5.5	Het effect van de drukgradiënten die ontstaan door productie binnen de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit	17
5.6	Discussie	18
6	Referenties	21
7	Ondertekening	22
A.	Appendix	24

1 Inleiding

Kabinetsbesluit

Om het aardbevingsrisico boven het Groningen veld te reduceren heeft het kabinet op 17 januari 2014 besloten de gasproductie van de vijf clusters in het gebied rond Loppersum te verminderen tot maximaal 3 miljard Nm³ per jaar voor de jaren 2014 tot en met 2016 en de productie uit het gehele Groningen veld te maximeren op 42,5 miljard Nm³ per jaar in de jaren 2014 en 2015 en 40 miljard Nm³ in 2016 (EZ, 2014a).

Vraagstelling

Naar aanleiding van het kabinetsbesluit zijn door kamerleden vragen gesteld omtrent de effecten van alternatieve productiescenario's. Het ministerie van Economische Zaken heeft deze vragen samengevat en per e-mail van 26 januari 2014 aan TNO gevraagd hierover uitspraken te doen. Het betreft de volgende vragen voor de periode 2014 tot en met 2016:

I. Wat is de mate van risicoreductie van:

- productie volgens het door de NAM ingediende winningsplan in vergelijking met
- productie binnen de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit,

II. Wat is de mate van risicoreductie van:

- productie binnen de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit in vergelijking met
- productie gemaximeerd op respectievelijk 40, 35 en 30 miljard m³ per jaar,

III. Wat is de mate van risicoreductie in het gebied rond Loppersum van:

- productie binnen de randvoorwaarde van het kabinetsbesluit in vergelijking met
- volledige productiestop van de vijf betrokken clusters,

IV. Wat is het effect op het risico in het gebied van de zuidelijke clusters van:

- productie volgens het door de NAM ingediende winningsplan in vergelijking met
- productie binnen de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit.

V. Wat is het effect van de drukgradiënten die ontstaan door

- productie binnen de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit in vergelijking met
- productie volgens het door de NAM ingediende winningsplan

Referentiedocumenten

Een eerste indicatief antwoord op de bovengenoemde vragen is vervat in een brief van de minister aan de Kamer (EZ, 2014b). Dit rapport geeft een nadere uitwerking en visualisatie.

TNO heeft een uitgebreid technisch rapport gemaakt, waarin meer details en onderbouwing wordt gegeven (TNO, 2014). Op een aantal plaatsen wordt naar dat rapport verwezen.

Leeswijzer

De hoofdstukken 2 tot en met 4 bevatten voorbereidende informatie. In Hoofdstuk 2 wordt een analyse van de vraagstelling gegeven. Hoofdstuk 3 behandelt de gevolgde aanpak, waarvan de uitwerking volgt in Hoofdstuk 4.

Hoofdstuk 5, ten slotte, geeft de beantwoording van de vragen en een korte discussie.

2 Analyse vraagstelling

TNO is op dit moment niet in staat om een risicoanalyse voor het Groningen veld te maken. Daartoe ontbreken zowel de benodigde rekeninstrumenten als de daarbij behorende databases van de locaties en kwetsbaarheid van gebouwen en infrastructuur.

Voor de vraagstelling in dit rapport zijn vooral effecten op de grondversnelling relevant. Immers, de grondversnelling is voor een gegeven gebied de bron van schade. Grondversnellingen op hun beurt zijn een functie van het seismisch moment, dat evenredig is met het product van:

- de reservoircompactie (maat voor het reservoirmoment) en
- de partiticoëfficiënt (maat voor de omzetting van reservoirmoment in seismisch moment).

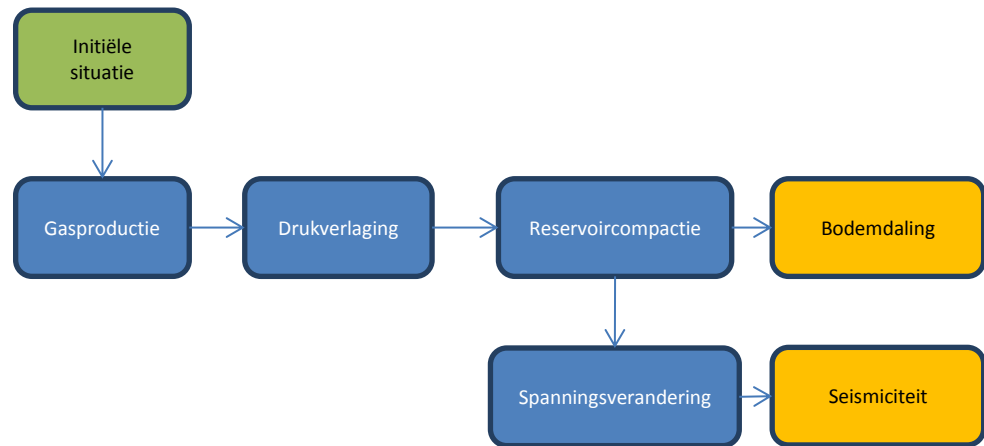
TNO heeft deze beide parameters in kaart gebracht voor het Groningen veld, uitgaande van de productiescenario's die zijn benoemd in de vraagstelling. De toename van de waarden van die parameters over de komende 3 jaar geeft een maat voor het effect op het seismisch moment, en daarmee op de grondversnellingen (seismisch dreiging), onder gegeven productiescenario's, gedifferentieerd naar deelgebieden van het Groningen veld.

In een brief aan de Tweede Kamer van 5 februari 2014 (EZ, 2014a) zijn kwantitatief vooral de effecten op de verdeling van de reservoircompactie aangegeven. De invloed van de partiticoëfficiënt is daarin slechts aangestipt.

3 Aanpak

Logisch ketenmodel

De gevolgde methode is beschreven in TNO (2013) en geïllustreerd in Figuur 3-1. Voor zover een andere aanpak dan die in TNO (2013) is gebruikt wordt deze in de volgende paragrafen uiteengezet en in het technische rapport (TNO, 2014).



Figuur 3-1. Schematische beschrijving van de gevolgde methode

Model drukverdeling

Ten behoeve van de berekening van de ontwikkeling van de drukverdeling heeft de NAM op 29 januari 2014 een dynamisch reservoir model (MoRes) beschikbaar gesteld aan TNO. Dit model is zodanig door de NAM geconditioneerd, dat tegemoet wordt gekomen aan de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit waarbij de verdeling van de reservoirdruk buiten het gebied van de Loppersum clusters zo vlak mogelijk is.

TNO heeft de maximaal mogelijke productie in het door de NAM aangeleverde model zodanig ingesteld, dat de productie over het gehele veld, alsook de productie uit de vijf Loppersum clusters zo goed mogelijk overeenkomt met de te onderzoeken productiescenario's. Tabel 3-1 geeft de codes van die scenario's en de in het model gerealiseerde productievolumina.

Compactiemodel

Het Rate Type Compactie Model in isotachen formulering (RTiCM), zoals beschreven in TNO (2013), is als uitgangspunt genomen voor de berekening van de compactie.

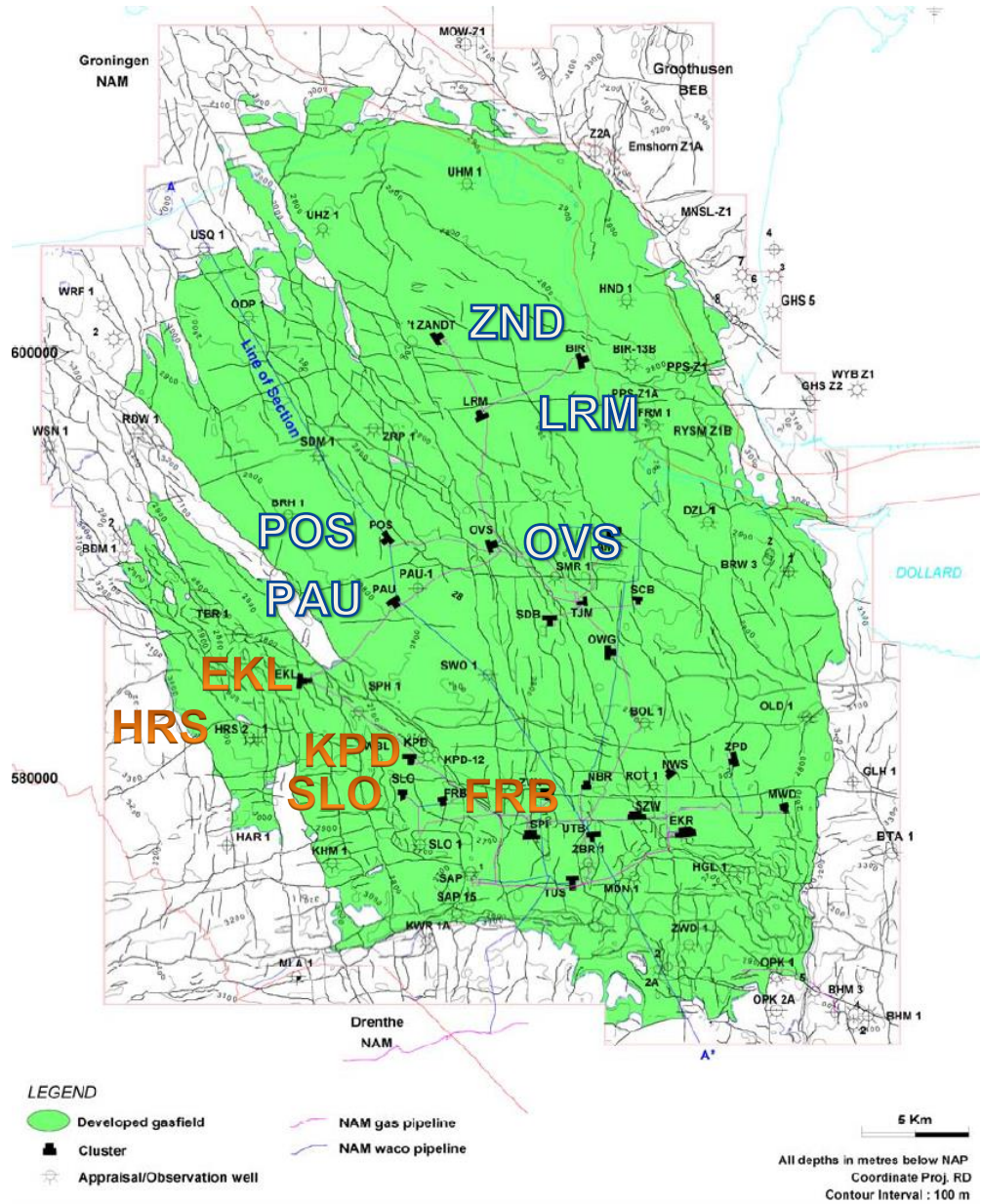
Tabel 3-1. Productie over de jaren 2014 tot en met 2016 volgens simulatiemodel (in miljard Nm³)

Scenario	Totale Groningen productie			Productie van de 5 Loppersum clusters (*)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
42,5_3	42,2	42,4	40,3	3,0	3,0	3,0
42,5_0	42,2	42,3	40,3	0,0	0,0	0,0
40_0	38,4	39,3	39,8	0,0	0,0	0,0
35_0	33,3	34,3	34,9	0,0	0,0	0,0
30_0	28,4	29,4	29,8	0,0	0,0	0,0
40_3	38,4	39,3	39,9	2,9	2,9	3,0
35_3	33,5	34,2	35,0	2,9	2,8	2,9
30_3	28,7	29,5	29,8	2,7	2,5	2,5

* de vijf Loppersum clusters zijn POS, LRM, ZND, PAU en OVS, zie kaart Figuur 3-2

Model partiticoëfficiënt

Voor de berekening van de partiticoëfficiënt is aangenomen, dat de relatie tussen compactie en partiticoëfficiënt zoals gegeven in (NAM, 2013) voor het gehele veld geldig is. Voor de gebruikte relatie tussen compactie en partiticoëfficiënt zie het technische rapport (TNO, 2014).



Figuur 3-2. Locaties van de putclusters in het Groningen veld. Verder zijn aangegeven de locaties van de 5 clusters rond Loppersum (LRM, OVS, POS, PAU en ZND), de drie clusters die in de buurt van Hoogezand liggen (FRB, KPD en SLO), de Harkstede clusters (HRS) en het Eemskanaal cluster (EKL) waarvan alleen EKL-13 in het Harkstede blok ligt.

4 Uitwerking

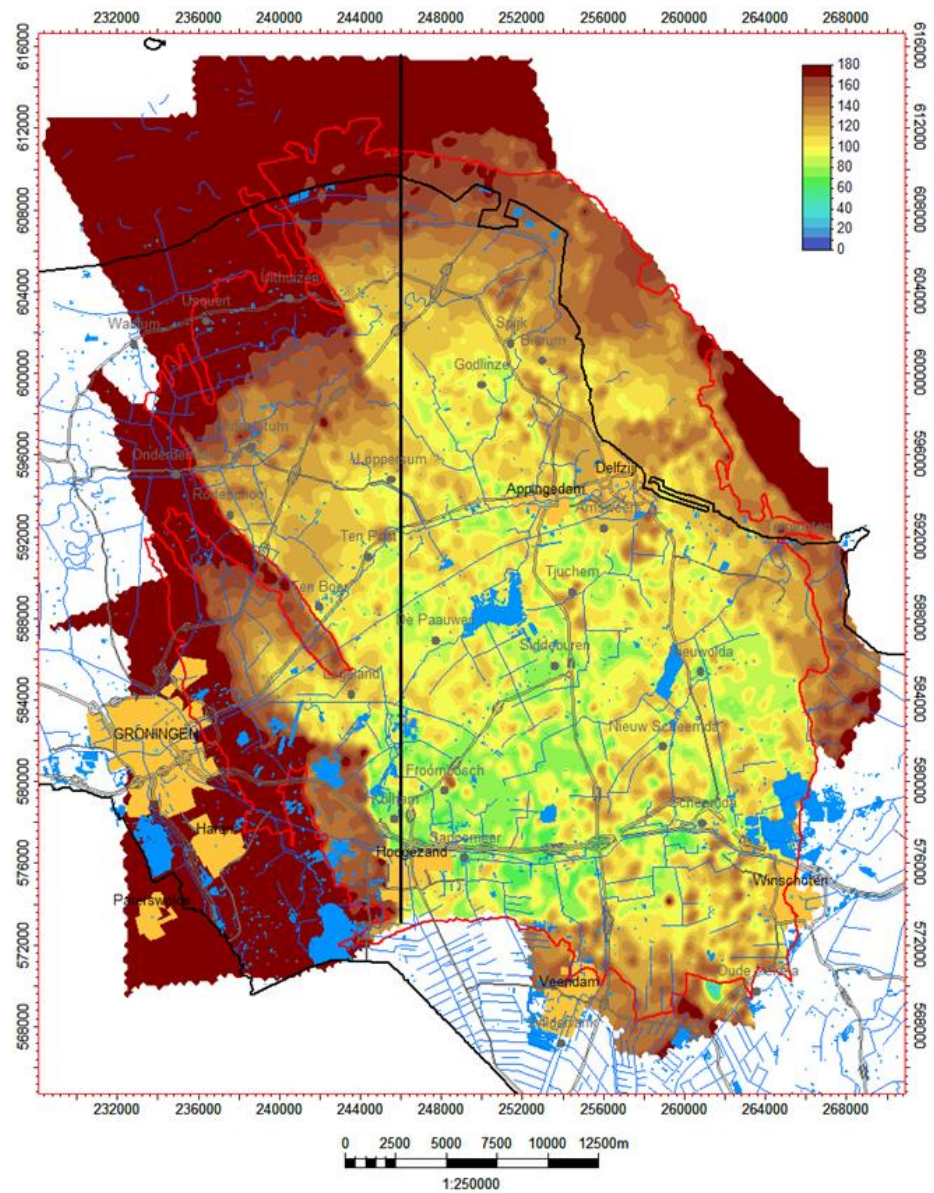
4.1 Situatie per januari 2014

Het vertrekpunt voor de analyse voor de komende drie jaar is de situatie per januari 2014. Dit betreft de verdeling van de reservoirdruk, compactie en de partiticoëfficiënt over het gehele Groningen veld.

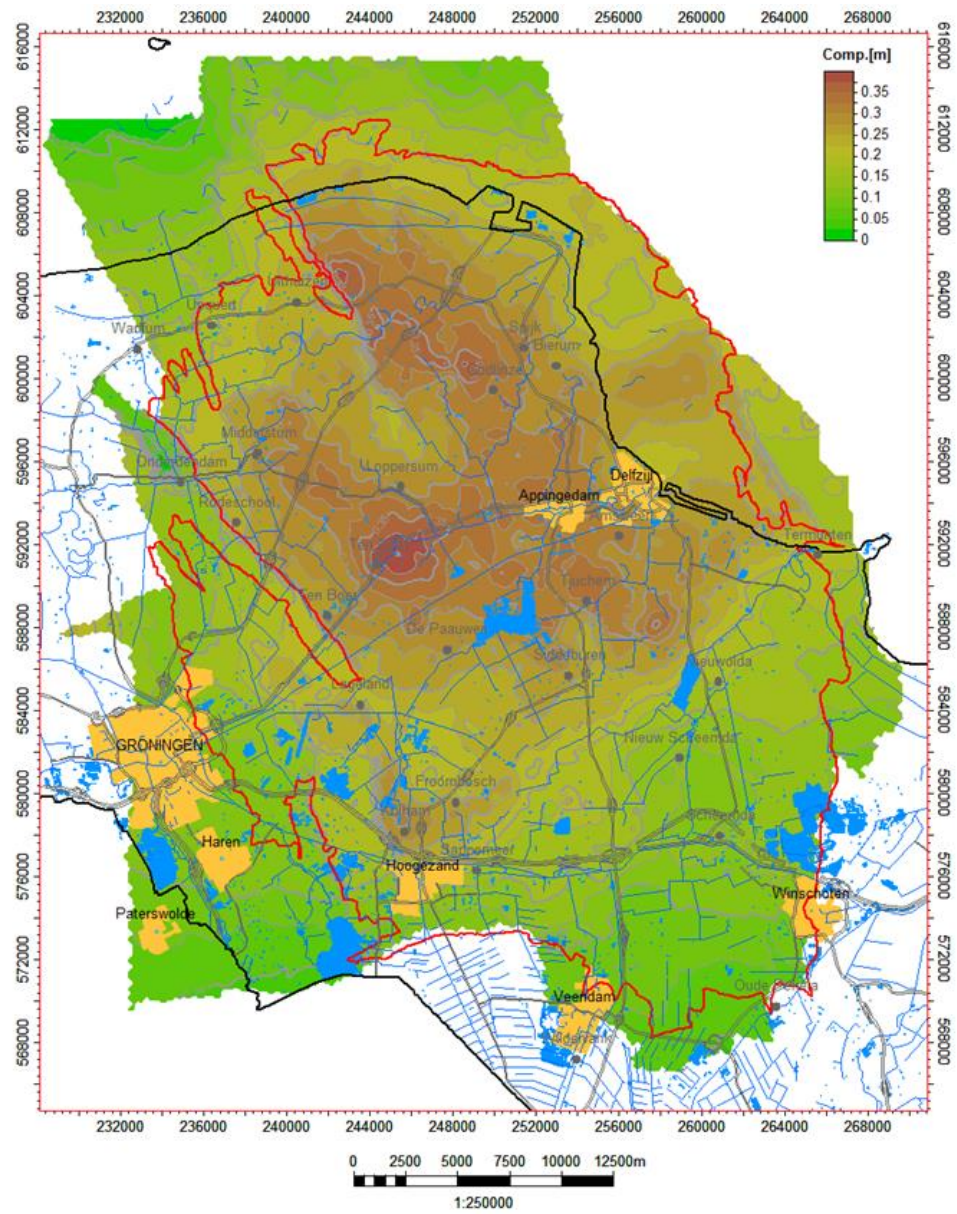
Figuur 4-1 toont de drukverdeling in het reservoir volgens het simulatiemodel per januari 2014. De gemiddelde druk in het gehele veld is nu circa 100 bar. In het zuidelijke deel van het veld is de druk gemiddeld lager en varieert deze tot circa 70 bar. Aan de randen van het veld is de druk hoger en loopt deze op tot circa 140 bar of meer.

Figuur 4-2 toont de verdeling van de totale compactie in januari 2014. De compactie is het grootst in de noordelijke helft van het veld, met name in het Loppersum gebied.

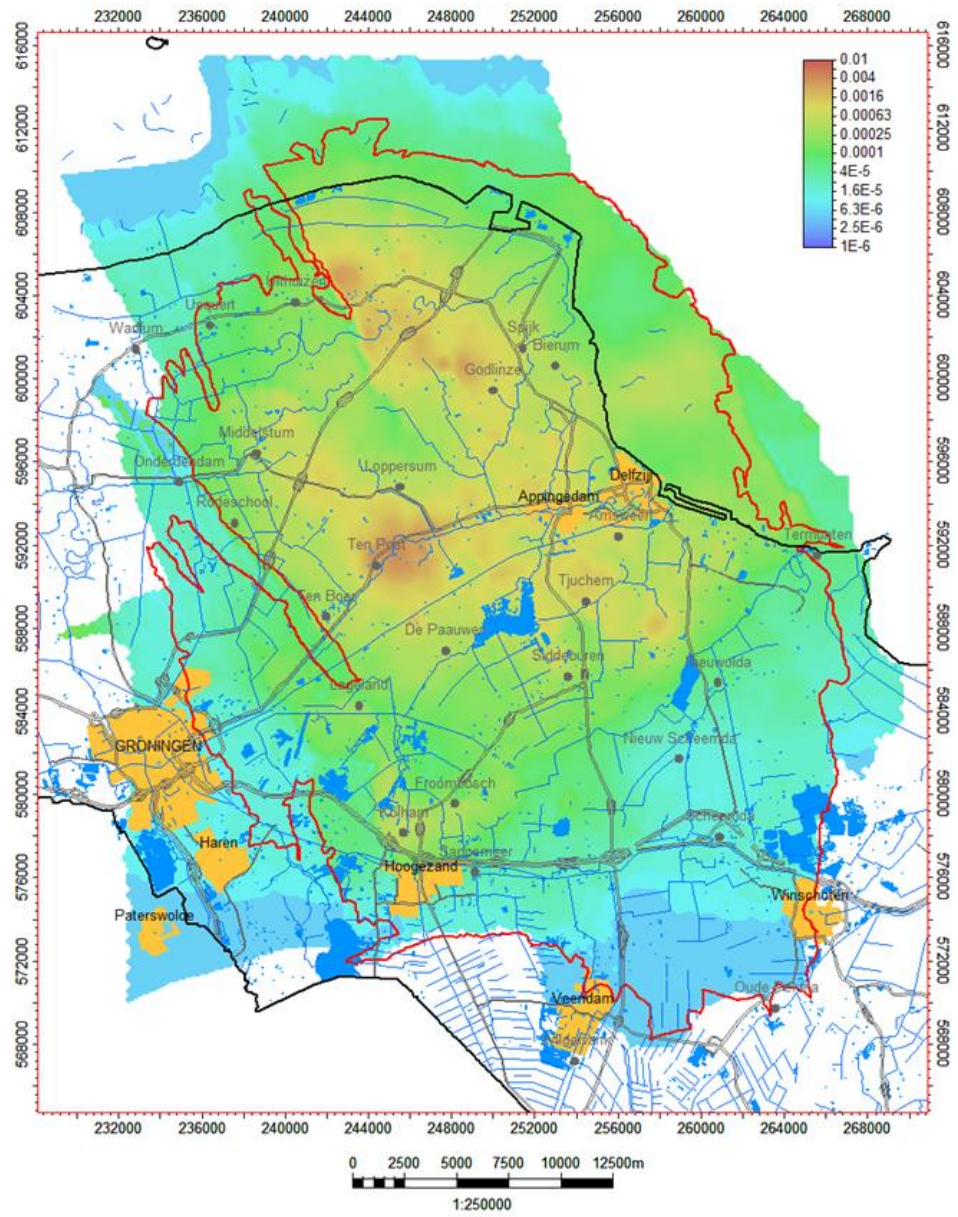
Figuur 4-3 toont de verdeling van de partiticoëfficiënt (op een logaritmische schaal) per januari 2014. De huidige modelwaarde van de partiticoëfficiënt varieert met een factor 50 van een minimum waarde van $1 \cdot 10^{-5}$ in het zuiden van het veld tot een maximale waarde van $0,5 \cdot 10^{-3}$ in het Loppersum gebied.



Figuur 4-1. Druk in bar volgens het reservoir model in januari 2014. De zwarte lijn op $x=246000$ m geeft de positie van doorsnede in Figuur 5-2 aan.



Figuur 4-2. Totale compactie (m) in januari 2014.



Figuur 4-3. Partiticoëfficiënt in januari 2014.

4.2 Veranderingen in de periode 2014 tot en met 2016

Veranderingen in de compactie

De huidige compactie in het Groningen veld bedraagt maximaal 40 cm. Veranderingen in compactie over de komende 3 jaar liggen in de orde van maximaal 3 cm. Voor alle productie-scenario's uit Tabel 3-1 is de toename van de compactie berekend, verdeeld over het Groningen veld, voor de periode 2014 tot en met 2016. In de Appendix is de toename van de compactie in kaartvorm weergegeven voor paarsgewijze combinaties van productie-scenario's:

A.	Marktvraag	en	42,5_3
B.	42,5_3	en	42,5_0
C.	40_3	en	40_0
D.	35_3	en	35_0
E.	30_3	en	30_0

Door deze wijze van groeperen kunnen de effecten van de diverse productie-scenario's op de toename van de compactie direct visueel worden vergeleken.

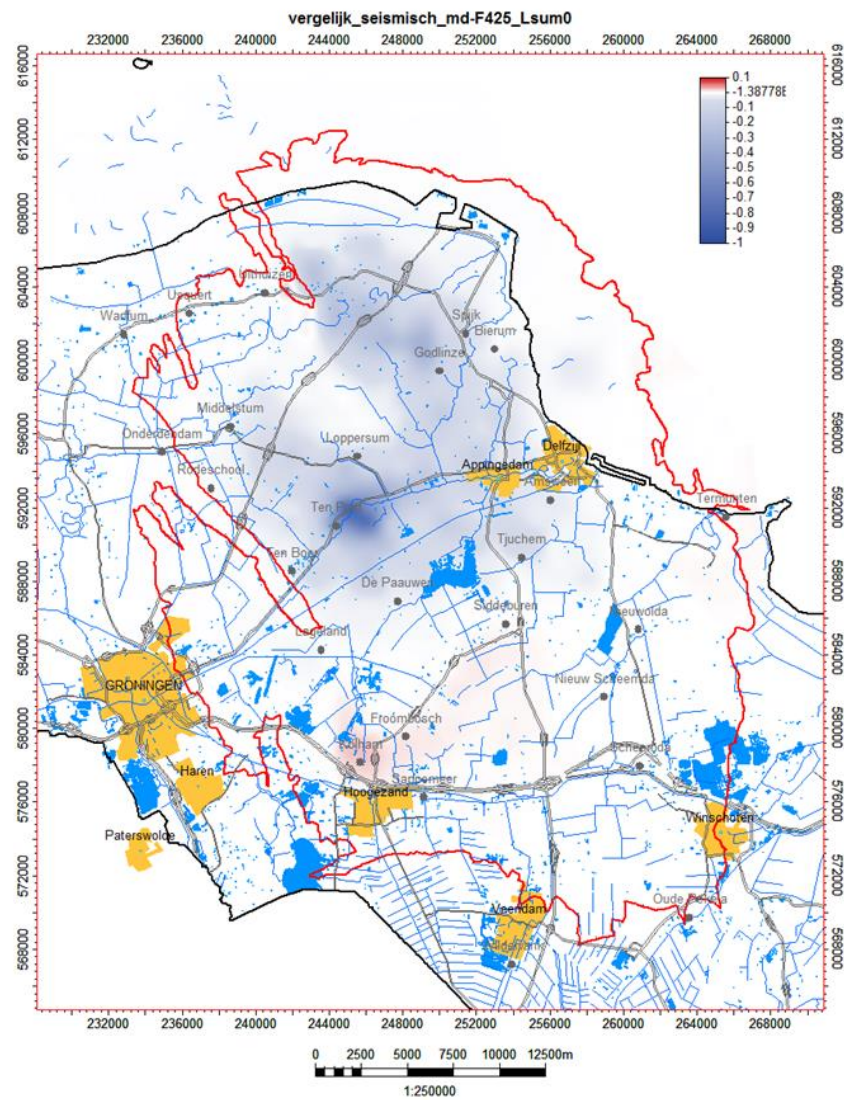
Opmerkingen:

De toename van de compactie in het gebied ten zuiden van Delfzijl is waarschijnlijk een overschatting. In (TNO, 2013) is aangegeven, dat de porositeit in het model daar lijkt te zijn overschat. Dat vertaalt zich door in de compactie (en in de partiticoëfficiënt).

Voor het berekenen van de drukverdeling in het veld is het MoRes model met 'moderate' aquifer gebruikt. In (TNO, 2013) is aangegeven, dat dit waarschijnlijk een te sterke aquifer is. In de diverse kaartbeelden lijkt de invloed van die kunstmatig sterke aquifer zichtbaar. Voor het effect op de compactie van de diverse productiescenario's in het Loppersum gebied en het zuidelijke gebied is dit minder belangrijk aangezien het effect van de aquifer tot aan het Loppersum gebied uitstrekt en niet verder naar het zuiden.

Verandering in het product van compactie en partiticoëfficiënt

Het product van de compactie en de partiticoëfficiënt is berekend voor het marktvraag scenario en het 42,5_3 scenario. In Figuur 4-4 wordt het verschil hiervan getoond als een indicatie van de toe/afname van seismische dreiging tussen deze twee scenario's. In het begeleidende technische rapport TNO (2014) worden alle scenario's in termen van compactie, toename van compactie, partiticoëfficiënt, toename in partiticoëfficiënt en toe/afname van relatieve seismische dreiging getoond.



Figuur 4-4. Verskil in product compactie partiticoëfficiënt (indicatie relatieve seismische dreiging) tussen het kabinetsbesluit scenario en het scenario wat de markt vraagt. Een blauwe kleur geeft een afname van de seismische dreiging weer ten opzichte van het markt vraag scenario, een rode kleur een toename.

5 Beantwoording van de vragen

In deze paragraaf worden de in de inleiding genoemde vijf vragen in die volgorde beantwoord. Bij de beantwoording wordt verwezen naar de informatie in de brief over dit onderwerp van de minister aan de Kamer (EZ, 2014b) van 5 februari 2014 en naar het bij dit rapport behorende uitgebreide onderbouwende technisch rapport (TNO 2014).

5.1 Marktvraag in vergelijking met 42,5_3

Zie Appendix, de kaarten A.

Duidelijk zichtbaar is het reducerende effect op de toename van de compactie in het gehele Loppersum gebied van het toepassen van de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit ten opzichte van het marktvraag scenario ('ongewijzigd beleid').

In de brief aan de Kamer (EZ, 2014b) is gemeld, dat onder het marktvraag scenario de compactie in het Loppersum gebied tot 3 cm zou toenemen, terwijl de toename onder het 42,5_3 scenario 1,8 cm is. Het kaartbeeld zet deze cijfers in het juiste perspectief. De toename in het 42,5_3 scenario is zeer lokaal, terwijl die in het marktvraag scenario vrijwel het hele Loppersum gebied beslaat.

De compactie rond de zuidelijke clusters zal iets toenemen, met name in een gebied net ten noorden van Hoogezand (SLO, KPD, FRB clusters). Dit is mede het gevolg van het in het model egaal houden van de druk in het zuidelijke gebied.

Zie kaart in Figuur 4-4

Figuur 4-4 toont het reducerend effect van toepassing van de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit op de seismische dreiging (in termen van het product van compactie en partiticoëfficiënt). Dit effect concentreert zich in het Loppersum gebied.

5.2 42,5_3 in vergelijking met resp. 40_3, 35_3 en 30_3

Zie Appendix, de kaarten B t/m E, bovenste helft

Stapsgewijze verlaging van de totale Groningen veldproductie leidt tot een steeds iets mindere toename van de compactie buiten het Loppersum gebied, waarbij het ruimtelijk patroon ongeveer gelijk blijft. Dit laatste is een gevolg van de egalisatie van druk buiten het Loppersum gebied in het reservoir model.

In de brief aan de Kamer (EZ 2014b) is aangegeven, wat de toename in de compactie in het zuidelijk gebied in de komende 3 jaar zou zijn:

42,5_3	: 1,4	cm
40_3	: 1,4 – 0,25	cm
35_3	: 1,4 – 0,5	cm
30_3	: 1,4 – 0,7	cm

Deze cijfers betreffen gemiddelde waarden over het zuidelijke gebied. De kaartbeelden in dit rapport laten ook de ruimtelijke variatie zien in de toename van de compactie.

Het effect van de onderzochte stapsgewijze verlagingen van de veldproductie treedt op in gebieden, waar de compactie en (dus) ook de partiticoëfficiënt op dit moment nog relatief laag is ten opzichte van die in het Loppersum gebied (vergelijk Figuur 4-2 en Figuur 4-3).

Opgemerkt moet worden, dat de scenario's 40_3, 35_3 en 30_3 niet zijn getoetst aan de randvoorwaarde voor leveringszekerheid.

5.3 Loppersum gebied: maximaal 3 miljard m³/jaar vs. volledige productiestop

Zie Appendix, de kaarten B t/m E

In alle gevallen waarin – bij een gegeven veldproductie - een scenario van een maximum productie uit de Loppersum clusters van 3 miljard Nm³/jaar (dat zijn: 42,5_3, 40_3, 35_3 en 30_3) wordt vergeleken met een volledige productiestop uit die clusters (42,5_0, 40_0, 35_0 en 30_0), is een klein en lokaal effect op de compactie te zien rond de Ten Post cluster.

In de brief aan de Kamer (EZ, 2014b) is aangegeven, dat in het 42,5_3 scenario de compactie zal toenemen met 1,8 cm en in het 42,5_0 met 1,5 cm. Het verschil tussen beide scenario's valt binnen de onzekerheidsmarge. Belangrijk is ook hier dat het om zeer lokale effecten gaat. Dit geldt ook voor de andere productievarianten van respectievelijk 40, 35 en 30 miljard m³/jaar.

5.4 Zuidelijke gebied: Marktvraag scenario vs. scenario cf. kabinetsbesluit (42,5_3)

Zie Appendix, kaart A.

In paragraaf 5.1 is al ingegaan op de te verwachten ontwikkeling van de compactie in het zuidelijke gebied van het Groningenveld.

Bijzondere aandacht verdient een gebiedje in het uiterste zuidwesten rond de Froombosch clusters (KPD, FRB, SLO) ten noorden van Hoogezand. Voor het scenario 42,5_3 gaan deze clusters – bij egaal houden van de drukverdeling - meer produceren in 2015 en 2016 in vergelijking met het marktvraagscenario. De relatieve toename in de jaarlijkse gasproductie in 2014 is 24%, 32% en 33% respectievelijk voor de KPD, FRB en SLO clusters (TNO, 2014). Aangezien het porositeitsmodel daar een lokaal hoog-poreus gebied in het reservoir aangeeft, neemt de compactie, vanwege de niet-lineaire relatie tussen porositeit en compactie, daar verhoudingsgewijs meer toe.

Zie kaart in Figuur 4-4

Figuur 4-4 toont het effect van toepassing van de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit op de seismische dreiging (in termen van het product van compactie en partiticoëfficiënt). In het zuidelijke gebied is een zeer lichte toename zichtbaar, die slechts een fractie is van de reductie in het Loppersum gebied.

5.5 Het effect van de drukgradiënten die ontstaan door productie binnen de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit

De gemiddelde drukdaling in het Groningen veld over de komende drie jaar zal circa 20 bar zijn.

Volgens het marktvraag scenario zullen de drukverschillen globaal volgens de huidige drukverdeling zijn zoals getoond in Figuur 4-1. Dit is het gevolg van de operationele strategie van drukegalisatie, die NAM tot nu toe heeft gevoerd. Echter, onder die strategie neemt de compactie in hoog-poreuze delen van het veld sneller toe dan elders en ontstaan er compactiegradiënten.

Figuur 5-1 geeft aan hoe de verdeling van de huidige druk over het veld zal veranderen volgens het 42,5_3 scenario. In het Loppersum gebied zal de druk maximaal 9 bar afnemen (Figuur 5-2), in het zuidelijke gebied maximaal 30 bar (Figuur 5-3). Het 42,5_3 scenario reduceert de toename van compactie in het Loppersum gebied. De drukgradiënten over het veld nemen hierbij toe in de tijd, maar de compactiegradiënten nemen juist af. Aangezien niet de druk een directe relatie met de seismiciteit heeft, maar de compactie waarbij vooral differentiële compactie een rol speelt, is een afname van de compactiegradiënt mogelijk gunstig voor de beperking van de seismiciteit.

Harkstede blok en Eemskanaal cluster

Het Harkstede blok in het zuidwesten (Figuur 4-1) verdient speciale aandacht: de druk in dat blok – gescheiden door een NNW-ZZO breuk van het hoofdveld - loopt circa 70-80 bar achter op die in het hoofdveld (situatie januari 2014). Onder de randvoorwaarden van het kabinetsbesluit scenario (42,5_3), en bij egaal houden van de druk - zal dat verschil in de komende 3 jaar met 5 - 10 bar toenemen. Onder het marktvraagscenario zou dit verschil juist afnemen met 5 - 10 bar. De compactiegradiënten over de NNW-ZZO breuk nemen toe voor het kabinetsbesluit scenario en licht af voor het marktvraag scenario. Dit wordt veroorzaakt door het effect van de toe/afname van drukgradiënten over de breuk en de gelijke porositeiten aan weerszijden van de breuk volgens het porositeitsmodel (TNO, 2013).

De productiecluster Eemskanaal is gelegen in het noorden van het Harkstede blok (zie Figuur 4-1 en Figuur 3-2). Zoals Figuur 4-1 toont, veroorzaakt dit cluster een geografisch beperkte drukdaling in dat blok, hetgeen samenhangt met de slechtere transmissiviteit (vermoedelijk breukjes, mogelijk ook permeabiliteit) in zuidoostelijke richting in dat blok. Opmerkelijk is ook de lokale druktoename in het zuiden getoond in Figuur 4-1. Dit hangt samen met het insluiten van put EKL-13 door water productie, waardoor de druk rond die put egaliseert.

Het drukverschil tussen het Harkstede blok en de rest van het veld is niet of nauwelijks te beïnvloeden volgens de voorliggende productiescenario's. Een versnelde productie uit het Harkstede blok zou de enige optie zijn. Een dergelijke optie zou wel extra putten vergen in het Harkstede blok.

5.6 Discussie

Modellen en onzekerheden

TNO heeft voor de berekeningen in dit rapport gebruik gemaakt van reservoirmodellen opgesteld en ter beschikking gesteld door de NAM. In TNO (2013) is gewezen op mogelijke afwijkingen in de verdeling van de porositeit.

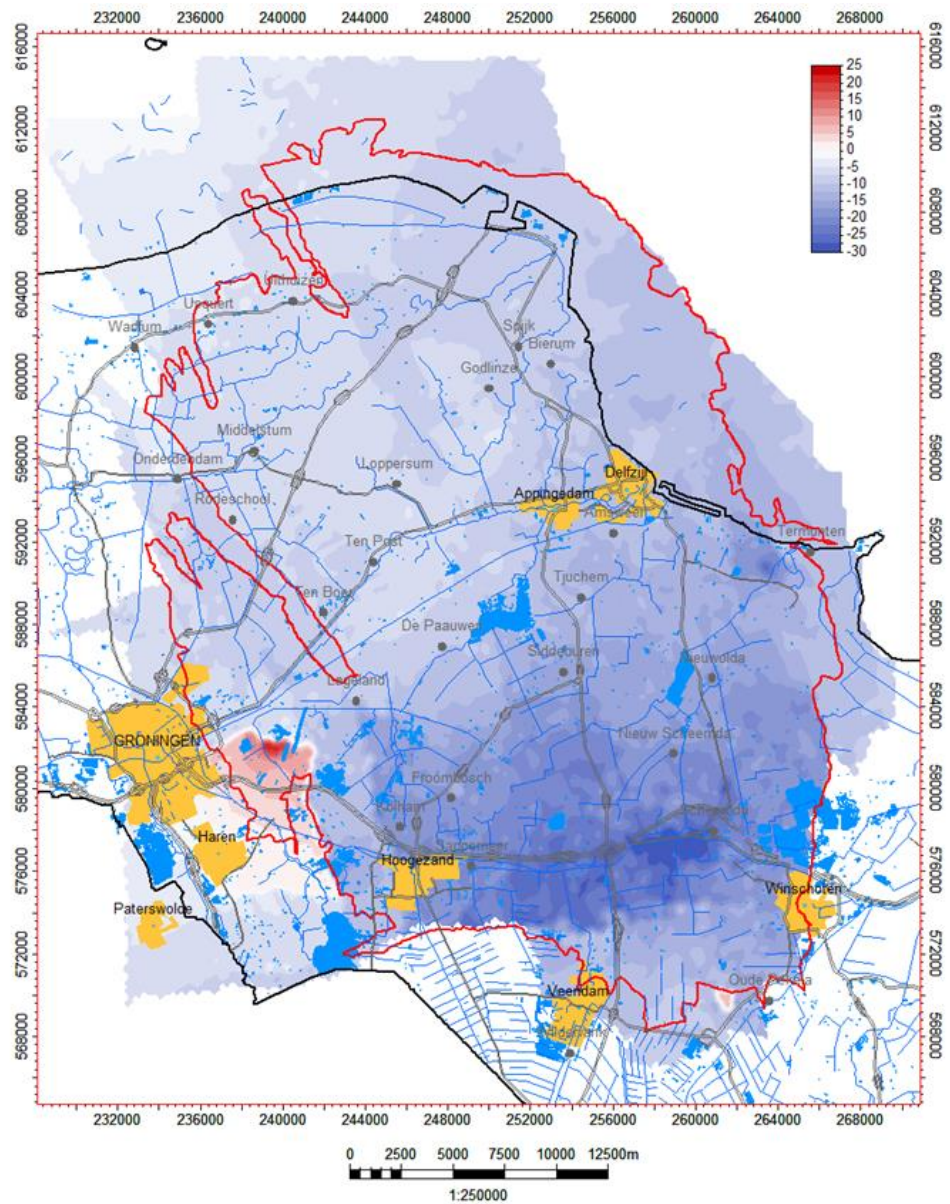
TNO heeft in dit rapport het RTiCM compactiemodel toegepast. Uit (TNO, 2013) is gebleken dat compactieberekeningen met het RTiCM model de geobserveerde bodemdaling het beste benaderen. Andere in (TNO, 2013) beschreven compactiemodellen (zoals het Time-Decay model, NAM 2013) reageren trager op drukveranderingen en tonen daardoor nauwelijks of geen veranderingen in compactie binnen de komende 3 jaar voor de verschillende productiescenario's (TNO, 2013).

De partiticoëfficiënt is berekend op basis van de door de NAM voorgestelde exponentiële relatie met de reservoircompactie (NAM 2013). Deze relatie zal in de komende jaren nader onderzocht moeten worden op basis van toekomstige monitoringsgegevens en geomechanische modellering.

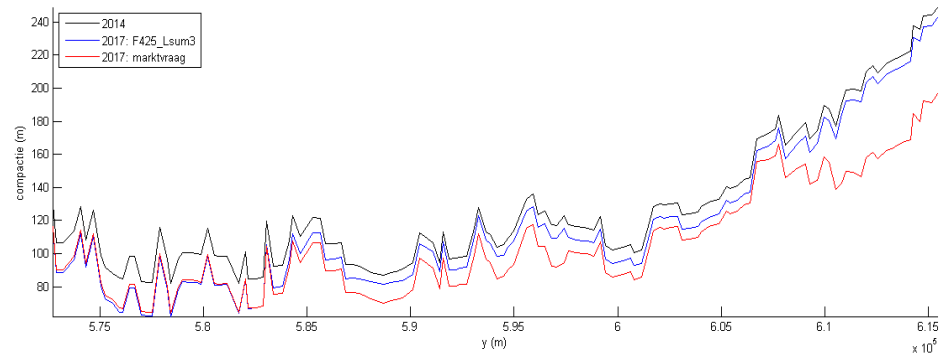
In dit rapport zijn uitsluitend deterministische berekeningen gepresenteerd, uitgaande van de beste schattingen voor parameterwaarden. Een volledig probabilistische benadering, waarin de onzekerheden expliciet zichtbaar worden gemaakt, valt buiten het bereik van deze studie. Het doel van deze studie is om trends aan te geven in de ontwikkeling van de compactie en de seismische dreiging in de komende 3 jaar.

Status

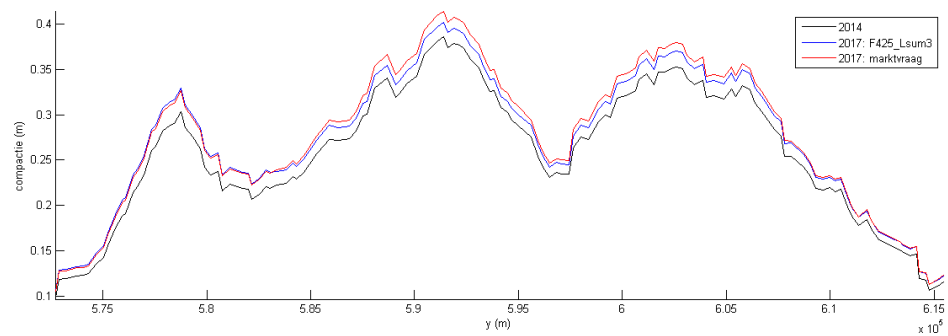
De in dit rapport genoemde cijfers en kaarten moeten als voorlopig en indicatief worden beschouwd. De NAM zal, in het kader van de uitvoering van het winningsplan, berekeningen uitvoeren aan de seismisch dreiging en het seismisch risico. De NAM zal daarbij mogelijk tot een wat andere verdeling van de productie over de diverse clusters komen binnen de door het kabinetsbesluit opgelegde randvoorwaarden. Dit zal leiden tot verschillen met de hier gepresenteerde cijfers en kaarten.



Figuur 5-1. Drukverschil tussen januari 2014 en januari 2017 voor het scenario 42,5_3. De druk in het Loppersum gebied daalt ~9 bar in deze periode. De druk in het zuiden daalt tot maximum 30 bar in deze periode.



Figuur 5-2. Doorsnede op $x=246000\text{m}$ (voor positie zie Figuur 4-1) door de druk in januari 2014 en in januari 2017 voor het 42,5_3 scenario en het marktvaag scenario.



Figuur 5-3. Doorsnede op $x=246000\text{m}$ door de compactie in januari 2014 en in januari 2017 voor het 42,5_3 scenario en het marktvaag scenario.

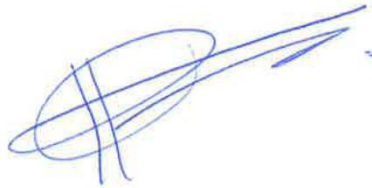
6 Referenties

- EZ 2014a Brief van de Minister van Economische Zaken aan de Vaste Kamercommissie (kenmerk: DGETM/ 14008697)
17 januari 2014
- EZ 2014b 33529 Gaswinning Groningenveld Nr. 33 Brief van de minister van Economische Zaken aan de Tweede Kamer
5 februari 2014
- TNO 2013 Toetsing van de bodemdalingsprognoses en seismische hazard ten gevolge van gaswinning van het Groningen veld. TNO rapport R11953, 23 december 2013.
- TNO 2014 Technisch rapport behorende bij "Effecten verschillende productiescenario's op de verdeling van de compactie in het Groningen veld in de periode 2014 t/m 2016. TNO 2014 R10427, 7 maart 2014.
- NAM 2013 Wijziging winningsplan Groningen 2013, inclusief technische bijlage Groningen winningsplan 2013. Versie 29 november 2013.

7 Ondertekening

Utrecht, 7 maart 2014

TNO

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Dr. I.C. Kroon
Afdelingshoofd

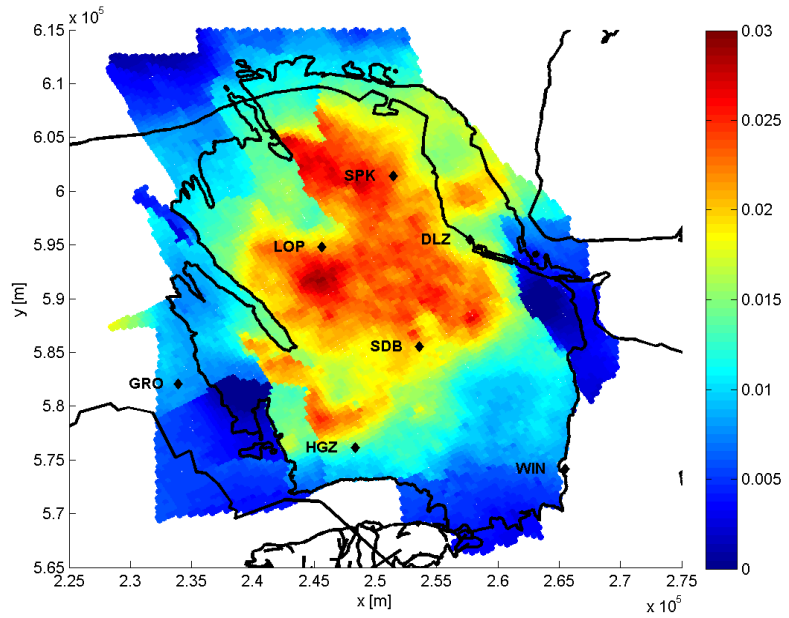
Dr. J. N. Breunese, Dr. K. van Thienen-
Visser
Auteurs

A. Appendix

In deze appendix staan de kaarten van de verdeling van de reservoir-compactie in de periode januari 2014 tot januari 2017 voor de onderzochte productiescenario's.

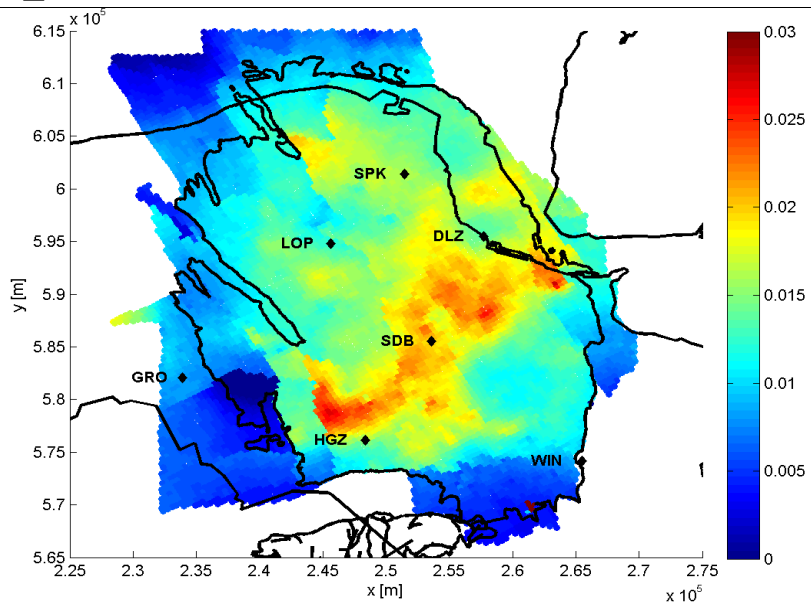
KAARTEN A.

Marktvraag



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

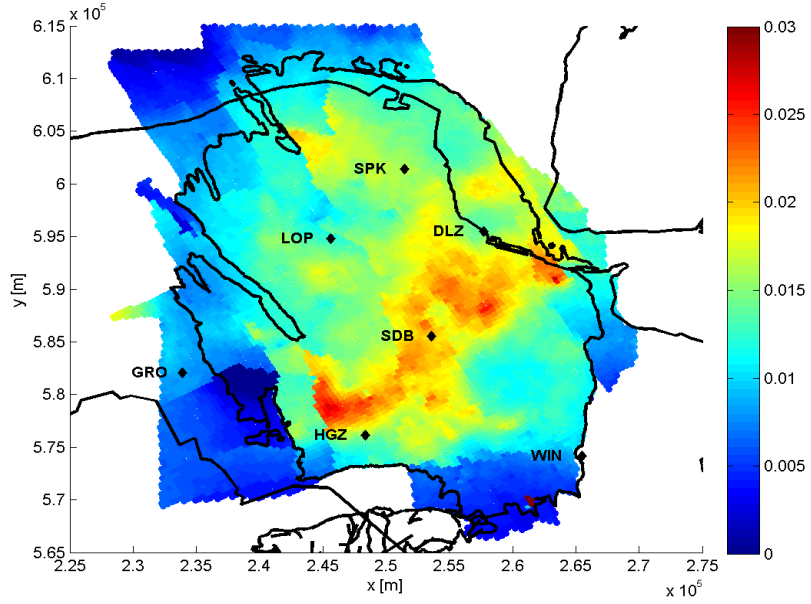
42,5_3



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

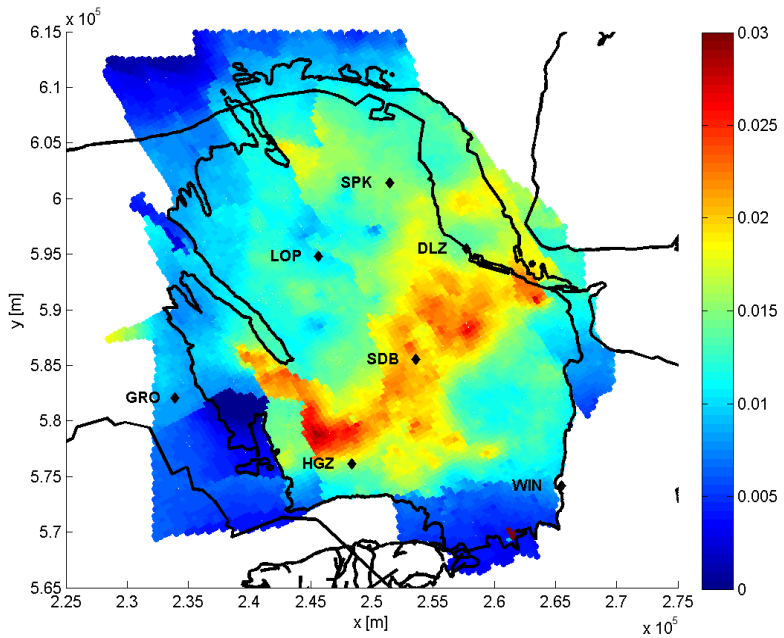
KAARTEN B.

42,5_3



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

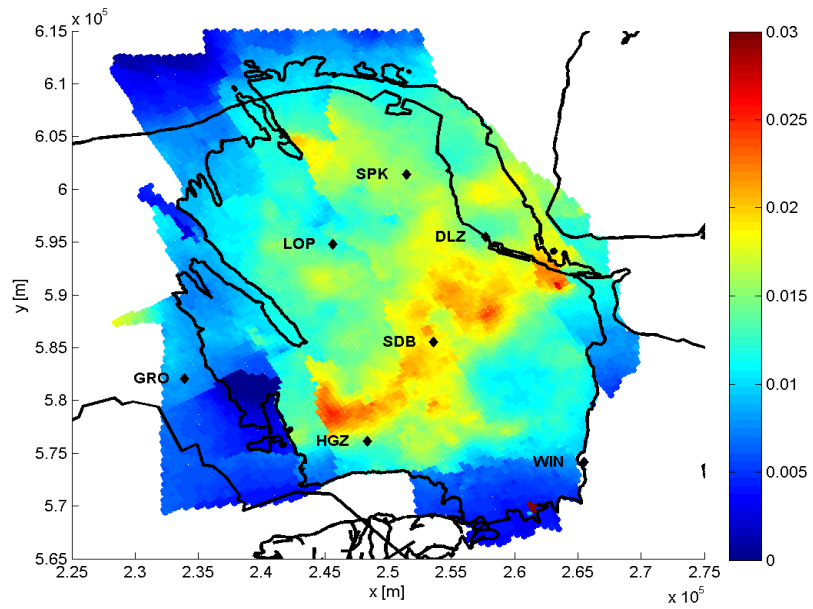
42,5_0



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

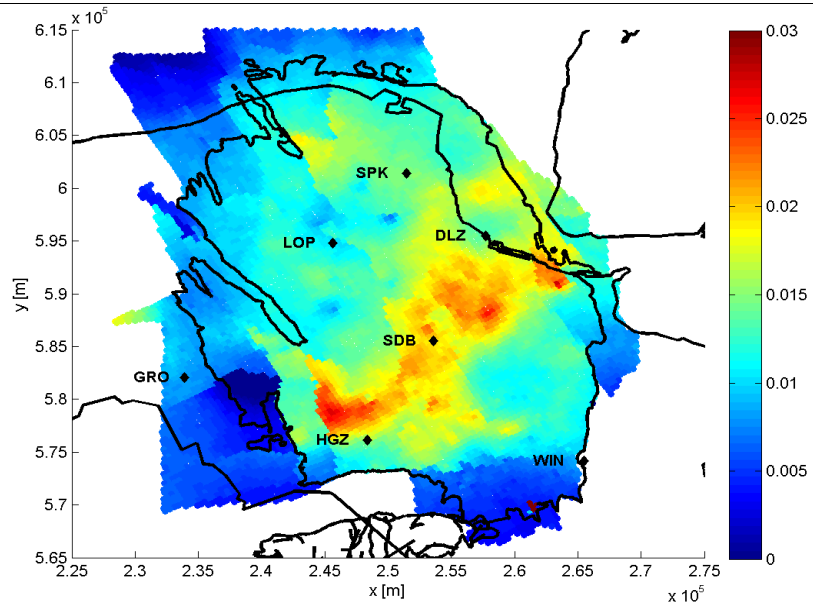
KAARTEN C.

40_3



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

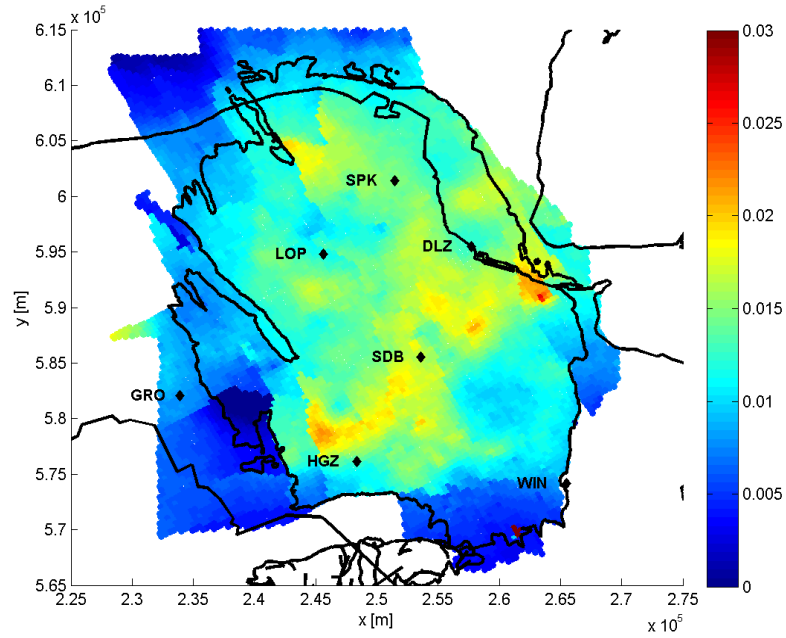
40_0



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

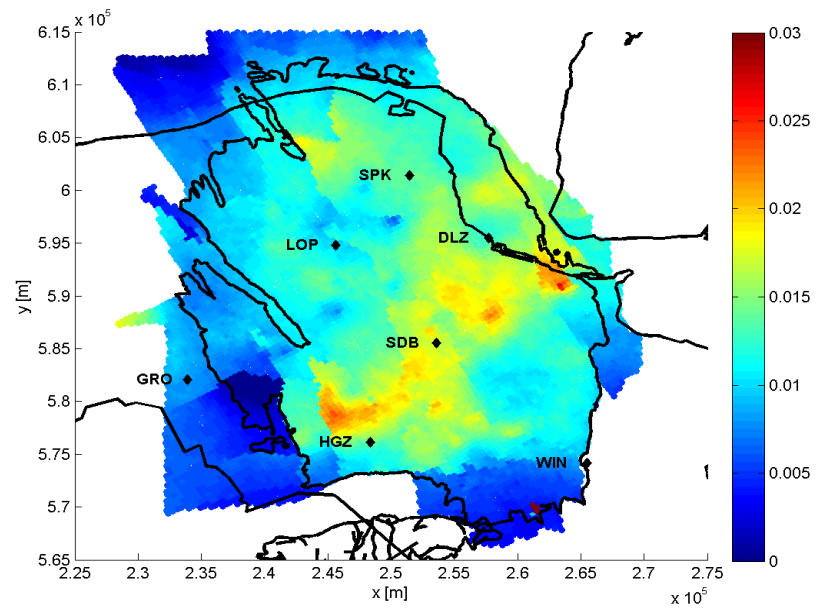
KAARTEN D.

35_3



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

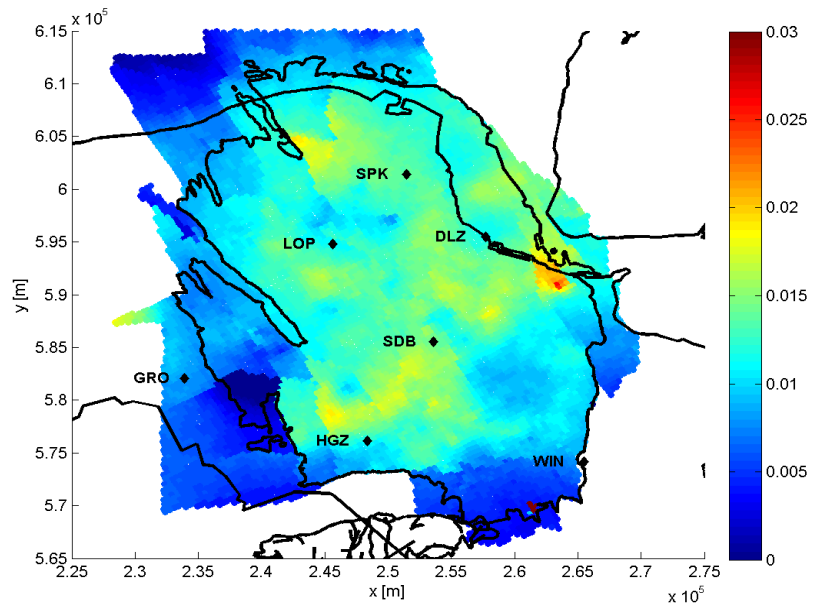
35_0



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

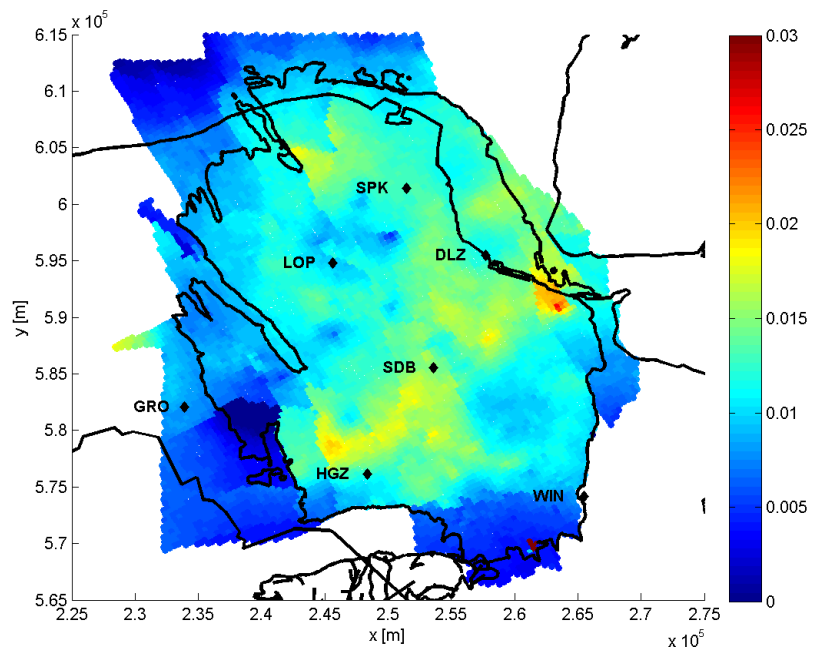
KAARTEN E.

30_3



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017

30_0



Toename in compactie in (m) januari 2014 - januari 2017