NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

De Minister van Economische Zaken
T.a.v. , plv. Directeur Energiemarkt
Postbus 20401
2500 EK DEN HAAG

Uw ref.:
Brief ref.: EP201612205409
Datum: 9 december 2016

Betreft: **Aanbieden winningsplan Pieterzijl Oost**

Uwe Excellentie,

Hierbij zenden wij u het winningsplan voor "Pieterzijl Oost", met het verzoek op grond van de Mijnbouwwet uw instemming te verlenen.

Gaarne verzoeken wij u daarom de procedure tot instemming met het winningsplan spoedig te starten.

Voor eventuele vragen of een nadere toelichting verwijs ik u graag door naar de heer Martijn Haarsma van de afdeling Vergunningen en Omgevingsmanagement. Hij is bereikbaar op telefoonnummer 0592- of per email: @shell.com.

Hoogachtend,
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Manager Vergunningen & Omgevingsmanagement

Schepersmaat 2 | Postbus 28000 | T +31 (0)592 369111
9405 TA Assen | 9400 HH Assen | BTW NL-801315670.B01
www.nam.nl
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. is statutair gevestigd te 's-Gravenhage - Handelsregister no. 04008869

NAM

Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

Aanvraag Instemming Winningsplan Pieterzijl Oost

Inleiding

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is houder van de winningsvergunning Tietjerksteradeel en Groningen. Het gasveld Pieterzijl Oost is in 2015 aangetoond middels de Warfstermolen-3 boring (WFM-3) vanaf de Warfstermolen locatie en valt in beide vergunningsgebieden.

Conform de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren overeenkomstig een Winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het Winningsplan moet bevatten. Dit Winningsplan bestaat uit vier onderdelen:

A. Algemene gegevens
B. De bedrijfs- en productiegegevens. Dit onderdeel beschrijft de winningsstrategie, de ondergrondse geologie van de laag waaruit gewonnen wordt, de aanwezige infrastructuur, de stoffen die worden geproduceerd en een beschrijving van de toekomstige plannen om de winning te optimaliseren.
C. Informatie over bodemdaling ten gevolge van de winning.
D. Informatie over bodemtrilling ten gevolge van de winning inclusief mogelijke aardbevingen en maatregelen.

Bijlage 1,2 & 3 geven meer informatie ten ondersteuning van onderdeel C en D.

Onderdeel B1 probeert een algemeen overzicht van de plannen te geven. Technische details worden in verdere onderdelen beschreven.

Een klein onderdeel van het Winningsplan (onderdeel E) wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie en kan NAM's concurrentiepositie in gevaar brengen en is daarom niet openbaar. Het onderdeel E bevat met name informatie over de verwachte productiekosten en investeringskosten.

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

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

Artikel 1)	***Onderwerp***	***Beschrijving***
Mw 34 lid 1	**Verzoek om instemming met het winningsplan** Pieterzijl Oost	☐ een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 3 zeemijlszone ☒ een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territoir tot 3 zeemijl
	A) Algemene gegevens	
	A1.1) Naam indiener	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	A1.2) Adres	Postbus 28000 9400 HH Assen
	A1.3) Contactpersoon	(tel: 0592-)
	A1.4) E-mail	@shell.com
	A1.5) Fax	0592-
Mw 22	***A1.6) Indiener***	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	A2) Winningsvergunningsgebied(en)	☐ winningsvergunning(en) - Tietjerksteradeel (KB 17/02/1969) - Groningen (KB 30/05/1963)
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	***A2.1) Voorkomen koolwaterstoffen***	Pieterzijl Oost
Mb 24 lid 1a	***A2.2) Soort koolwaterstof die wordt gewonnen***	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☐ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat Uit het voorkomen wordt hoogcalorisch gas gewonnen.
Mr 1.2.1 lid 3	***A3) Bestaande of nieuwe winning***	☐ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☒ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 38	***A4) Samenloop vergunningen Wet milieubeheer***	☒ nee ☐ ja: te weten:

B) Bedrijfs- en productiegegevens

Mw 35 lid 1

B1) Beknopte beschrijving van het winningsplan

Pieterzijl Oost is een nieuw gasveld dat in 2015 is aangeboord vanaf de Warfstermolen locatie met de "Warfstermolen-3" put. Deze put heeft succesvol gas aangetoond in het Rotliegend zandsteen reservoir. Met minder dan 300 miljoen m^3 aardgas in het reservoir, betreft Pieterzijl Oost een relatief klein gasveld. Om het gas te kunnen winnen wordt dit nieuw winningsplan ingediend.

Sectie B3 geeft een overzicht van de locatie. Alle productie wordt per pijpleiding getransporteerd naar de behandelingslocatie Grijpskerk waar het behandeld wordt (ontwaterd en op druk gebracht) en afgeleverd aan GasTerra B.V.

Uit een periode van testproductie is gebleken dat de Pieterzijl Oost put hydraulisch gestimuleerd[1] zou moeten worden om het gas efficiënter naar de put te laten stromen. In dit winningsplan is aandacht besteed aan mogelijke seismische risico's van de stimulatie (Bijlage 2). De goedkeuring van een stimulatie zal de gangbare vergunningsprocedure volgen.

De verwachte bodemdaling door toekomstige productie uit Pieterzijl Oost is minder dan 2 cm. De seismische risicoanalyse laat zien dat Pieterzijl Oost in de laagste seismische risicocategorie valt.

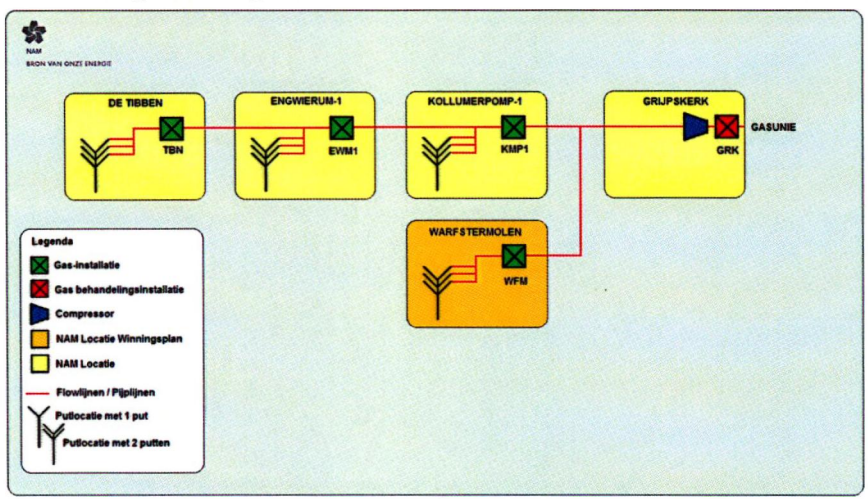
Het winningsplan zal aangepast worden als de bodemdaling of seismische risicoanalyse afwijkt van de prognose zoals in dit winningsplan beschreven. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit Pieterzijl Oost gaat uitkomen boven de prognose van de uiteindelijke cumulatieve productie zoals in dit winningsplan beschreven, zal dit besproken worden met de regulerende overheden. Eventuele toekomstige activiteiten op de locaties (b.v. compressie) of in het reservoir (b.v. stimulatie of extra putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen en behoeven geen aanpassing van het winningsplan.

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

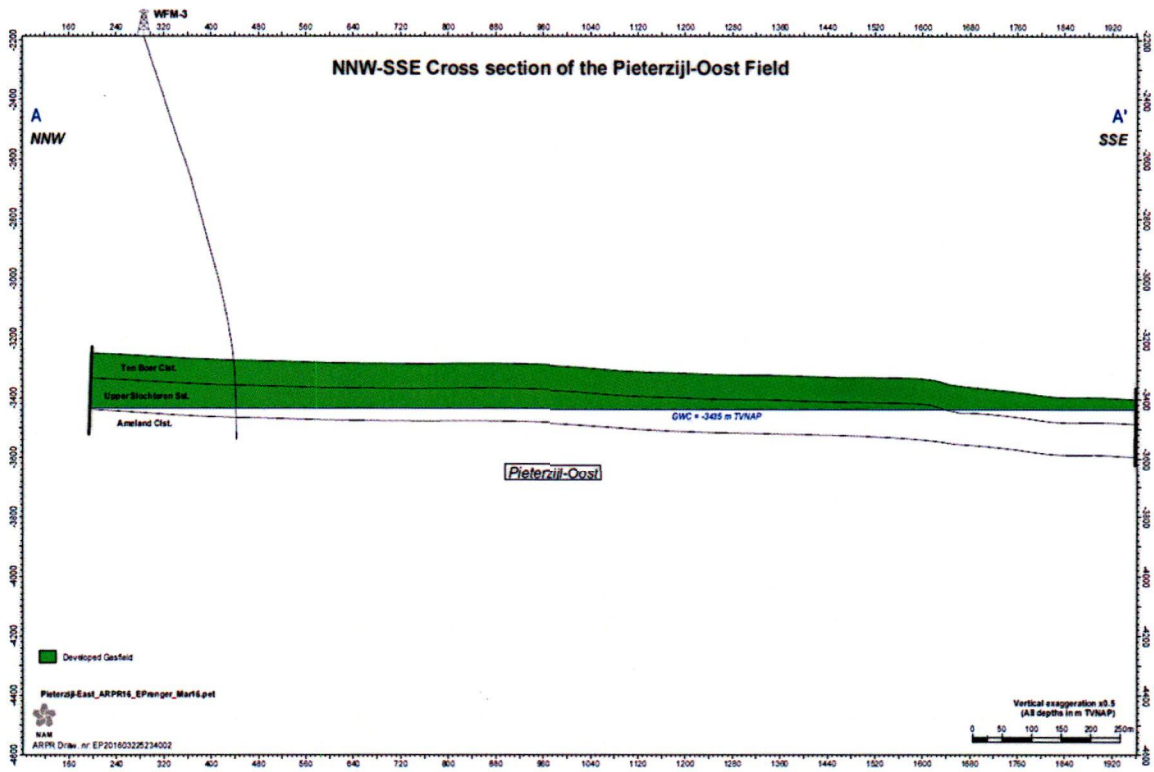
B1.1) Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)

Op de Warfstermolen locatie wordt gas gewonnen vanuit de voorkomens Pieterzijl Oost, Burum Oost en Burum. Het gas dat gewonnen wordt op de Warfstermolen locatie wordt via een pijpleiding ondergronds verbonden met een pijpleiding die van de locaties De Tibben, Engwierum en Kollumerpomp komt. Deze leiding transporteert het gas verder naar de gasbehandelingsinstallatie Grijpskerk. Op de behandelingslocatie Grijpskerk worden de met het gas meegeproduceerde vloeistoffen (water en aardgascondensaat) van het gas gescheiden. De vloeistoffen worden per ondergrondse pijpleiding van de locatie afgevoerd. Het aardgascondensaat wordt uiteindelijk in Delfzijl van het water gescheiden waarna het aardgascondensaat aan raffinaderijen wordt geleverd en het water bij Borgsweer in de diepe ondergrond wordt geïnjecteerd. De resulterende gasstroom wordt op de Grijpskerk locatie via druk en temperatuur behandeling op specificatie gebracht en afgeleverd aan GasTerra B.V.

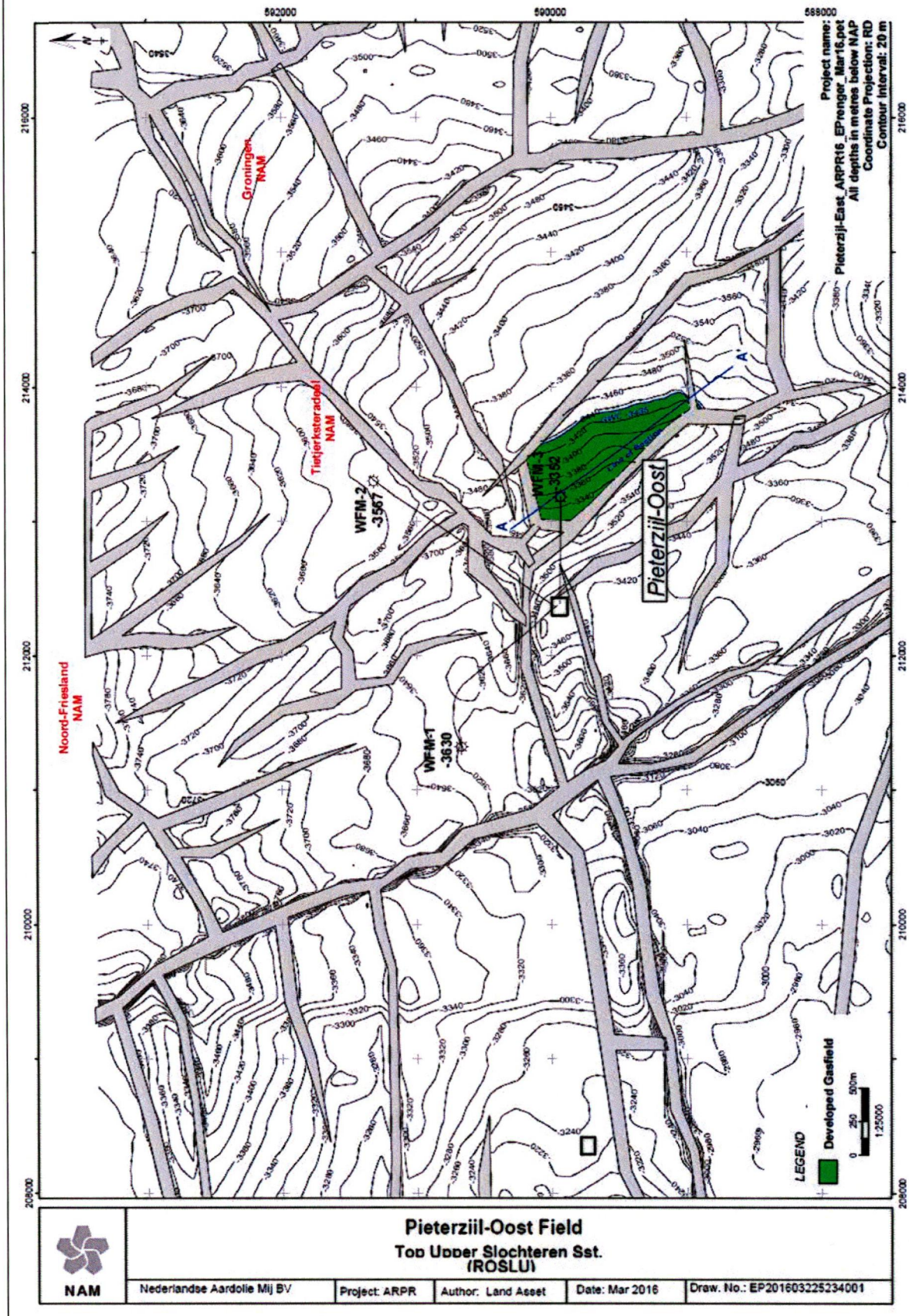
Schematische voorstelling van de gasstromen



[1] Om verwarring te voorkomen met grootschalig "fracken" zoals toegepast bij schaliegaswinning, wordt voor de putstimulatie van Pieterzijl Oost het woord "hydraulische stimulatie" gebruikt.

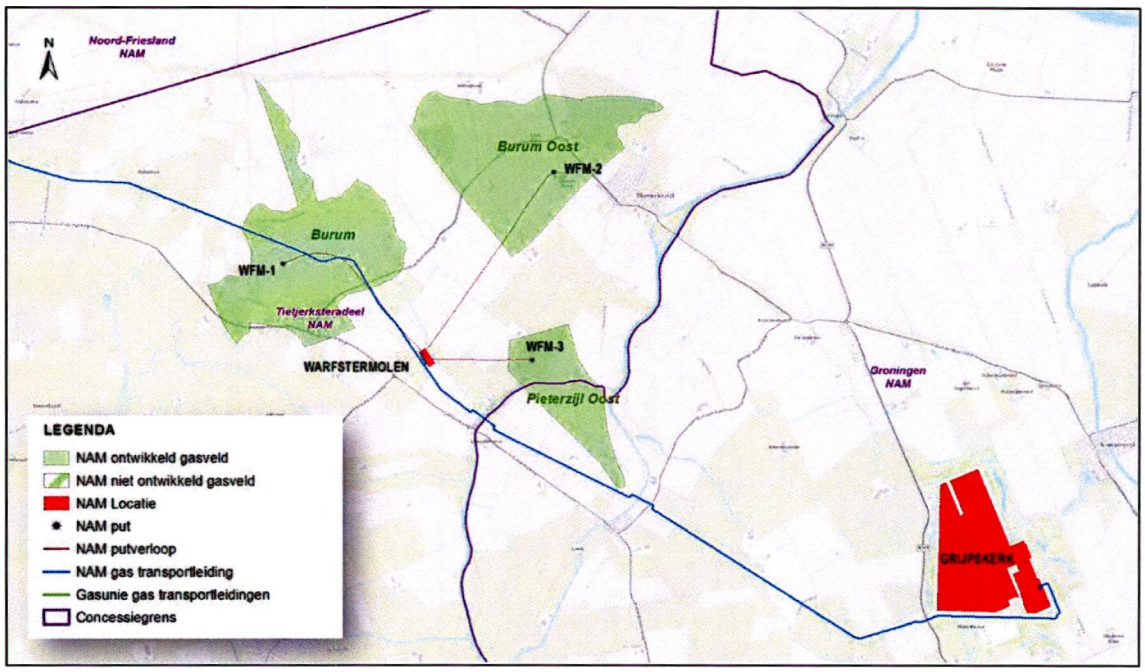
Mb 24 lid 1a	***B2) Geologische beschrijving van voorkomen(s)*** Het aardgas in het Pieterzijl Oost voorkomen is gevormd in de koollagen van het geologische tijdperk Carboon. Vervolgens is het gas gemigreerd naar bovenliggende zandsteenlagen in het Rotliegend. Dit reservoir wordt afgesloten door een dikke zoutlaag van de Zechstein formatie.
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	***B2.1) Geologische doorsnede van voorkomen(s)*** Dit deel bevat een dwarsdoorsnede en kaart van de top van het reservoir voor het voorkomen Pieterzijl Oost. De locatie van de dwarsdoorsnede is op de kaart aangegeven. Doorsnede Pieterzijl Oost voorkomen 

Kaart Pieterzijl Oost voorkomen



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

B3) Overzicht ligging voorkomen, gasputten



Voorkomen	Locatie	Producerende putten	Gesuspendeerde putten	Geabandonneerde putten	Observatie putten
Pieterzijl Oost	Warfstermolen	1	-	-	-

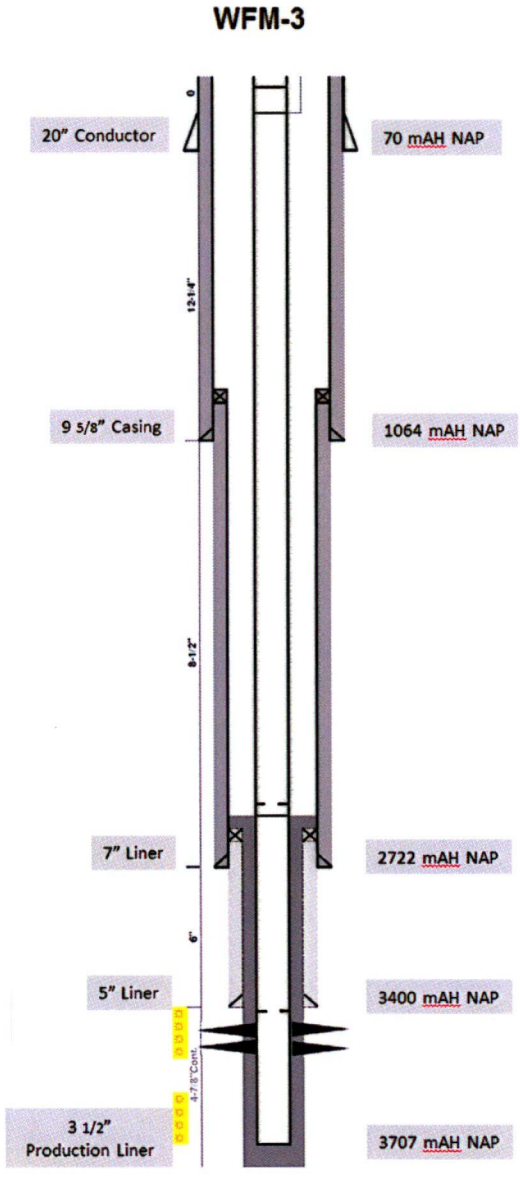
Mb 24 lid 1d,e,g

B3.1) Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto

Locatie	Gesuspendeerd	Gemeente	Provincie
WFM	Nee	Kollumerland en Nieuwkruisland	Friesland

Foto van mijnbouwlocatie **Warfstermolen**

Mb 24 lid 1e,f	***B4) Overzicht boringen in voorkomen(s)*** Het is onwaarschijnlijk dat er in de toekomst nog meer putten in Pieterzijl Oost geboord gaan worden. Eventuele toekomstige activiteiten zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.
Mb 24 lid 1g	***B4.1) Schematische voorstelling putverbuizing(en)***



Mb 24 lid 1h	***B4.1) Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden*** De put is 3530 meter (verticaal) diep en verbonden met de gashoudende Rotliegend formatie op een diepte tussen 3352 en 3415 meter beneden NAP (Normaal Amsterdams Peil). De put doorboort de Rotliegend formatie iets beneden het ondiepste punt in het reservoir van 3330 meter zoals geïnterpreteerd uit seismische data in verband met afstand tot gekarteerde breuken.
Mb 24 lid 2	***B5) Productieontwikkeling strategie*** In navolgend overzicht wordt de verwachte totale gaswinning voor het voorkomen gegeven. De "statische GIIP" geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. De "Mid Case" en "High Case" verwijzen naar de scenario's zoals beschreven in sectie B5.3.

Voorkomen	Statische GIIP (miljard Nm^3)	Totale winning tot eind 2015 (miljard Nm^3)	Verwachte totale winning (Mid Case) (miljard Nm^3)	Verwachte totale winning (High Case) (miljard Nm^3)	Verwacht winnings-percentage (Mid Case)	Verwacht winnings-percentage (High Case)
Pieterzijl Oost	0,294	0	0,158	0,255	54%	87%

Het winningspercentage uit Pieterzijl Oost in de Mid Case is relatief laag aangezien in dat scenario geen profijt van hydraulische stimulatie is meegenomen.

Mb 24 lid 2

B5.1) Productie filosofie

Pieterzijl Oost zal dusdanig worden geproduceerd dat er optimaal gebruik wordt gemaakt van de productiefaciliteiten, De productie wordt voor een belangrijk deel op afstand bestuurd, waarbij de installaties altijd van afstand veilig uitgeschakeld kunnen worden. Er vinden regelmatig bezoeken plaats door operators voor controle en eventuele reparaties.

De productie uit Pieterzijl Oost gebeurt met behulp van compressie op de Grijpskerk locatie. Eventuele verdere installatie van compressiecapaciteit zal de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Mb 24 lid 2

B5.2) Reservoir management

Voor het Pieterzijl Oost voorkomen geldt dat er via regelmatige drukmetingen informatie wordt verkregen over de ontwikkeling van drukken in het gasvoorkomen.

De waterproductie wordt continu gecontroleerd op systeem niveau. Verschillende maatregelen kunnen worden getroffen om waterproductie te minimaliseren.

Naast metingen aan de productie van de gasvelden, worden ook metingen gedaan aan de integriteit van de put. Beide bronnen van informatie kunnen leiden tot activiteiten waarvoor mogelijk een boorinstallatie nodig is.

Op het Pieterzijl Oost voorkomen is een productietest gedaan waaruit blijkt dat een hydraulische stimulatie de efficiëntie van de productie waarschijnlijk zal verhogen. Deze stimulatie zal de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a 0

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

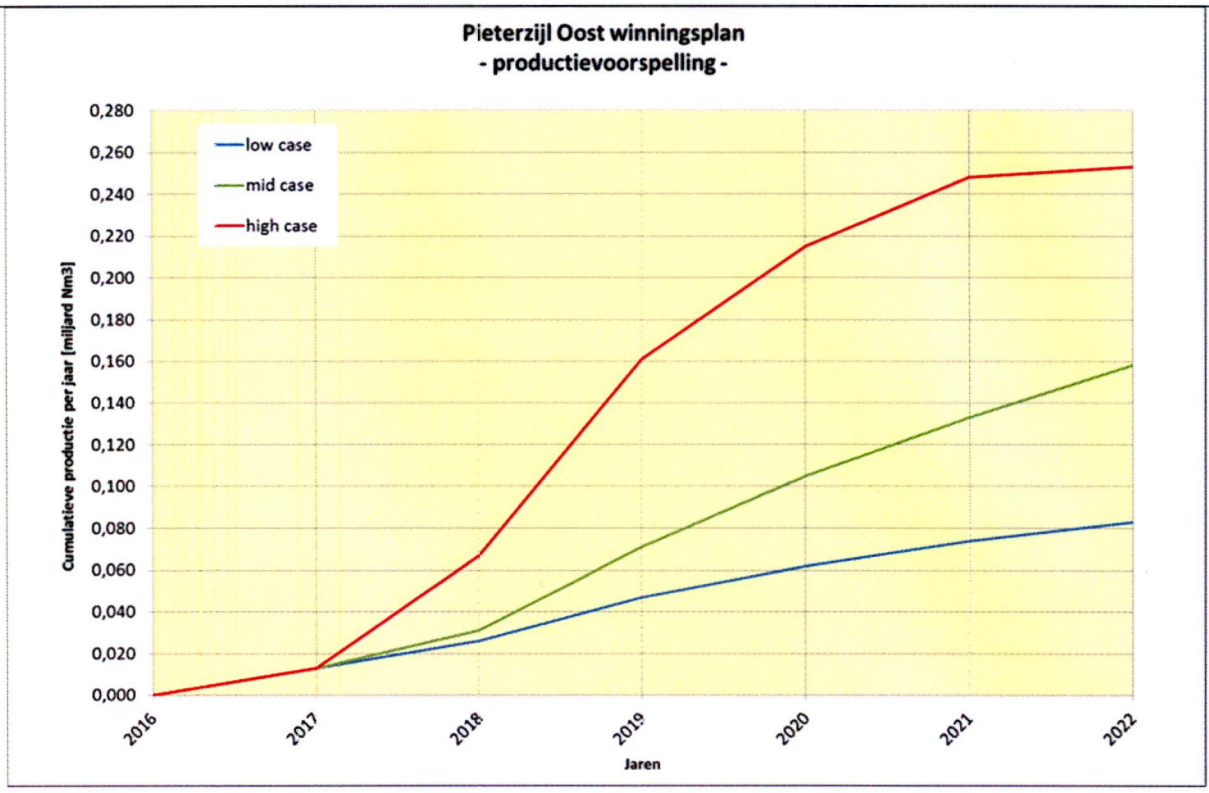
Dit winningsplan gaat uit van drie productiescenario's: Low, Mid en High Case. Reden hiervoor is dat de productie niet precies op voorhand kan worden ingeschat. In de Low en Mid Case scenario's is er geen bijdrage van hydraulische stimulatie meegenomen.

Het lage productiescenario ("Low Case") gaat uit van de hoeveelheden gas die op basis van een conservatieve inschatting geproduceerd kunnen worden. Hiertoe is de productietest data genomen met een afname van 25% per jaar.

Het midden productiescenario ("Mid Case") gaat uit van de uitkomst van de productietest met een jaarlijkse afname van ongeveer 15%.

Het hoge productiescenario ("High Case") gaat uit van een hydraulische stimulatie.

Alle scenario's gaan uit van productieaanvang in midden 2017, na goedkeuring van het winningsplan. In het High Case scenario is aangenomen dat hydraulische stimulatie direct bij aanvang van productie plaatsvindt. Een einddatum van productie in 2022 is aangenomen, maar productie zal eventueel verder doorlopen binnen het toegestane cumulatieve productievolume (zie sectie B5.4). In geen van de scenario's zijn bijzondere omstandigheden meegenomen waardoor de productie bijvoorbeeld voor langere tijd stil zou kunnen komen te liggen.



Jaarlijkse verwachte productie (miljard Nm^3)		2016	2017	2018	2019	2020	2021
Pieterzijl Oost	L.Case	0,013	0,014	0,021	0,015	0,012	0,009
	M.Case	0,013	0,018	0,039	0,034	0,029	0,025
	H.Case	0,013	0,053	0,094	0,054	0,033	0,006

Cumulatieve verwachte productie per jaar (miljard Nm^3)

Pieterzijl Oost	L.Case	0,013	0,026	0,047	0,062	0,074	0,083
	M.Case	0,013	0,031	0,071	0,105	0,133	0,158
	H.Case	0,013	0,067	0,161	0,215	0,248	0,253

Mw 35 lid 1b

B5.4) Duur van de winning (per voorkomen)

De productievoorspellingen in sectie B5.3 geven aan dat productie uit Pieterzijl Oost verwacht wordt te eindigen rond 2021. De verwachte einddatum van de productie in het gehele Grijpskerk systeem is volgens de huidige voorspellingen 2026.

De winning zal worden beëindigd indien de totale kosten van de productie de opbrengsten van de productie zullen overtreffen dan wel zoveel eerder indien door onvoorziene technische of andere oorzaak voortzetting van de winning niet plaats kan vinden. Als Pieterzijl Oost nog economisch produceert na 2021, zal productie binnen de toegestane cumulatieve volumes van dit winningsplan voortgezet worden.

Mb 24 lid 1i

B6) Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Met de gasproductie worden water en aardgascondensaat meegeproduceerd. De geproduceerde hoeveelheid water en aardgascondensaat is afhankelijk van de totale gasproductie. De hoeveelheid aardgascondensaat wordt gegeven door de (aardgas-) Condensaat Gas Ratio (CGR) en de hoeveelheid water door de Water Gas Ratio (WGR). Navolgend overzicht geeft bij benadering de waarden van de CGR en

	de WGR: | Voorkomen	CGR (m3/mln m3 gas)	WGR (m3/mln m3 gas)
---	---	---
Pieterzijl Oost	~30	0	 De waarde voor de WGR stijgt naarmate de druk in het reservoir afneemt.
Mb 24 lid 1i	***B7) Jaarlijks eigengebruik bij winning*** Voor eigen gebruik wordt er op de locatie Warfstermolen (WFM) geen gas aangewend. Op de locatie Grijpskerk wordt gas behandeld van meerdere voorkomens uit verschillende clusters. Op deze locatie wordt per jaar ongeveer 4,5 mln Nm^3 aan gas voor eigen gebruik aangewend (stookgas fornuizen en spoel/pilot gas fakkels). Dit volume zal niet veranderen door Pieterzijl Oost productie. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit de jaren 2011 t/m 2015 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de latere jaren.
Mb 24 lid 1j	***B8) Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen*** Het volume koolwaterstoffen dat jaarlijks op de locatie Warfstermolen (WFM) wordt afgeblazen (ten gevolge van het afgaan van veiligheidskleppen dan wel onderhoud) is te verwaarlozen. Op de locatie Grijpskerk wordt gas behandeld van meerdere voorkomens uit verschillende clusters. Op deze locatie wordt per jaar ongeveer 0,5 mln Nm^3 aan gas afgefakkeld dan wel afgeblazen. Dit volume zal niet veranderen door Pieterzijl Oost productie. Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit de jaren 2011 t/m 2015 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de latere jaren.
Mb 24 lid 1k	***B9) Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen*** Het vrijkomende productiewater wordt via een injectieput op de Borgsweer locatie geïnjecteerd in de diepe ondergrond.

C) *Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.*

Mw 35 lid 1f

C1) Aard van de bodemdaling

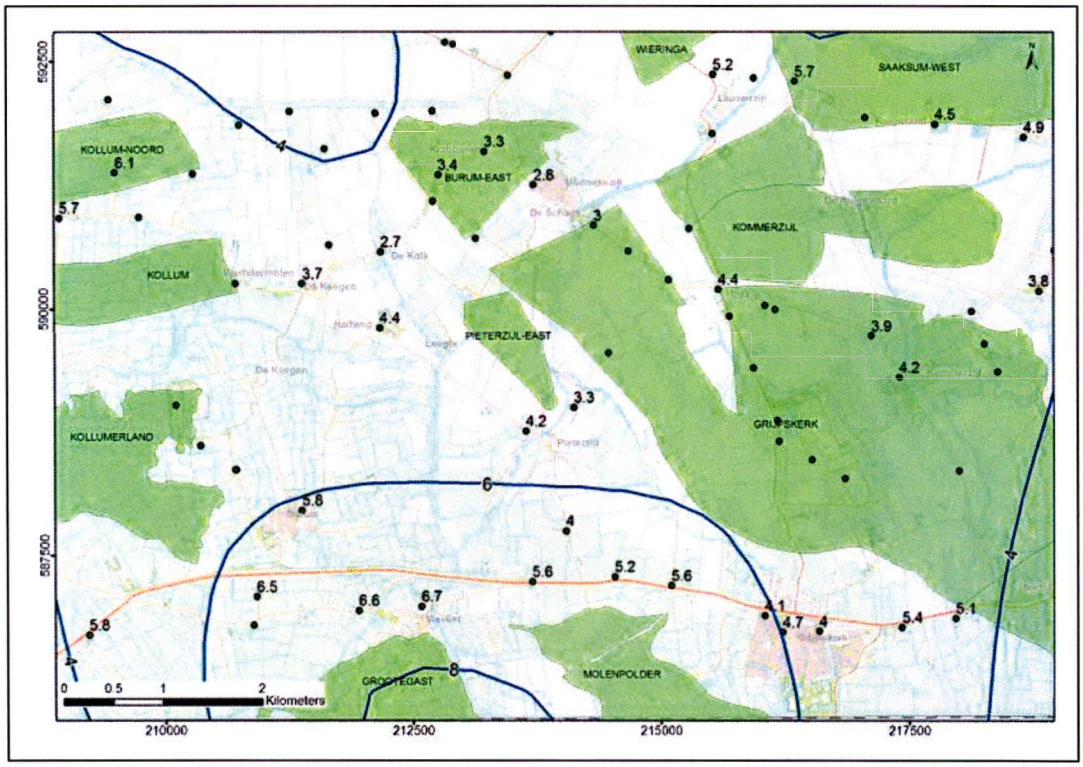
Door de winning van koolwaterstoffen uit olie- en gasvoerende gesteentelagen zal de druk in de poriën van het gesteente verminderen waardoor compactie van de olie- en gasvoerende lagen optreedt. Dit manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van bodemdaling. Zie voor een uitgebreide beschrijving van het bodemdalingsproces "*Bodemdaling door Aardgaswinning –NAM-velden in Groningen, Friesland en het Noorden van Drenthe– Status Rapport 2015 en Prognose tot het jaar 2080*" (EP201511213444).

Mb 24 lid 1m
Mb 24 lid 1n
Mb 24 lid 1o

C2) Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)

Gekalibreerd bodemdalingsmodel

De meest recente uitgebreide bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2013 (Meetregister bij de meetplannen Noord Nederland 2014). Deze en alle andere beschikbare metingen uit het verleden zijn gebruikt om een bodemdalingsmodel te kalibreren. In figuur C1 wordt de in 2013 op de peilmerken gemeten daling sinds de nulmeting in 1987 (start productie uit het naburige voorkomen Grijpskerk) weergegeven door punten. Op basis van deze gegevens wordt geconcludeerd dat de huidige bodemdaling boven Pieterzijl Oost sinds 1987 rond de 4 cm ligt, vanwege productie uit naburige voorkomens (Grijpskerk, Grootegast en Molenpolder). De blauwe lijnen geven de contouren van de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning uit naburige voorkomens.



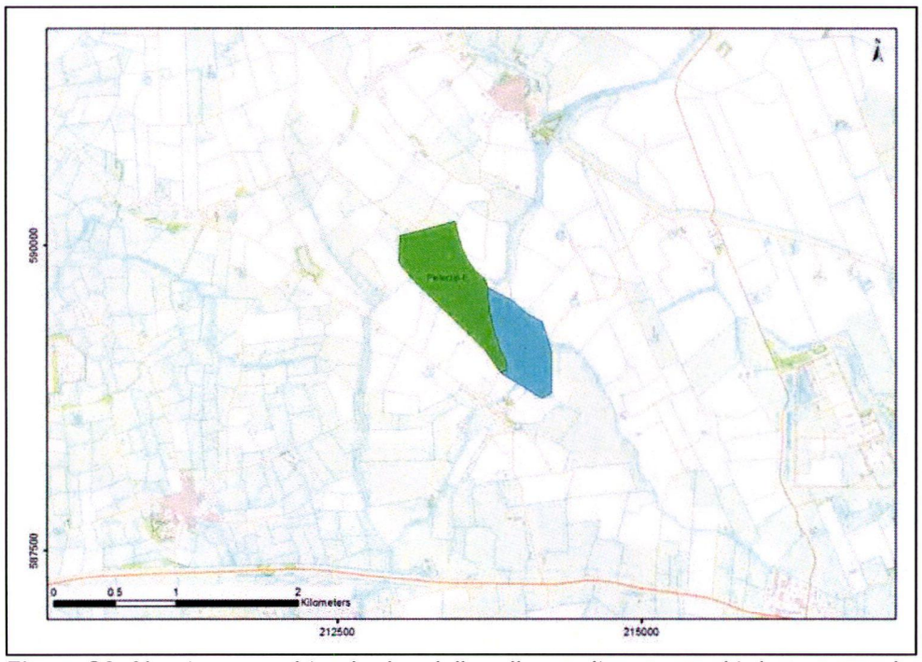
Figuur C1: In 2013 gemeten daling in cm op de peilmerken (sinds 1987) en contourlijnen van de ***gemodelleerde*** *bodemdaling voor het jaar 2013 ten gevolge van gaswinning uit naburige voorkomens.*

Meer informatie over de bodemdalingsmodellering en prognoses is terug te vinden in het rapport "*Bodemdaling door Aardgaswinning –NAM-velden in Groningen, Friesland en het Noorden van Drenthe– Status Rapport 2015 en Prognose tot het jaar 2080*" (EP201511213444)[2].

[2] http://s00.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/business/nam-2/Downloads/pdf/rapportages-bodemdaling/status-report-december-2015.pdf

Toekomstige bodemdaling
De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit Pieterzijl Oost is weergegeven in figuur C2 en bedraagt **minder dan 2 cm**. Aangezien de daling minder dan 2 cm is zijn er geen contouren getoond. Indien een significante afwijking van de bodemdaling plaatsvindt ten opzichte van de huidige voorspelling, zal deze worden beschreven in een herziening van het winningsplan.

Omdat Pieterzijl Oost een nieuwe winning betreft is er in dit winningsplan geen figuur opgenomen die een vergelijking toont tussen de gemeten en berekende historische bodemdaling: de gemeten bodemdaling tot nu toe heeft geen relatie met Pieterzijl Oost productie.



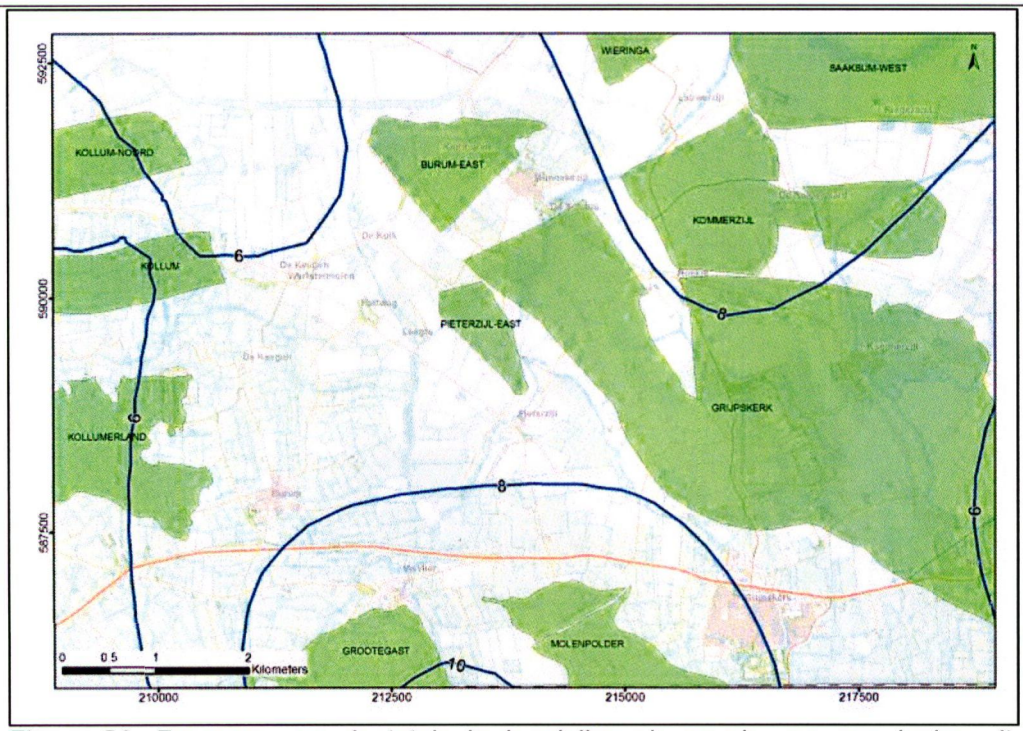
Figuur C2: Nog te verwachten bodemdaling die wordt veroorzaakt door gasproductie uit Pieterzijl Oost. De omvang van het gasvoerend gedeelte van het reservoir is in groen weergegeven, die van het watervoerend gedeelte in blauw. Aangezien de nog te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm is, zijn geen contouren getekend.

Figuur C3 toont de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning voor het jaar 2025. Figuur C4 toont de situatie in het jaar 2080, na afloop van de in dit winningsplan beschreven productieprofielen en na afloop van de productieprofielen zoals beschreven in andere winningsplannen. Figuur C3 en C4 geven de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning uit Pieterzijl Oost én de omliggende voorkomens.

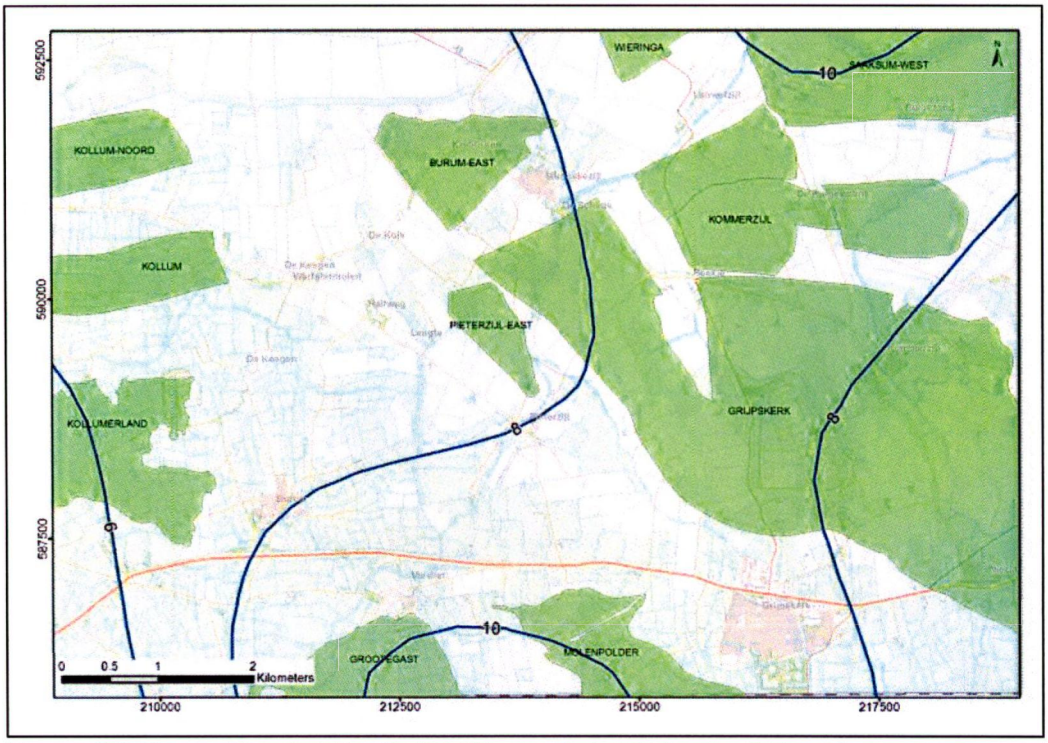
Uit de figuren blijkt dat de bodemdaling voornamelijk door omliggende voorkomens wordt veroorzaakt en niet significant beïnvloed wordt door productie uit Pieterzijl Oost.

Onzekerheid in toekomstige bodemdaling

Bijlage 1 in dit winningsplan geeft een overzicht van de kentallen die gebruikt zijn in de berekening van de bodemdaling. Deze bijlage beschrijft ook de onzekerheidsanalyse voor deze bodemdalingsprognose resulterend in een maximum en minimum bodemdalingsscenario. De analyse laat zien dat ook in het maximale scenario de bodemdaling als gevolg van gaswinning uit Pieterzijl Oost in de toekomst onder de 2 cm blijft.



Figuur C3: Prognose van de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning uit Pieterzijl Oost en de omliggende voorkomens voor 2025. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.



Figuur C4: Verwachte eindsituatie (2080) van de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning uit Pieterzijl Oost en de omliggende voorkomens. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

Mb 24 lid 1q

C3) Omvang en aard van de schade

C3.1 Algemeen

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Die schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Zoals in figuur C2 is aangegeven, bedraagt de nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit Pieterzijl Oost minder dan 2 cm. De totale bodemdaling, veroorzaakt door alle gaswinningen in dit gebied zal uiteindelijk rond de 8 cm zijn boven het voorkomen Pieterzijl Oost (Figuur C4), voornamelijk door gaswinning uit naburige voorkomens.

	C3.2 Schade aan openbare infrastructuur door bodemdaling 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 C5, 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 met de betreffende waterschappen. **C3.3 Schade aan bouwwerken door bodemdaling** 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". Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade in het gebied rondom West-Groningen en Loppersum[3] beschrijven bevestigen dit beeld. **C3.4 Schade aan natuur en milieu door bodemdaling** Tot nu toe zijn er geen meldingen bekend over mogelijke problemen met de waterhuishouding in dit gebied, die verband houden met de door gaswinning veroorzaakte bodemdaling. De waterhuishouding in het gebied dat wordt beïnvloed door bodemdaling ten gevolge van gaswinning is in de loop van eeuwen tot stand gekomen en wordt tegenwoordig volledig kunstmatig geregeld. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil t.o.v. het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, zal dit worden tegengegaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. Voor zover dat beheer onvermijdelijk te maken meerkosten met zich meebrengt die, in overeenstemming met het gestelde in onderdeel C5, voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. In dit geval loopt schade beoordeling en mogelijke bijbehorende vergoeding via de hiertoe ingestelde bodemdalingscommissies Groningen en Friesland.
Mb 24 lid 1r	***C4) Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken*** De bodemdaling door gaswinning uit Pieterzijl Oost is gering. Er worden geen extra maatregelen voorzien.
Mb 24 lid 1s	***C5) Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen*** Zoals beschreven in sectie C3 wordt geen schade aan bouwwerken verwacht. Indien als gevolg van bodemdaling door gaswinning de waterhuishouding of andere waterstaatkundige werken wel in betekenende mate worden beïnvloed dan kunnen waterhuishoudkundige maatregelen worden getroffen. 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.

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

D) Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.

Mw 35 lid 1f

D1) Aard van de bodemtriling

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. Deze Sectie D beschrijft de risicoanalyse en mogelijke maatregelen gerelateerd aan gasproductie beschreven in dit winningsplan.

Om de doorlatendheid van het gashoudende gesteente te vergroten kunnen operators gebruikmaken van de hydraulische- of zuur-stimulatie. De kans op schadelijke bodembeweging (trilling en daling) die zou kunnen volgen uit deze operaties wordt als verwaarloosbaar ingeschat. Bijlage 2 geeft hiervoor een onderbouwing.

Mb 24 lid 1p

D2) Risicoanalyse bodemtrilling

D2.1 Risico voor bodemtrillingen als gevolg van geïnduceerde bevingen door gasproductie

De winning van aardgas gaat gepaard met een daling van de druk in de ondergrond met als gevolg een verandering van de gesteentespanningen. Deze verandering van spanning kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor mogelijk een lichte aardbeving kan plaatsvinden. In Nederland is/wordt uit ongeveer 140 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven een beperkt aantal velden (ca. 20%) zijn bevingen geregistreerd. Boven 11 velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (Magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).

Het voorkomen Pieterzijl Oost is alleen geproduceerd tijdens een productietest en is niet seismisch actief geweest.

Sinds het begin van de jaren negentig houden verschillende instanties, waaronder de overheid, kennisinstituten en mijnbouwmaatschappijen, zich gezamenlijk met deze problematiek bezig.[4,5,6,7] Sinds 2002 zijn bovengenoemde instanties verenigd in het Technisch Platform Aardbevingen (TPA). Hiermee is de aanwezige kennis op het gebied van aardtrillingen gebundeld en wordt deze kennis optimaal ingezet met gebruikmaking van de meest actuele stand der techniek. In respons op het in het Mijnbouwbesluit is onder begeleiding van het TPA een risicoanalyse omtrent bodemtrillingen als gevolg van winning van olie of gas uitgevoerd[8,9,10]. Tevens is in dit kader een samenvattend rapport uitgebracht waarin de resultaten van bovengenoemde studies zijn geïntegreerd[11]. Deze rapporten zijn gepubliceerd op http://www.nlog.nl/geïnduceerde-seismiciteit.

Recent heeft SodM een tijdelijke leidraad voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd[12]. De SRA voorziet in een analyse van het seismisch risico op basis van veld-specifieke kwantitatieve parameters en geeft een richtlijn voor maatregelen die passend zijn bij een bepaalde risicocategorie die uit de analyse volgt. De basis van de analyse en de toepassing van deze leidraad op het Pieterzijl Oost voorkomen wordt beschreven in bijlage 3.

Seismische Risico Analyse (SRA) voor het voorkomen Pieterzijl Oost,

Bijlage 3 geeft een uitgebreid overzicht van de waarden van de parameters die gebruikt worden in de formules zoals gehanteerd in de SRA[12] en hoe deze bepaald zijn.

Voor het voorkomen Pieterzijl Oost is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken ("Stap 2" van de SRA zoals beschreven in bijlage 3). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de matrix.

- De som van de scores voor "invloedfactoren ondergrond" (genormeerd voor de maximale score) geeft de positie op de x-as.
- De som van de scores voor "invloedfactoren bovengrond" (genormeerd voor de maximale score)

---

[4] Eindrapport multidisciplinair onderzoek naar de relatie tussen Gaswinning en Aardbevingen in Noord-Nederland; Begeleidingscommissie Onderzoek Aardbevingen, 1993

[5] De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte ondiepe aardbevingen in Nederland; TNO Bouw, 1998

[6] Seismisch risico in Noord-Nederland; de Crook et al., KNMI, 1998

[7] Kalibratiestudie schade door aardbevingen" TNO-034-DTM-2009-04435 (2009)

[8] Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen; Wassing et al

[9] TNO-NITG rapporten 03-185-C (2003), 03-186-C (2004), 04-233-C (2004)

[10] Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit (DHAIS); TNO-rapport R10198, 2012

[11] Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen, integratie van deelstudies; TNO/KNMI, TNO 2012 R11139

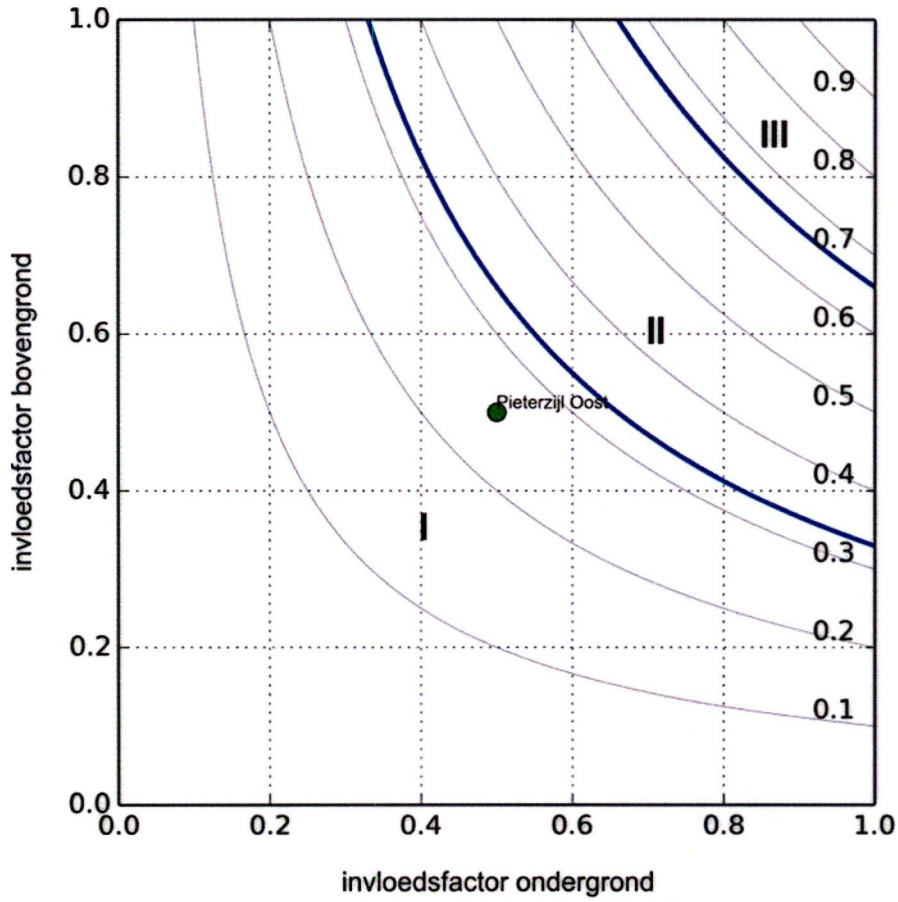
[12] Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

geeft de positie op de y-as weer.

Details voor de score van elke factor is weergeven in bijlage 3.

Uitkomst van de Seismische Risico Analyse (SRA)

Figuur D1 geeft het resultaat van de SRA analyse voor Pieterzijl Oost. **Uit de SRA analyse volgt dat Pieterzijl Oost in Categorie I valt (laagste seismische risicocategorie).**



Figuur D1: Uitkomst van de Seismische Risico Analyse (SRA). Het voorkomen Pieterzijl Oost valt in risico Categorie I.

In sectie D3 en D4 wordt beschreven welke mogelijke risico's en maatregelen gekoppeld zijn aan deze risicocategorie. In onderdeel D5 worden de schade beperkende maatregelen en condities voor eventuele vergoedingen in geval van schade uiteengezet.

Mb 24 lid 1q

D3) Omvang en aard van de schade

D3.1 Schade aan openbare infrastructuur door bodemtrillingen

In het verleden is onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke schade aan buisleidingen door potentiele aardbevingen[13]. Hierin wordt onder andere geconcludeerd dat mogelijke schade door geïnduceerde aardbevingen klein zal zijn (zowel in mogelijk aantal als ernst).

D3.2 Schade aan bouwwerken door bodemtrillingen

De praktijkervaring met gasproductie in Nederland over de afgelopen jaren leert dat lichte aardbevingen ten gevolge van gasproductie in de meeste gevallen niet leiden tot schade. Toch kan de kans op schade aan bebouwing in de nabije omgeving van het epicentrum van een geïnduceerde aardbeving niet worden uitgesloten. Hierbij speelt zowel kwetsbaarheid van de bebouwing als de intensiteit van de beving een belangrijke rol. Al in 1998 is voor Noord-Nederland door het KNMI beschreven[6] dat de maximaal te

[13] Deltares 2010 Schade aan buisleiding door aardbeving

	verwachten intensiteit bij het optreden van een dergelijke 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 meerdere gebouwen en matige schade (lees, scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele gebouwen. De omvang van het gebied waar mogelijk schade kan optreden wordt bepaald door de magnitude, de diepte en de duur van de beving en de lokale grondsamenstelling en aard en conditie van de bebouwing. Bij een beving die krachtig genoeg is om schade te veroorzaken, is het aantal potentiële schadegevallen binnen dit gebied sterk afhankelijk van de dichtheid van bebouwing, terwijl de mate van schade (geen, lichte, matige) op een bepaalde afstand van het epicentrum in grote mate wordt bepaald door het type bebouwing, de staat van onderhoud en de lokale bodemgesteldheid. Deze afhankelijkheid wordt verder beschreven in het TNO rapport[7].
Mb 24 lid 1r	***D4) Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken*** Het KNMI kan met behulp van het huidige monitoringsnetwerk aardbevingen met een magnitude van 1,5 en groter lokaliseren. De leidraad[12], geeft aan dat voor de voorkomens in risicocategorie I geen additionele monitoringmaatregelen hoeven te worden getroffen.
Mb 24 lid 1s	***D5) Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen*** 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. Er is een schaderegeling opgesteld voor schade veroorzaakt door aardbevingen als gevolg van gaswinning en/of opslag. Deze regeling is te vinden via de link: http://www.nam.nl/veiligheid-milieu-en-schade/schade-en-overlast/schade-melden.html.

Ondertekening Naam: Functie: Asset Manager Land	Datum: Plaats: Assen

Bijlage 1: Kentallen bodemdaling en onzekerheidsanalyse bodemdaling

Enkele algemene kentallen voor Pieterzijl Oost zijn samengevat in Tabel 1.1. Deze (gemiddelde) kentallen reflecteren een vereenvoudigd model van Pieterzijl Oost. De omvang van Pieterzijl Oost wordt weergegeven in figuur C2, waarbij in groen het gasvoerend en in blauw het watervoerend gedeelte is aangegeven. Dit reservoirmodel ligt ten grondslag aan de bodemdalingsberekeningen zoals gepresenteerd in dit winningsplan.

Tabel 1.1: Enkele kentallen ter indicatie van Pieterzijl Oost.

Voorkomen	Diepte veld (m)	Gemiddelde dikte reservoir (m)	Initiële druk (bar)	Huidige druk (bar)	Eind druk (bar)	Cm (10^{-5} bar^{-1})	Effectieve reservoir straal (m)	Poisson's ratio
Pieterzijl Oost	3330	100	400	400	165	0,54	713	0,2

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor Pieterzijl Oost is de onzekerheid in de Cm (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. De Cm onzekerheid bevat meerdere componenten: onzekerheid over het compactiegedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van "core plug" metingen. Niet al deze onzekerheden zijn kwantitatief te bepalen en daarom is er voor een inschatting ervaring uit het verleden gebruikt. Voor een nieuw voorkomen op land wordt deze onzekerheid geschat op 75% op basis van ervaring uit het verleden. Na één of meerdere bodemdalingsmetingen is meer kennis beschikbaar gekomen over de combinatie van de depleterende dikte en compressibiliteit waarmee de onzekerheid geschat wordt op 25%. De onzekerheid voor de DP volgt uit de productiescenarios voor de "low-mid-high case". De vermenigvuldiging van de Cm met de DP geeft een maat voor de compactie. Wanneer een hoge Cm met een hoge DP wordt vermenigvuldigd geeft dit een maximum scenario voor de onzekerheid. Een combinatie van lage waarden geeft een minimum.

De verwachte bodemdaling is doorgerekend met de Geertsma en van Opstal methode[14]. Om de impact van de onzekerheid in de gekozen parameters te berekenen is gebruik gemaakt van Geertsma[15]. Geertsma geeft een eenvoudige formule om de maximale bodemdaling te berekenen voor een cilindrisch compacterend reservoir:

$$H_{max} = 2\,C_m\,(1-\nu)\,\Delta P\,H\left(1-\frac{{}^{D}/_{R}}{\sqrt{1+\left({}^{D}/_{R}\right)^2}}\right)$$

De straal van dit model (effectieve reservoir straal in Tabel 1.1) is dusdanig gekozen dat de verwachte bodemdaling in het diepte punt overeenkomt met de waarde die wordt berekend met het Geertsma en van Opstal model. Na deze kalibratiestap wordt de bovenstaande formule gebruikt om de onzekerheid voor de bodemdaling te bepalen.

Waarbij:
D: Diepte veld (m)
H: Depleterende reservoir dikte (m), in deze analyse constant gehouden omdat de onzekerheid over de depleterende dikte verdisconteerd is in de Cm onzekerheid.
ΔP: reservoir depletie (huidige druk – eind druk) (bar)
ν Poisson's ratio
R (km) "effectieve" straal van het veld, waarbij de straal wordt gekozen op basis van een vergelijking tussen de maximale voorspelde bodemdaling zoals berekend met het bodemdalingsmodel gebaseerd op de werkelijke veldgeometrie.
Cm: Compressibiliteit van het veld (10^{-5} bar^{-1})
De parameters die gebruikt zijn in deze onzekerheidsanalyse zijn te vinden in Tabel 1.1. Tabel 1.2 toont de onzekerheden zoals bepaald voor Pieterzijl Oost.

[14] Geertsma J. and Van Opstal G., "A Numerical Technique for Predicting Subsidence Above Compacting Reservoirs Based on the Nucleus of Strain Concept", Verhandelingen Kon. Ned. Geol. Mijnbouwk. Gen., Vol. 28, pp. 63-78, 1973a.
[15] Geertsma, J., A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: The homogeneous case, Verh. K. Ned. Geol. Mijnbouwkd. Genoot., 28, 43 – 62, 1973a.

Tabel 1.2: Onzekerheid voor de voorspelde bodemdaling (2016 tot einde productie).

Voorkomen	Nog te verwachten drukdaling (bar)	Toekomstige drukdaling "low case productie" (bar)	Toekomstige drukdaling "high case productie" (bar)	Compressibiliteit (10^{-5} bar^{-1})	Onzekerheid compressibiliteit	Nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Ondergrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)	Bovengrens voor de nog te verwachten bodemdaling in diepste punt (cm)
Pieterzijl Oost	235	118	311	0,54	75%	<2	<2	<2

Aquifers (watervoerende lagen)
Mogelijke drukdaling in de aquifers zal leiden tot bodemdaling. Voor de aquifers die behoren tot Pieterzijl Oost wordt aangenomen dat ze tijdens de productieperiode voor 50% meedalen met de gasdruk. Dit betekent dat wanneer de gasdruk met 200 bar is gedaald, de druk in de aangrenzende aquifers met 100 bar is gedaald. Na de productieperiode wordt aangenomen dat de druk in de aangrenzende aquifers gelijk is aan die in het gasveld.

Op basis van observaties boven andere voorkomens is de verwachting dat met deze aanname de compactie in de aquifers en daarmee de bodemdaling boven deze aquifers overschat wordt in de berekeningen.

Bijlage 2: Risico als gevolg van reservoirstimulatie

Risico als gevolg van zuurstimulatie van het reservoir
Er zijn geen plannen om zuurstimulatie toe te passen in Pieterzijl Oost.

Risico als gevolg van hydraulische stimulatie van het reservoir
Uit een periode van testproductie is gebleken dat de Pieterzijl Oost put hydraulisch gestimuleerd zou moeten worden om het gas efficiënter naar de put te laten stromen. Het specifieke stimulatieplan met een specifieke risicoanalyse zal worden vastgelegd in een werkveiligheidsplan dat voorafgaand aan de uitvoering van de werkzaamheden wordt overlegd, zoals gesteld in de mijnbouwregeling en het mijnbouwbesluit. Overigens zullen verder de gangbare procedures gevolgd worden. Hieronder volgt een algemene risicoanalyse voor hydraulische stimulatie en een overzicht van de punten die behandeld gaan worden in een specifieke risicoanalyse voor stimulatie van de Pieterzijl Oost put.

Hydraulische stimulatie - Algemeen
Om de doorlatendheid van het gashoudende gesteente te vergroten gebruiken operators de hydraulische stimulatie-techniek. Deze techniek wordt al sinds de jaren 50 regelmatig en succesvol toegepast in Nederland. Dankzij gebruik van deze techniek wordt er meer aardgas uit bestaande en nieuwe gasvelden geproduceerd. Bij hydraulische stimulatie wordt vloeistof onder hoge druk via de boorput in het gasveld gebracht. Door de hoge druk ontstaan op gecontroleerde wijze plaatselijk kleine scheuren in het gashoudende gesteente dat zich meestal op een diepte van ruim drie kilometer bevindt. De vloeistof bestaat uit water (90%), chemicaliën (2%) en kleine keramiek korrels (8%). De korrels blijven als opvulmiddel in het gesteente achter. Zij houden de gecreëerde scheuren open zodat het gas gemakkelijker naar de boorput kan stromen. Meer dan de helft van de vloeistof wordt weer teruggewonnen, de rest blijft achter in het gashoudende gesteente en kan daaruit niet vrijkomen.

Verdere uitleg over de techniek en werkzaamheden op locaties waar gestimuleerd wordt staan beschreven op de website van NAM (nam.nl). Onder de algemene informatie bevindt zich ook een document "Risico duiding conventioneel fracken in Nederland" waarin meer achtergrond informatie wordt gegeven. Op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken heeft SodM een uitgebreid onderzoek gedaan waarin "SodM komt tot de conclusie dat, voor zover bekend bij SodM, er als gevolg van al deze frackwerkzaamheden geen nadelige gevolgen voor mens en milieu zijn opgetreden."[16]

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

Dat de kans op seismiciteit zeer klein is wordt bevestigd in het rapport van Witteveen en Bos (W&B) uit 2013 (Witteveen en Bos, "Aanvullend onderzoek naar mogelijke risico's en gevolgen van de opsporing en winning van schalie- en steenkoolgas in Nederland", Rapport aan Ministerie EZ, 2013). In dit rapport is een mogelijk verband tussen hydraulische stimulatie en aardbevingen onderzocht, aan de hand van alle sinds 1986 uitgevoerde stimulaties in Nederland en de waarnemingen van aardbevingen gedurende die periode. Hierin wordt gesteld dat er geen duidelijk verband is tussen hydraulische stimulatie en aardbevingen. Van de 94 bestudeerde stimulaties kan er bij slechts 1 stimulatie een mogelijk verband met een aan het oppervlak (niet-voelbare) beving niet volledig uitgesloten worden.

Specifieke risicoanalyse voor hydraulische stimulatie in de Pieterzijl Oost put
Het werkveiligheidsplan behorende bij de vergunningaanvraag voor de hydraulische stimulatie zal een specifieke risicoanalyse bevatten. Hieronder staan de belangrijkste punten van de risicoanalyse, en de situatie voor een eventuele Pieterzijl Oost stimulatie.

- Status en integriteit van de put
    - NB: De Pieterzijl Oost put is ontworpen om drukken te weerstaan die behoren bij hydraulische stimulatie
- Afstand van gekarteerde breuken
    - NB: De dichtstbijzijnde gekarteerde breuk bevindt zich 130 meter van de Pieterzijl Oost put af. De precieze lengte van de frac moet nog bepaald worden in het stimulatieplan, maar bij het ontwerp zal er rekening mee worden gehouden dat de frac op voldoende afstand van de dichtstbijzijnde breuk blijft. Op enkele tientallen meters afstand van de put zal de druk tijdens hydraulisch stimulatie niet afwijken van de gemiddelde reservoir druk.

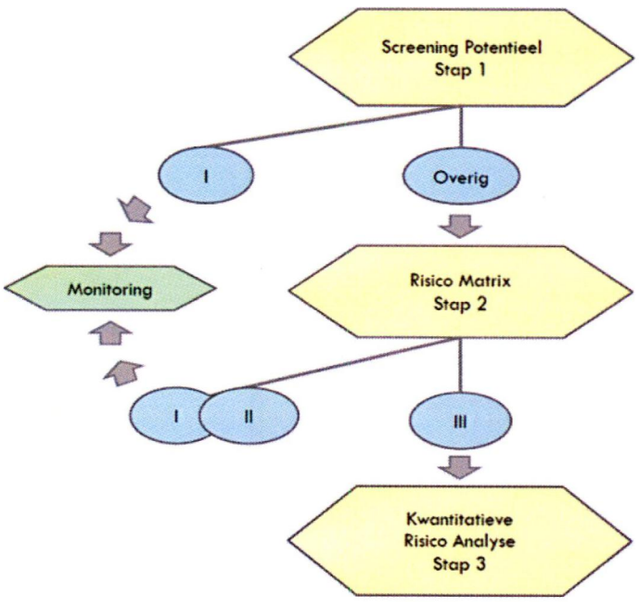
[16] https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2016/03/01/kamerbrief-met-inventarisatie-sodm-over-fracking-en-mogelijke-consequenties

- Locatie van de put ten opzichte van waterwingebieden en intrekgebieden
    - NB: Het Pieterzijl Oost gasveld ligt buiten zulke gebieden
- Integriteit van de afdekkende lagen
    - NB: De afsluitende laag voor Pieterzijl Oost is de Ten Boer kleisteen. Boven de Ten Boer kleisteen zijn er nog vele honderden meters aan andere afsluitende lagen. De groei van een hydraulic frack naar boven wordt belemmerd doordat de horizontale in-situ spanning (Sh) in de afsluitende laag hoger is dan in het reservoir en doordat de mechanische parameters van de afsluitende laag verschillen van die van het reservoir.
- Injectiedrukken
    - NB: Voor Pieterzijl Oost is deze informatie pas beschikbaar in het stimulatieplan
- Hydraulische stimulatie (gebruikte vloeistof samenstelling en –volumes)
    - NB: Voor Pieterzijl Oost is deze informatie nog niet beschikbaar

Bijlage 3: Samenvatting SRA en gebruikte gegevens m.b.t. de SRA voor Pieterzijl Oost

Samenvatting SRA

Recent heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd (methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016). De SRA gaat uit van het schema zoals getoond in Figuur 3.1.



Figuur 3.1: Schematische weergave van de verschillende stappen en risico categorieën (I, II, III) in de seismische risico inventarisatie (conform SodM, 2016).

Stap 1:
In stap 1 worden alle voorkomens bekeken. De voorkomens die direct in risicocategorie I (zeer laag seismisch risico) vallen worden gekarakteriseerd doordat ze:

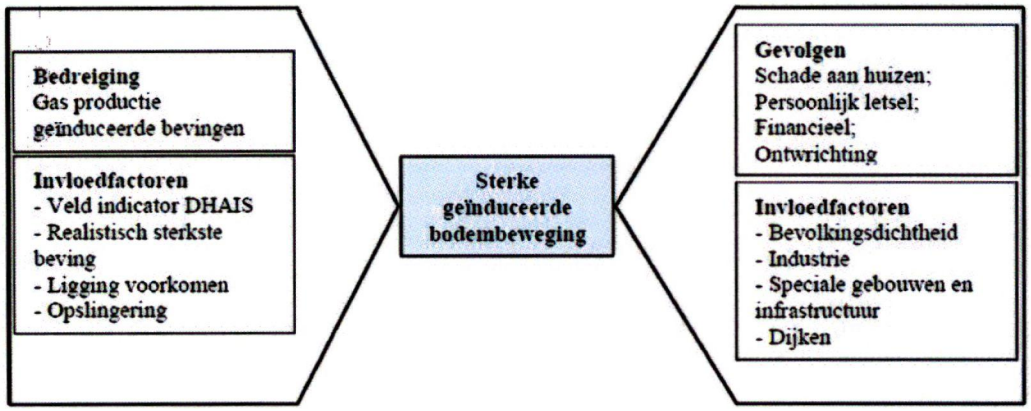
- Voorkomens zijn die niet seismisch actief zijn geweest.
- Voorkomens zijn waarvoor de kans laag is dat ze in de toekomst seismisch actief kunnen worden (volgens de DHAIS *"Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit"* methodiek) en/of waarvoor op basis van reservoircompactie of mogelijke breukverplaatsing de waarde voor de mogelijke maximale bevingsmagnitude (Mmax) laag uitvalt (M < 2,5).
- Voorkomens die niet meer produceren.

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

Stap 2:
In deze stap worden alle voorkomens bekeken die

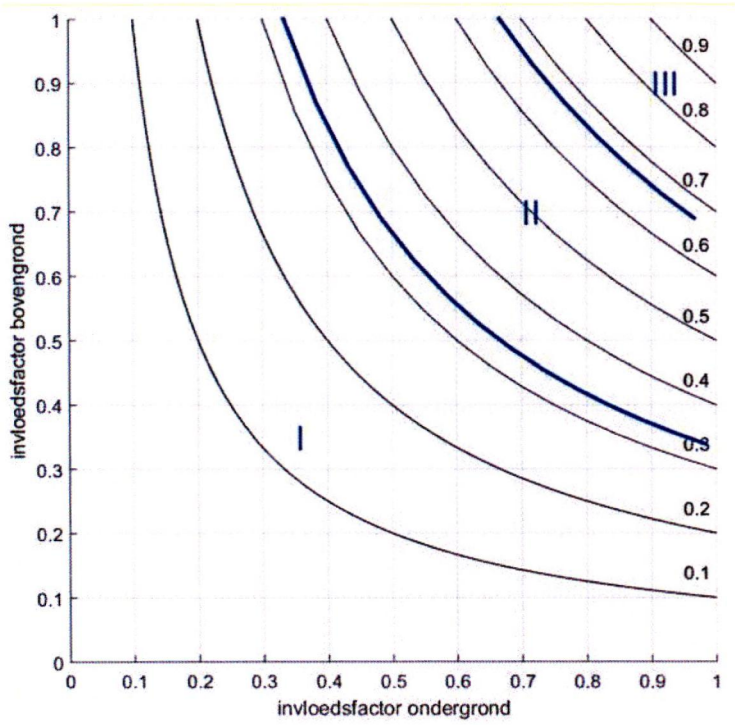
- seismisch actief zijn geweest en
- een hogere toekomstige kans op seismiciteit hebben (volgens de DHAIS methodiek) en waarvoor op basis van reservoircompactie of mogelijke breukverplaatsing de waarde voor Mmax ("maximale bevingsmagnitude") hoger uitvalt dan M=2,5

In stap 2 wordt op basis van een risico matrix benadering het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 3.2 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke grondbeweging (de "invloedfactoren ondergrond") en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de "invloedfactoren bovengrond").



Figuur 3.2: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016).

In de risico matrix analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst per factor gerankt. Over de scores van de individuele factoren wordt gesommeerd, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt bepaald. Deze worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond cq. bovengrond en in de risico matrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (zie Figuur 3.3).



Figuur 3.3: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

De mogelijke seismische dreiging volgt uit een analyse en score van de volgende invloedfactoren voor de ondergrond:

- Veld indicator DHAIS. Dit is een methode die beschrijft hoe – per voorkomen - de kans op het mogelijk optreden van een beving kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken.
- Realistisch sterkste beving (Mmax).Voor een realistische inschatting van de sterkste beving zijn twee verschillende benaderingen genomen:
  1. een bepaling van de compactie-energie die beschikbaar is in een producerend gasveld en kan leiden tot een beving en
  2. een maat voor de mogelijke bevingsmagnitude als de langste breuk in het producerende veld in zijn geheel in één keer in beweging zou komen.

Methode [1] resulteert doorgaans in lagere waardes voor Mmax dan methode [2]. Dit kan er op duiden dat de totale hoeveelheid beschikbare energie die tot een beving kan leiden waarschijnlijk niet voldoende is om de grootste breuken in een veld in één keer in beweging te brengen.

- Ligging van het voorkomen. In de SRA methodiek (SodM, 2016) wordt er een onderscheid gemaakt tussen velden ten noorden van de lijn Amsterdam-Arnhem en velden ten zuiden van deze lijn. Dit onderscheid is gemaakt op basis van observaties. Er is nog nooit een aardbeving waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem.
- Opslingering; de ondiepe ondergrond kan een opslingering veroorzaken van de seismische golven en wordt daarom boven het veld gekarakteriseerd. Voor relatief slappe ondergrond (veen, klei) is dit effect groter dan voor relatief stevige ondergrond (zand)

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

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

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

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

Stap 3:
In deze stap worden alleen de voorkomens die in Categorie III vallen verder bestudeerd. Voor deze voorkomens dient een Kwantitatieve Risico Analyse uitgevoerd te worden. Van alle bekende voorkomens in Nederland valt alleen het Groningen gasveld in deze categorie.

Uitwerking SRA voor Pieterzijl Oost

Stap 1: Inschatten risicopotentieel

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen
In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)[17] is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van de olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010[18].
Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/Pini: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (Pini) in het reservoir;

- E: de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente;

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

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

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

Waarbij: l_b = De totale breuklengte van de intra reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen in meters;
h = De maximale dikte van de gaskolom van het voorkomen in meters;
A = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de GWC dieptecontour (in vierkante meters);

[17] TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit
[18] TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

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

Reeds bevende voorkomens	
$DP/P_{ini} \geq 28\%$	$B > 0{,}86$ en $E \geq 1{,}34$: $P_h = 0.42 \pm 0.08$
	$B > 0{,}86$ en $1{,}01 \leq E \leq 1{,}33$: $P_l = 0.19 \pm 0.05$
	$B < 0{,}86$ en/of $E < 1{,}01$: verwaarloosbare kans
$DP/P_{ini} < 28\%$	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS kans zijn gegeven in Tabel 3.1

Tabel 3.1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS kansen.

Voorkomen	Reservoir dikte (m)	Initiele druk (bar)	Verwachte totale drukdaling (bar)	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km^2)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E	DHAIS B	DHAIS kans
Pieterzijl Oost	100	400	235	2,1	0,5	geen	geen	1,28	1,9	19%

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven wordt ook de waarde voor de realistisch sterkste beving (Mmax) bepaald om tot een oordeel te komen of een niveau 2 analyse noodzakelijk is. Er worden twee methoden gebruikt om de Mmax waarde te bepalen: op basis van breukgeometrie en op basis van energiebalans. In de Seismisch Risico Analyse leidraad worden beide methoden gebruikt. De leidraad gaat verder niet in op de kans dat deze beving kan optreden maar op basis van historische gegevens is aangetoond dat in geen enkel veld deze realistisch sterkste beving is waargenomen. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de "stress drop" en "partitie coefficient" die gegeven zijn in de leidraad (respectievelijk 5 MPa en 0,01). De veld specifieke waarden die benodigd zijn voor de berekeningen en de uitkomsten voor de Mmax staan vermeld in Tabel 3.2.

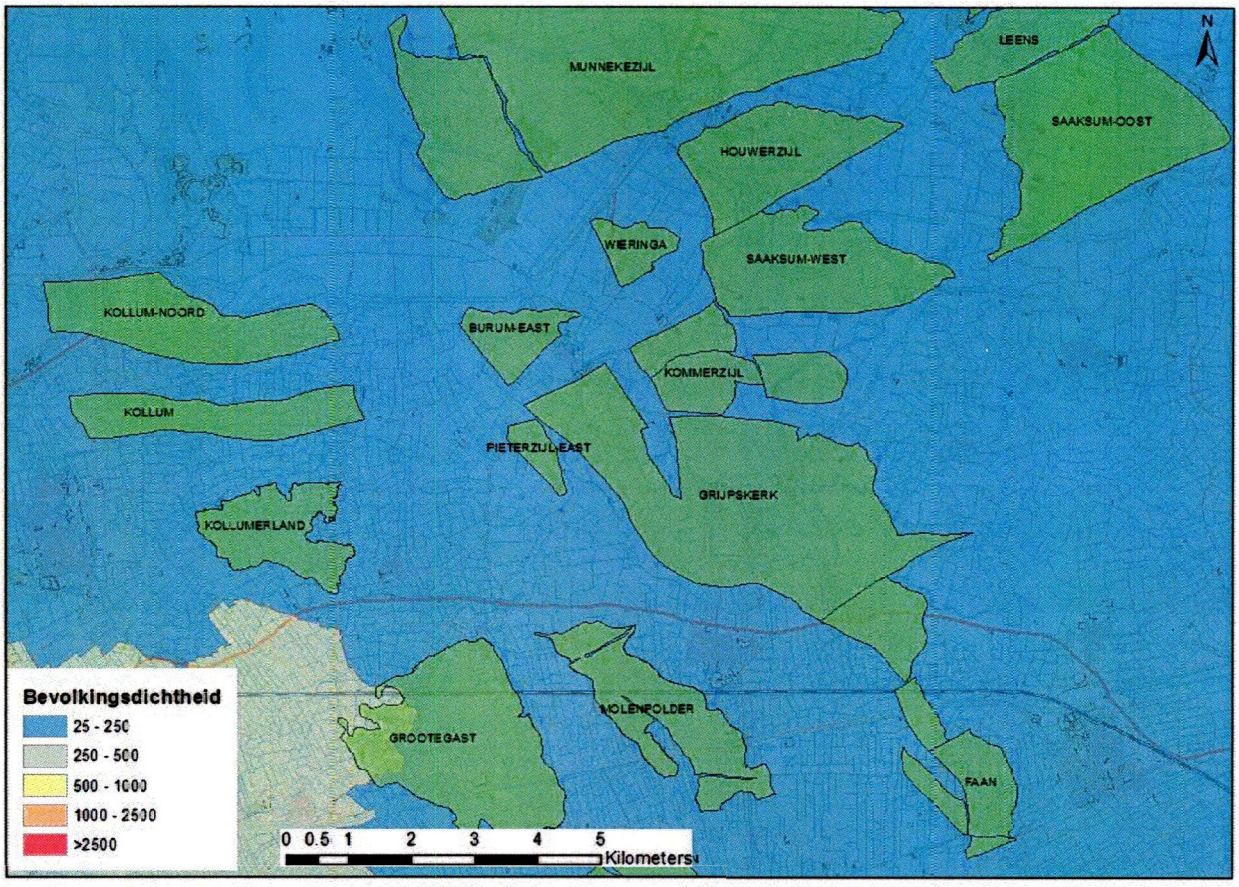
Tabel 3.2: Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en Mmax waarden volgens de twee methoden.

Voorkomen	Langste breuk lengte (km)	Poisson's ratio	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Pieterzijl Oost	1,2	0,2	100	2,5	3,2

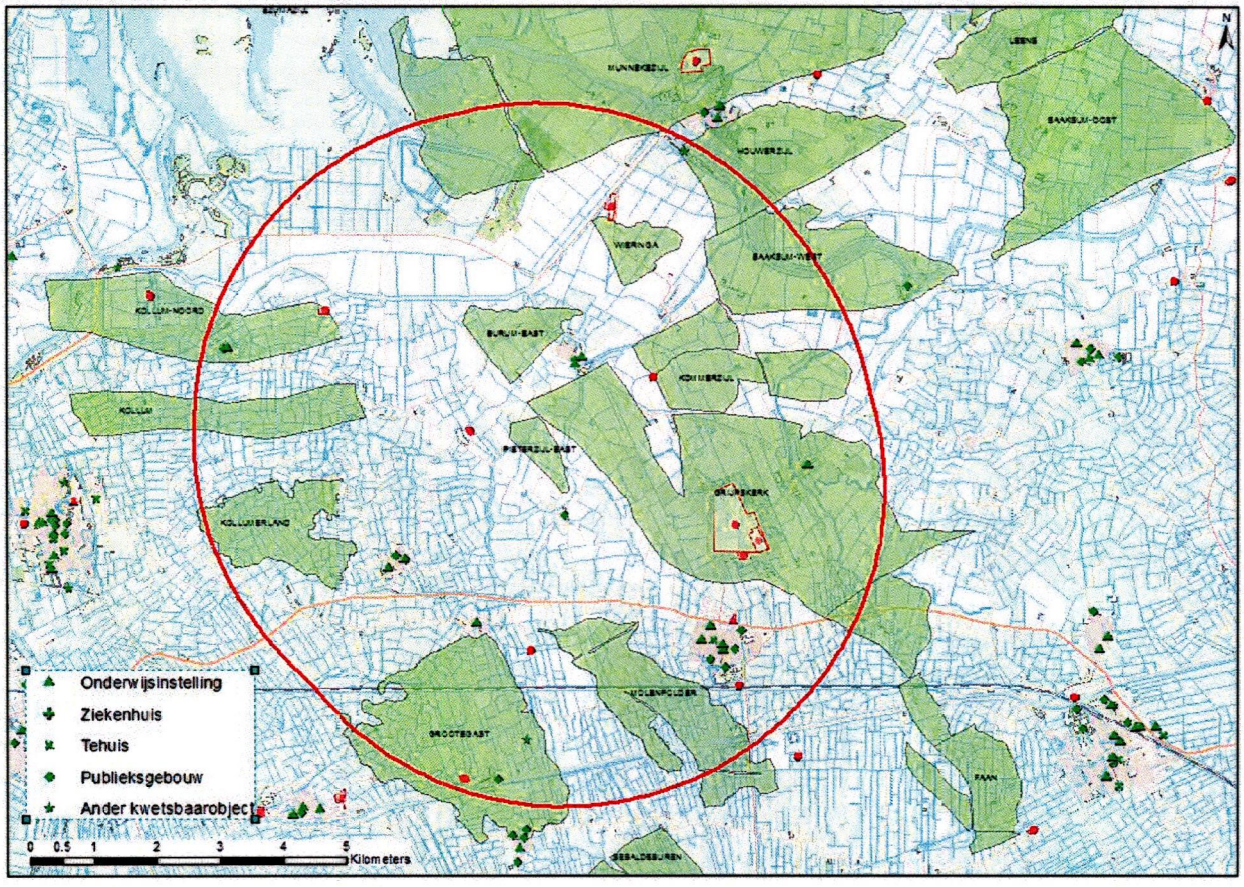
Stap 2: Risico matrix

Voor het voorkomen Pieterzijl Oost is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken ("Stap 2" van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix.

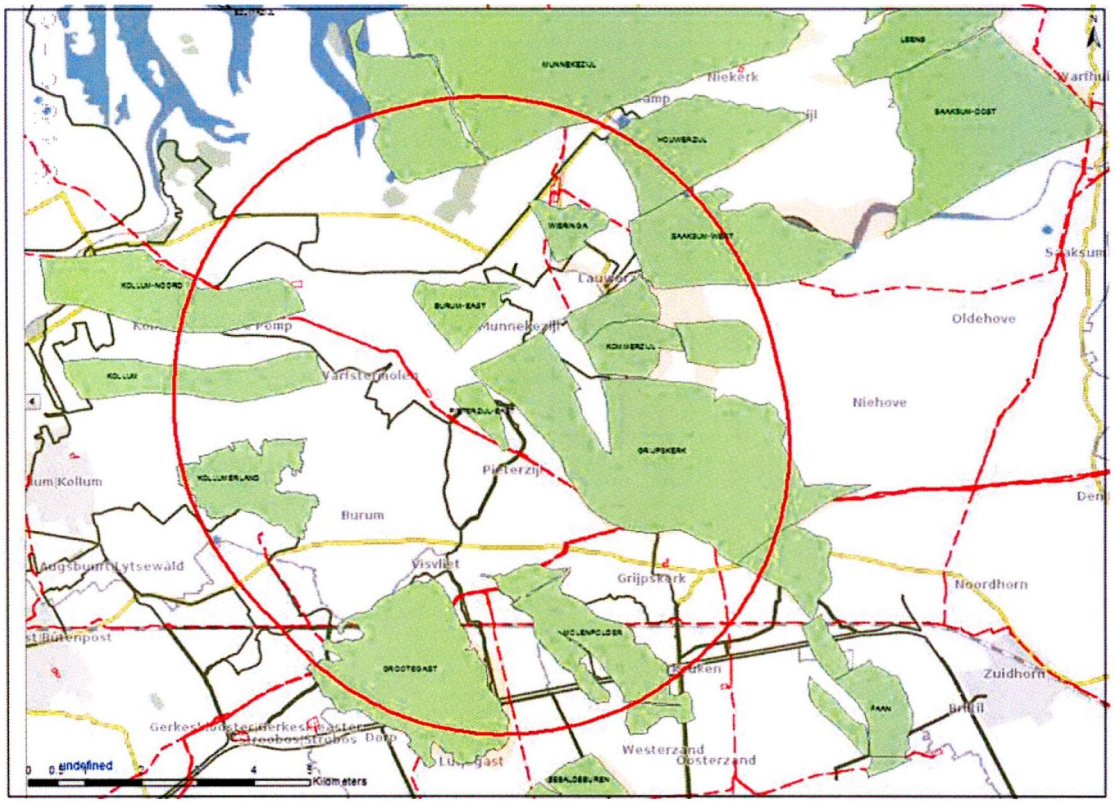
In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 3.4, Figuur 3.5 en Figuur 3.6, tonen de situaties voor respectievelijk "Bevolkingsdichtheid", "Industriële inrichtingen", "Speciale gebouwen en vitale infrastructuur" en "Dijken". Figuur 3.7 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslingering te bepalen. Tabel 3.3 A en B toont de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risico matrix is afgebeeld in Figuur D2 (sectie D van dit winningsplan).



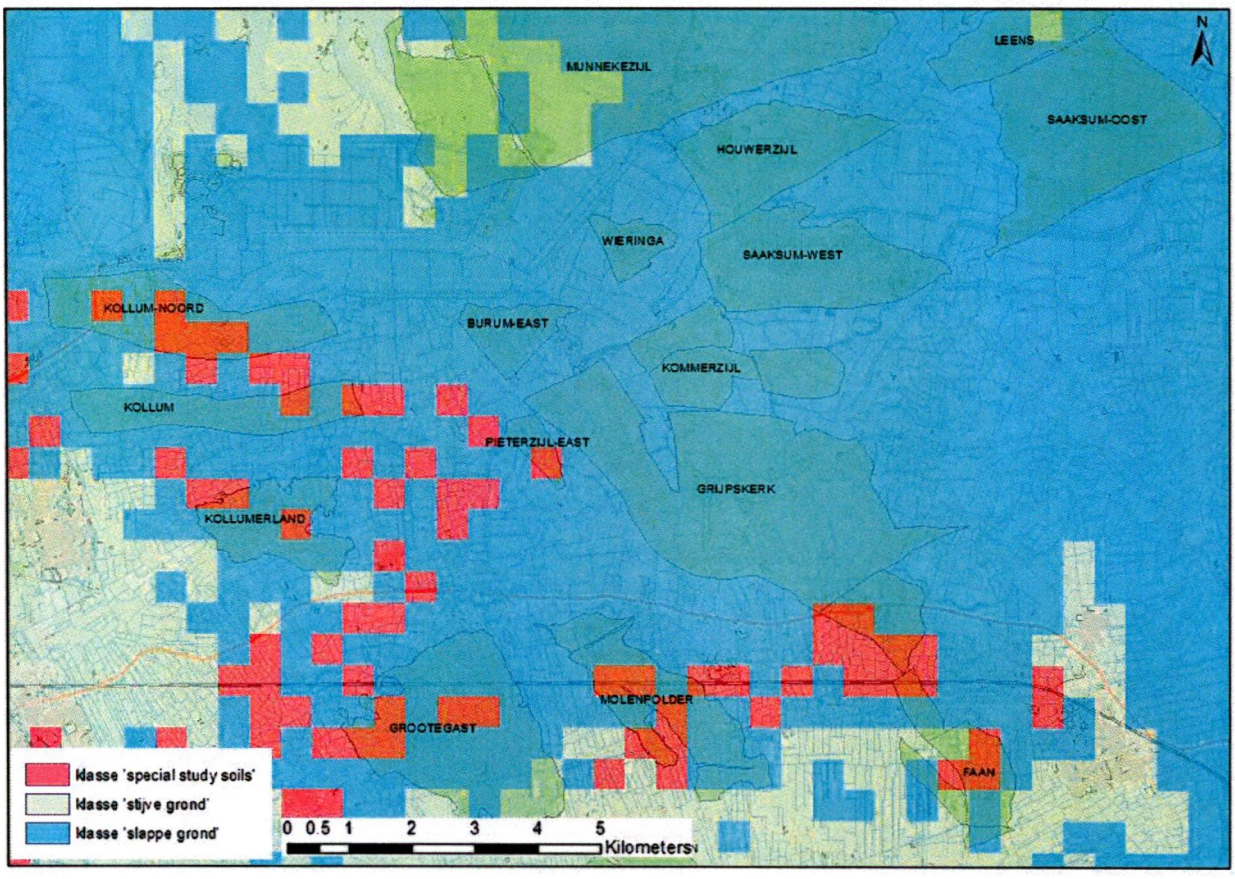
Figuur 3.4: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven Pieterzijl Oost.



Figuur 3.5: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) in de buurt van Pieterzijl Oost. De rode cirkel geeft de 5 km straal rond Pieterzijl Oost aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 3.6: Overzicht van de dijken. De rode cirkel geeft de 5 km straal rond Pieterzijl Oost aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 3.7: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslingering te bepalen.

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn per voorkomen inclusief onderbouwing en uitkomst, weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Kwantitatieve evaluaties (A) en daaruit voortkomende scores (B) voor de invloedfactoren onder- en bovengrond.

A

Voorkomen	Dhais	Mmax	Analoge velden	Opslingering	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km^2)	Industriële inrichting	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
Pieterzijl Oost	P=19%	1 methode 3,1 - 3,5	Boven de lijn Amsterdam - Arnhem	> 60 % slappe grond	< 250	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld

B

	score invloedfactoren ondergrond					score invloedfactoren bovengrond					
Voorkomen	Kans op beven of waargenomen bevingen	Magnitude	Ligging voorkomen	Opslingering	Genormaliseerde totaalscore ondergrond	Bevolkings dichtheid	Industriele inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore bovengrond	Categorie
Pieterzijl Oost	1	1	2	3	0,5	0	3	2	3	0,5	I