

Aanvraag Instemming Winningsplan

Saaksum-Oost

2 december 2019

Blanco pagina

1 Samenvatting



Dit document betreft een actualisatie van het winningsplan voor 'Saaksum-Oost'. Het Saaksum-Oost gasveld werd tot nu toe samen met andere velden beschreven in het winningsplan 'Grijpskerk Noord'.

Het Saaksum-Oost voorkomen is in 1993 aangeboord met de put SSM-1 en in 2000 in productie genomen. De productiesnelheid is sinds 2008 sterk afgenomen door de afnemende reservoirdruk. De ontwikkeling van het Saaksum-Oost voorkomen is intussen in de eindfase. Van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume is tot 2019 al 49% geproduceerd. Vanaf 2019 is het nog te produceren volume maximaal 9% van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume. Het overige deel van het gas is niet winbaar met de huidige technische middelen.

In het vorige winningsplan werd verwacht dat productie tot einde 2019 zou duren. Door optimalisatie van de productiefaciliteiten en meer productie uit enkele putten dan verwacht, kan de productieperiode worden verlengd. NAM B.V. is daarom voornemens om de productie uit het voorkomen te verlengen tot maximaal eind 2031. Dit kan gebeuren via de bestaande putten, er zijn geen nieuwe boringen voorzien. De maximale gaswinning blijft binnen het maximum volume waarmee was ingestemd in het vorige winningsplan 'Grijpskerk Noord'.

De maximale productie uit het Saaksum-Oost gasveld, de uiterlijke einddatum van de productie, de maximaal verwachte bodemdaling en het seismisch risico staan aangegeven in de tabel hieronder.

Saaksum-Oost voorkomen		
Productie tot uiterlijk:	2031	
Maximale totale gaswinning:	2873	miljoen Nm ³
waarvan voor 1-1-2019:	2442	miljoen Nm ³
waarvan na 1-1-2019:	431	miljoen Nm ³
Seismisch Risico Categorie:	I	
Verwachte bodemdaling door gaswinning Saaksum-Oost (2000-2050):	<4	cm
waarvan na 1-1-2020 verwacht maximaal*:	<2	cm
Maximale totale bodemdaling door alle gaswinning:	<10	cm
waarvan na 1-1-2020 verwacht maximaal*:	<2	cm

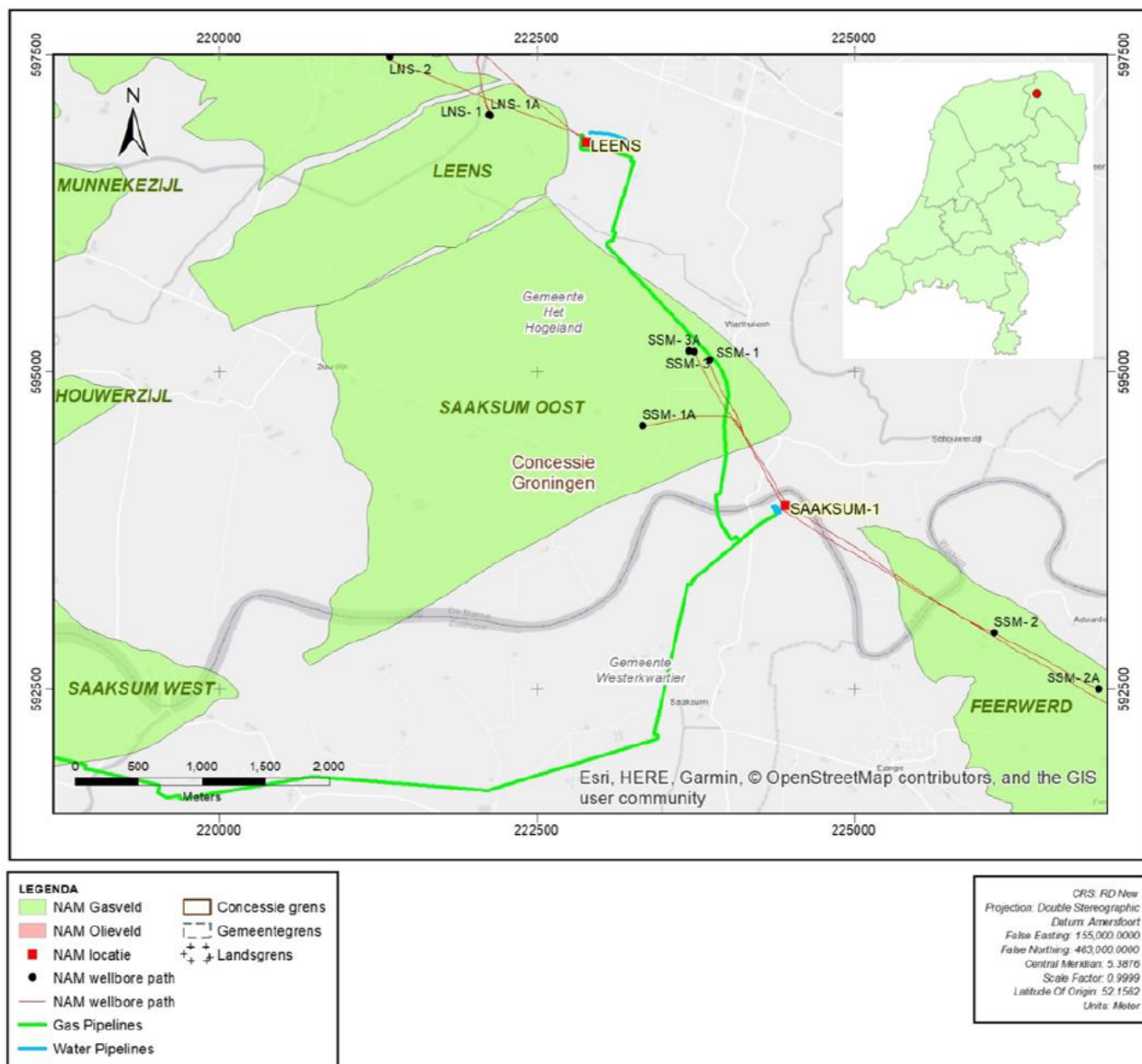
**Maximaal betekent hier het diepste punt boven het Saaksum-Oost voorkomen.*

De daadwerkelijke bodemdaling zal worden gemonitord volgens het meetplan Noord-Nederland. Het meetplan wordt jaarlijks ter instemming aan Staatstoezicht aan de Mijnen (SodM) gestuurd, en de analyse van de meetgegevens wordt met hen gedeeld.

Het seismische risico voor het Saaksum-Oost voorkomen wordt ingeschaald in categorie I volgens de SodM leidraad (de laagste risicocategorie). Het optreden van verdere bodemtrillingen wordt gemonitord via het KNMI-meetnet. Mochten omwonenden schade ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade of direct bij de NAM. Sectie 8.6 geeft nader uitleg over de procedures die gevolgd kunnen worden.

Het gasvoorkomen is gelegen onder het volgende gebied (Figuur 1-1):

Voorkomen	Provincie	Waterschap	Gemeente(s)
Saaksum-Oost	Groningen	Noorderzijlvest	Het Hogeland en Westerkwartier



Figuur 1-1: Overzicht van het Saaksum-Oost voorkomen, inclusief infrastructuur. Putten zijn aangegeven met rode lijnen.

Inhoud

1	Samenvatting	3
	Formulier aanvraag instemming winningsplan.....	7
2	Inleiding	10
2.1	Doel van het Winningsplan	10
2.2	Leeswijzer	10
3	Plaats van winning	12
3.1	Productielocatie, putten en voorkomen.....	12
3.2	Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas.....	13
4	Boringen	14
4.1	Inleiding: algemene beschrijving van een put	14
4.2	Overzicht boringen	15
4.3	Schematische voorstelling putverbuizingen	15
4.4	Putstimulatie.....	16
5	Ondergrond	17
5.1	Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten.....	17
5.2	Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen	17
5.3	Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen.....	20
5.4	Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond	21
6	Ontwikkelingsvooruitzichten.....	23
6.1	Inleiding	23
6.2	Historische Productie	23
6.3	Onzekerheden.....	24
6.4	Winningsstrategie & reservoir management	24
6.5	Winningsnelheid (productievolumes per jaar)	24
6.6	Duur van de winning	26
6.7	Jaarlijks eigengebruik bij winning.....	26
6.8	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	26
6.9	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	26
6.10	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	27
7	Bodemdaling	28
7.1	Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand	28
7.2	Metten en berekenen van bodemdaling door gaswinning	29
7.3	Bodemdalingsvooruitzichten	31
7.4	Onzekerheid in verwachte bodemdaling	33
7.5	Monitoring van toekomstige bodemdaling	33
7.6	Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling	33
7.7	Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken	34

8	Bodemtrilling.....	35
8.1	Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand.....	35
8.2	Historische bevingen in het Saaksum-Oost veld	35
8.3	Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse.....	35
8.4	Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Saaksum-Oost gasveld	36
8.5	Monitoring van bodemtrillingen en risicobeheersplan.....	37
8.5.1	Seismische monitoringstations.....	37
8.5.2	Versnellingsmeters.....	38
8.5.3	Seismisch risicobeheersplan.....	39
8.6	Afhandeling van schade	40
9	Overige omgevingsaspecten.....	41
9.1	Algemeen	41
9.2	Effecten op natuur en milieu	42
9.2.1	Gebiedsbeschrijving	42
9.2.2	Bodemtrilling.....	43
9.2.3	Effecten bodemdaling op natuur en milieu.....	43
9.2.4	Bodem-/ grondwaterverontreiniging	43
10	Verklarende woordenlijst.....	44
11	Bijlage A: Beschrijving compactiemodel en onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose.....	45
11.1	Compactiemodel	45
11.2	Parameterwaarden in het bodemdalingsmodel en onzekerheidsanalyse	45
11.3	Reservoir drukken	49
11.3.1	Implicaties van het gebruik van de verschillende drukken voor de berekening van de bodemdaling en seismisch risico.	50
12	Bijlage B: Seismische Risico Analyse	52
12.1	Seismische Risico Analyse voor het Saaksum-Oost voorkomen	55
13	Bijlage C: Geologische kaart voor het Saaksum-Oost veld	62

Formulier aanvraag instemming winningsplan

ex artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) juncto artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Directie Warmte en Ondergrond

mijnbouwaanvragen@minezk.nl

<u>Artikel</u>	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	Verzoek om instemming van het winningsplan Saaksum-Oost	☐ een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 12 zeemijl uit de kust
	Algemene gegevens	
	<i>Naam indiener</i>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<i>Adres</i>	Postbus 28000 9400 HH Assen
	<i>Contactpersoon</i>	
	<i>E-mail</i>	
Mw 34 lid 2	Indiener	☒ is houder van de vergunning ☐ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	Winningsvergunninggebied(en) Ligging Gemeente en Provincie	☒ winningsvergunning(en) - Concessie Groningen (KB 30 mei 1963, Stcrt 1963, nmr 126) - Provincie: Groningen - Gemeentes: Het Hogeland en Westerkwartier
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	Voorkomens koolwaterstoffen	Saaksum-Oost
Mb 24 lid 1a	Soort koolwaterstof die wordt gewonnen	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☐ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat
Mr 1.2.1 lid 3	Bestaande of nieuwe winning	☒ winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding) ☐ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 34 lid 7	Coördinatie vergunningen	☐ ja: te weten met: ☐ Omgevingsvergunning ☐ Watervergunning ☐ Mijnbouwmilieuvergunning ☐ Anders, namelijk: ☒ nee

Wettelijk kader	Bedrijfs- en productiegegevens	Document sectie		Wijziging
		vigerend	aangepast	
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	B1	1, 2	Verduidelijkt
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van (een) mijnbouwwerk(en)	B1.1	3	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	B2	5	Onveranderd
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	B2.1	Bijlage C	Onveranderd
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens, gasputten	B3	3.1	Onveranderd
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	B3.1	3.1	Onveranderd
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	B4	4.2	Geen putten toegevoegd
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	B4.1	4.3	Onveranderd
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	B4.2	3.2, 4.3	Onveranderd
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	B5	6.4, 6.5	Onveranderd
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	B5.1	6.4	Onveranderd
Mb 24 lid 2	Reservoir management	B5.2	6.4	Onveranderd
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	B5.3	6.5	Geactualiseerd. Totale winning binnen volumes van vigerend plan
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	B5.4	6.6	Geactualiseerd: van 2019 naar 2031
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	B6	6.9	Onveranderd
Mb 24 lid 1i	Jaarlijks eigengebruik bij winning	B7	6.7	Geactualiseerd: afgenomen door lagere productie
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefaakte koolwaterstoffen	B8	6.8	Geactualiseerd: kleine toename
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	B9	6.10	Onveranderd
Mw 36 lid 1 sub b	Planmatig gebruik of beheer van delfstoffen, aardwarmte, andere natuurlijke rijkdommen, waaronder grondwater met het oog op de winning van drinkwater, of mogelijkheden tot het opslaan van stoffen	N.a.w.	5.4	Onveranderd
	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning			
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	C1	7.1	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	C2, C2.1	7.2 – 7.4 Bijlage A	Geactualiseerd. Totale bodemdaling binnen vigerend plan
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	C4	7.6	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	C5	7.5	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	C6	7.7	Verduidelijkt
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning			
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemtrilling ten gevolge van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	C1	8.1, 8.2	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	C3	8.3, 8.4, Bijlage B	Geactualiseerd met SRA Risico onveranderd
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	C4	8.5	Verduidelijkt
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	C5	8.6, 8.7	Geactualiseerd met seismisch risicobeheersplan

Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	C6	8.8	Geactualiseerd met schadeprotocol
	Overige veiligheidsaspecten			
Mw 35 lid 1g Mw 26 lid 1c,d (natuur & milieu)	De risico's voor omwonenden, gebouwen of infrastructurele werken of de functionaliteit daarvan met een risicobeoordeling, voor zover het winnen van delfstoffen niet geschiedt in het continentaal plat	n.v.t.	9.1, 9,2	Geactualiseerd – risico onveranderd
*Ondertekening  Naam: - Functie: Asset Manager – Asset Land			Datum: 2 december 2019 Plaats: Assen Mb 24 lid 1 Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering, verlaten en verwijderen. Zie deel "vertrouwelijk"	

2 Inleiding

Het vigerende winningsplan 'Grijpskerk Noord' voor de aardgasvoorkomens Feerwerd, Houwerzijl, Kommerzijl, Leens, Munnekezijl, Saaksum-Oost en Saaksum-West is in 2012 goedgekeurd. Hierin staat dat productie uit het voorkomen Saaksum-Oost zou eindigen in 2019. Om het volume te kunnen produceren dat in het vigerend winningsplan is goedgekeurd als "efficiënte winning", wordt hierbij een actualisatie voor de winning uit het Saaksum-Oost voorkomen als separaat winningsplan ingediend.

2.1 Doel van het Winningsplan

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. ("NAM") is houder van de Winningsvergunning Groningen, waarin het voorkomen Saaksum-Oost gelegen is. Conform artikel 34 van de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren in overeenstemming met een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten. De reden voor wijziging van het vigerende winningsplan is de verlenging van de verwachte duur van gasproductie (van 2019 naar 2031). De langere verwachte duur van gasproductie is het gevolg van optimalisatie van de faciliteiten en putten. De maximale gaswinning blijft binnen het maximum volume waarmee was ingestemd in het vigerende winningsplan 'Grijpskerk Noord'.

Hieronder een overzicht van winningsplannen en actualisaties:

Datum	Document
2003	Origineel winningsplan "Grijpskerk Noord". - Totale productieverwachting voor Saaksum-Oost is 2509 mln Nm³. - Laatste jaar productie uit Saaksum-Oost verwacht in 2023.
2005	Eerste actualisatie "Grijpskerk Noord". Laatste jaar productie uit Saaksum-Oost verwacht in 2029.
2005	Tweede actualisatie "Grijpskerk Noord". - Toevoeging van put SSM-3 in het Saaksum-Oost voorkomen. - Totale productieverwachting voor Saaksum-Oost is 3143 mln Nm³.
2007	Derde actualisatie "Grijpskerk Noord". - Totale productieverwachting voor Saaksum-Oost is 2944 mln Nm³. - Laatste jaar productie uit Saaksum-Oost verwacht in 2020.
2008	Vierde actualisatie "Grijpskerk Noord". Geen wijziging voor Saaksum-Oost.
2012	Vijfde actualisatie: "Grijpskerk Noord". - Totale productieverwachting voor Saaksum-Oost is 2565 mln Nm³. - Laatste jaar productie uit Saaksum-Oost verwacht in 2019.
2019	Winningsplan "Saaksum-Oost" (dit winningsplan). - Totale productieverwachting voor Saaksum-Oost is 2765 mln Nm³. - Maximale productie uit Saaksum-Oost is 2873 mln Nm³. Dit valt binnen het maximum van vigerend winningsplan uit 2012 (20% onzekerheid op totale winning). - Laatste jaar productie uit Saaksum-Oost verwacht in (uiterlijk) 2031. - Seismische Risico Analyse is toegevoegd: Saaksum-Oost valt in risicocategorie I (laagste risico)

De oorspronkelijke winningsplannen en besluiten zijn te vinden op www.nlog.nl onder de veldcode SSM. Onder deze code vallen op dit moment zowel het Saaksum-West als het Saaksum-Oost voorkomen.

2.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen wordt, de geologische eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen, de verwachte productiehoeveelheden, de mate van bodemdaling en het risico op aardbevingen.

Hoofdstuk 1 (Samenvatting) geeft een overzicht van dit winningsplan en is bedoeld om de belangrijkste punten van het plan uit te leggen zonder technische details. Hoofdstuk 3 (Plaats van winning) en 4 (Boringen) geven meer informatie over de locaties en putten. Hoofdstuk 5 (Ondergrond) geeft een beschrijving van de ondergrond, en met name de geologie. In hoofdstuk 6 (Ontwikkelingsvooruitzichten) wordt ingegaan op de historische en toekomstige productie en de ontwikkelingsplannen voor het Saaksum-Oost voorkomen. Hoofdstuk 7 (Bodemdaling) beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. Hoofdstuk 8 (Bodemtrilling) gaat verder in op de seismische risicoanalyse. Ten slotte beschrijft Hoofdstuk 9 de mogelijke effecten van bodemtrilling en bodemdaling op natuur en milieu.

NAM heeft het winningsplan zo bedoeld dat zij binnen de grenzen van het plan opereert als:

- a. de totale productie uit het Saaksum-Oost gasveld niet uitkomt boven de maximale totale voorspelde productie in het “hoog scenario” van sectie 6.5 van dit winningsplan, onafhankelijk van welke putten of infrastructuur hierbij gebruikt wordt. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie gaat uitkomen boven de cumulatieve productie in het “hoog scenario”, zal NAM het winningsplan aanpassen;
- b. de winning niet langer duurt dan de productieperiode in het “hoog scenario”. Als NAM de winning langer wil voortzetten, zal een verzoek tot wijziging in het instemmingsbesluit worden ingediend.
- c. de gemeten bodemdaling door gaswinning niet groter is dan voorspeld in hoofdstuk 7 van het winningsplan (inclusief de aangehouden onzekerheidsmarges). Als de bodemdaling door gaswinning groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM het winningsplan aanpassen;
- d. Saaksum-Oost ingedeeld blijft in seismische risicocategorie I. NAM zal het winningsplan aanpassen als op basis van nieuwe gegevens of inzichten het seismisch risico van het Saaksum-Oost veld groter blijkt te zijn.

Een actualisatie zoals hierboven genoemd vereist de instemming van de minister van Economische Zaken en Klimaat. Eventuele toekomstige activiteiten op een locatie (bijvoorbeeld compressie) of in een reservoir (bijvoorbeeld extra putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Een klein onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie over de verwachte productie- en investeringskosten. Omdat openbaarmaking de concurrentiepositie van NAM kan beïnvloeden is dit onderdeel niet openbaar.

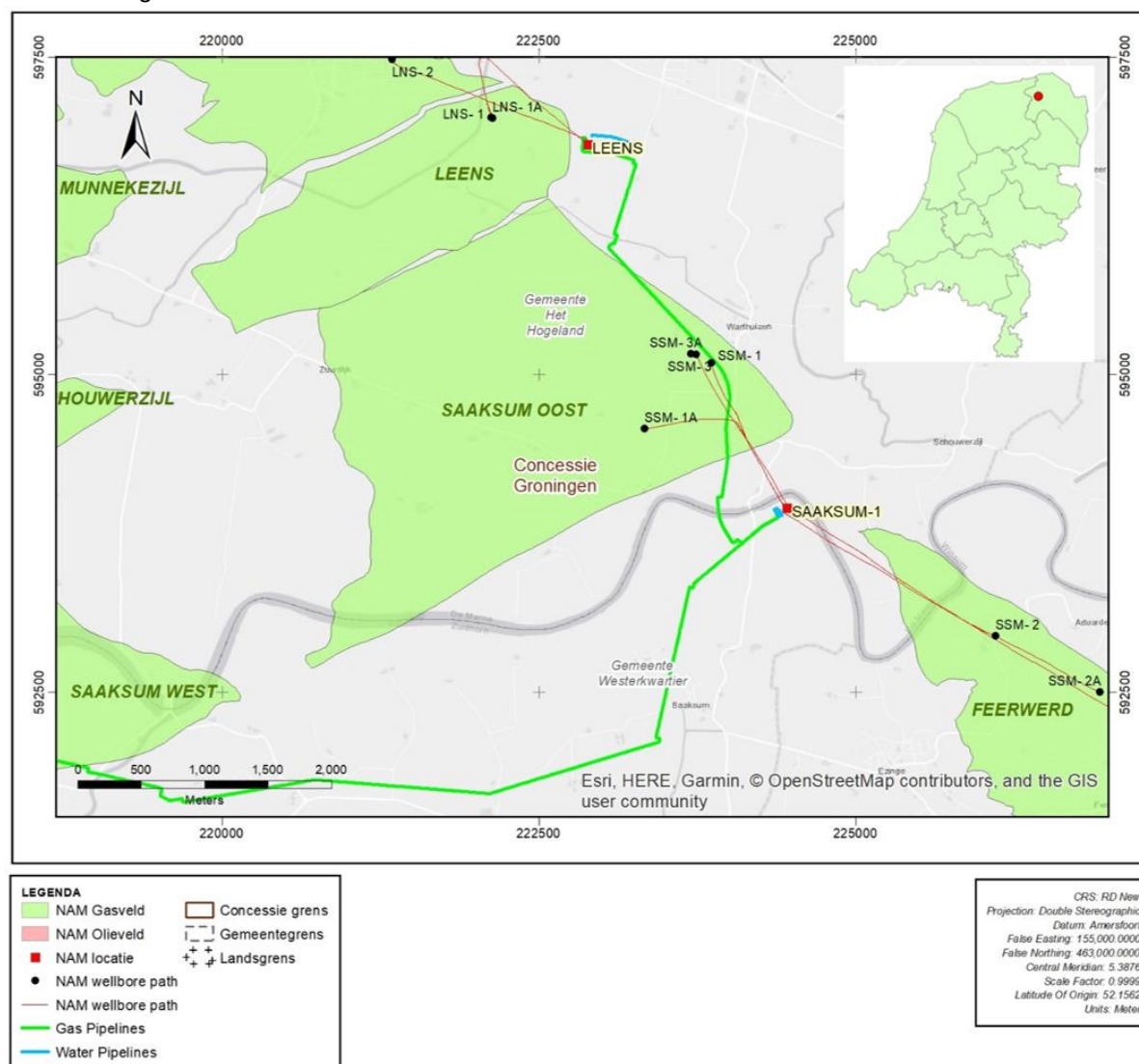
3 Plaats van winning

3.1 Productielocatie, putten en voorkomen

Het Saaksum-Oost gasvoorkomen wordt door 2 putten (SSM-1 en SSM-3) vanaf de locatie Saaksum-1 geproduceerd. Het voorkomen ligt onder de provincie Groningen (de gemeentes Westerkwartier en Het Hogeland). Het gehele voorkomen valt binnen het beheer van waterschap Noorderzijlvest.

Figuur 3-1 toont de topografische kaart van gasvoorkomen Saaksum-Oost, inclusief infrastructuur als locaties, putten en pijpleidingen. Het Feerwerd voorkomen wordt ook vanaf de Saaksum-1 locatie geproduceerd (met de SSM-2 en SSM-4 putten) maar maakt geen onderdeel uit van dit winningsplan. De natte gasstromen van de Saaksum-1 locatie worden, gecombineerd met het gas uit het Leens voorkomen, getransporteerd via de Munnekeziel locatie naar de Grijpskerk GDF behandelingslocatie. Hier wordt het gas gecompriëerd en gedroogd afgeleverd aan het Gasunie netwerk.

In Figuur 5-2 wordt de afwezigheid van beschermde natuurgebieden (Natura 2000-gebieden), waterwingebieden, grondwaterbeschermings- en zoutwinningsgebieden rondom het Saaksum-Oost voorkomen getoond.



Figuur 3-1: Kaart van het Saaksum-Oost voorkomen en de infrastructuur

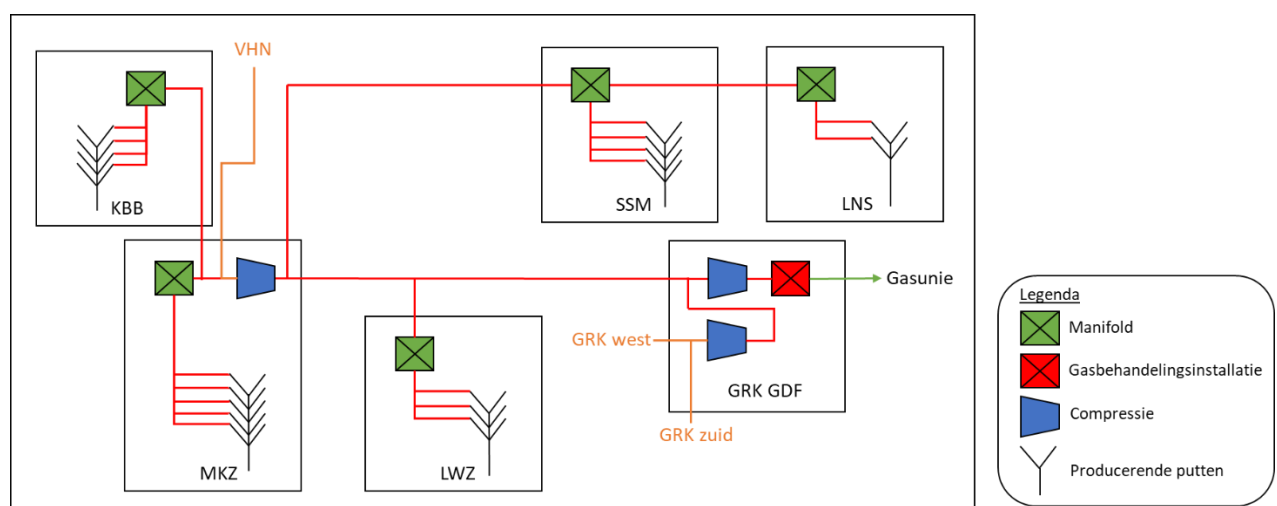


Figuur 3-2: De Saaksum-1 puttenlocatie.

3.2 Schematische weergave gasbehandeling en afvoer van het gas

Figuur 3-3 geeft een schematische weergave van alle gasstromen die via de Grijpskerk GDF behandelingsinstallatie aan de Gasunie worden geleverd. Hierin zijn alle locaties van het vigerende Grijpskerk Noord winningsplan expliciet weergegeven. Alleen het Saaksum-Oost voorkomen dat met twee putten vanaf de Saaksum-1 locatie (SSM) wordt geproduceerd valt binnen dit winningsplan. De overige putten en gasstromen zijn ter informatie.

De onbehandelde gasstroom van de Saaksum-1 locatie wordt getransporteerd naar de behandelingslocatie GRK GDF. Daar worden de gasstromen gecomprimeerd en op specificatie gebracht. Het gas wordt vervolgens afgeleverd aan het Gasunie netwerk. De condensaatstroom (een kleine hoeveelheid vloeibare koolwaterstoffen die meekomt met de gasproductie) wordt vanaf de GRK GDF locatie afgevoerd per pijpleiding naar Delftzijl voor verdere verwerking en verkoop.



Figuur 3-3: Schema van de gasstromen in het Grijpskerk Noord systeem (NAM locaties: SSM=Saaksum-1, GRK=Grijpskerk, LNS=Leens, MKZ=Munnekezijl, LWZ=Lauwerzijl, KBB=Krabburen)

4 Boringen

4.1 Inleiding: algemene beschrijving van een put

Figuur 4-1 geeft een schematische weergave van een gasproductieput. Hieronder volgt een korte beschrijving van het boren van een put en de belangrijkste onderdelen. Voor het voorkomen Saaksum-Oost worden geen nieuwe boringen verwacht. Onderstaande beschrijving is ter informatie en verduidelijking van de constructie van de bestaande putten.

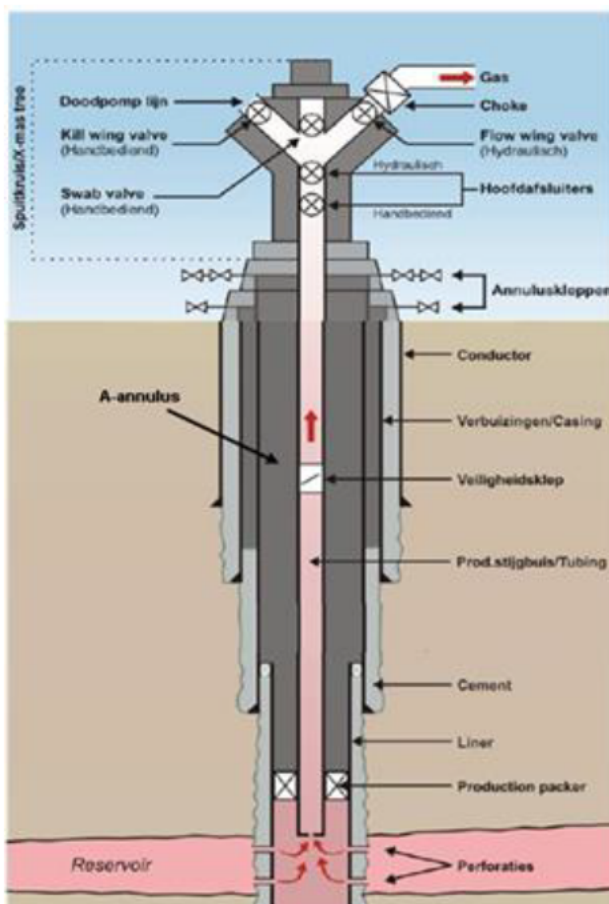
Het boren van een put gebeurt met een boortoren. Voordat de boortoren op locatie wordt geplaatst wordt er een buis, ook wel conductor genoemd, in de grond geheid (ongeveer 50 meter diep). De boortoren wordt daarna boven op deze geheide buis opgebouwd. Een boorpijp bestaat van onder naar boven uit een beitel, motor, stabilisatoren, meetapparatuur en boorpijpen tot naar de boortoren. Tijdens het boorproces wordt er gebruik gemaakt van boorvloeistof. Deze zorgt voor het aandrijven van de motor, het verwijderen van boorgruis en koeling van de boorpijp. Tevens levert deze boorvloeistof een hydrostatische druk in het boorgat om gasinstroom te voorkomen. Bovenop het boorgat staat een metalen installatie, bestaande uit verschillende afsluiters die tijdens het boorproces geactiveerd kunnen worden: de BOP ("blow out preventer")

Het boren van een put door de verschillende grondlagen gebeurt in secties waarvan de diameter afneemt met de diepte. Het boorgat wordt verstevigd door middel van een metalen buis: een 'casing'. De casing wordt in het boorgat vast gecementeerd waardoor een sterke en stabiele put ontstaat. Dit geeft bescherming en isolering van

bovenliggende grondlagen en het grondwater.

Het boren van secties en zetten van casing herhaald zich meerdere keren totdat het gasveld is bereikt.

Voor de gasproductie wordt een aparte productie-stijgbuis ('tubing') gebruikt. Deze verbuizing zorgt ervoor dat gas gecontroleerd omhoog kan stromen. De tubing is dus een buis binnen de casing en is zodoende een extra barrière voor het gas. De ruimte tussen de tubing en de casing wordt A-annulus genoemd. De druk in deze annulus wordt voortdurend gemonitord om de goede staat, de integriteit, van de put te kunnen waarborgen. Tevens heeft de tubing verschillende veiligheidskleppen. Als de tubing is geïnstalleerd, worden er perforaties gemaakt in de casing ter hoogte van het reservoir en kan het gas door de tubing omhoog stromen. Aan het oppervlak is de 'X-mas tree' de verbinding tussen de tubing en de bovengrondse gasleiding. Deze 'tree' is zichtbaar op de locaties en bevat diverse kleppen die nodig zijn om de put te bedienen. In de X-mas tree en in de installatie op de putlocatie zijn speciale meters aanwezig waarmee druk, temperatuur en gasstroomsnelheid continu gemeten kunnen worden.



Figuur 4-1: Schematische weergave van een gasproductieput. De tekening is niet op schaal (sterk verticaal gekrompen).

4.2 Overzicht boringen

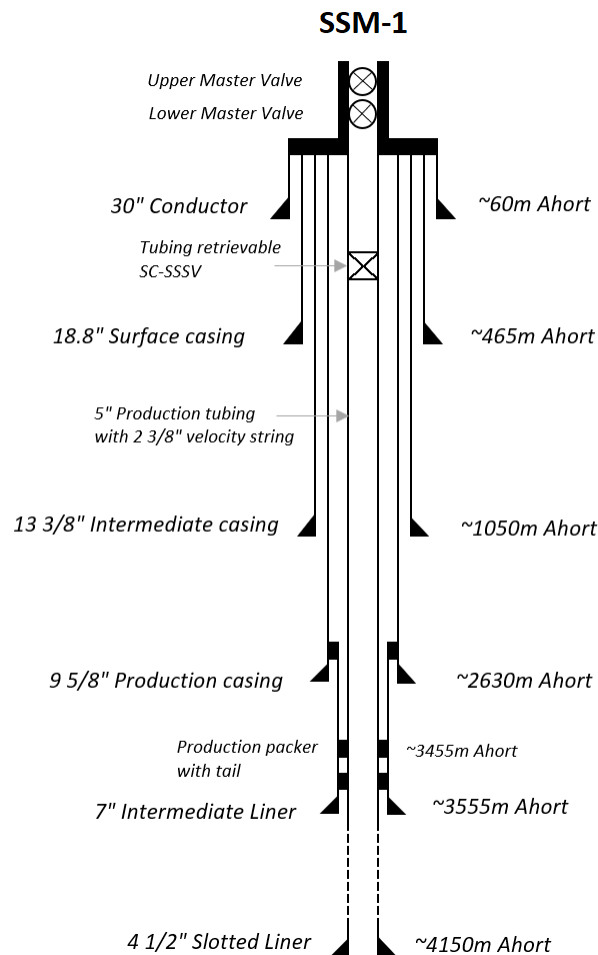
In Tabel 4-1 zijn de bestaande boringen in het Saaksum-Oost gasveld met verdere algemene informatie weergegeven. Op dit moment verwachten we voor het voorkomen geen nieuwe boringen.

Tabel 4-1: Lijst van boringen

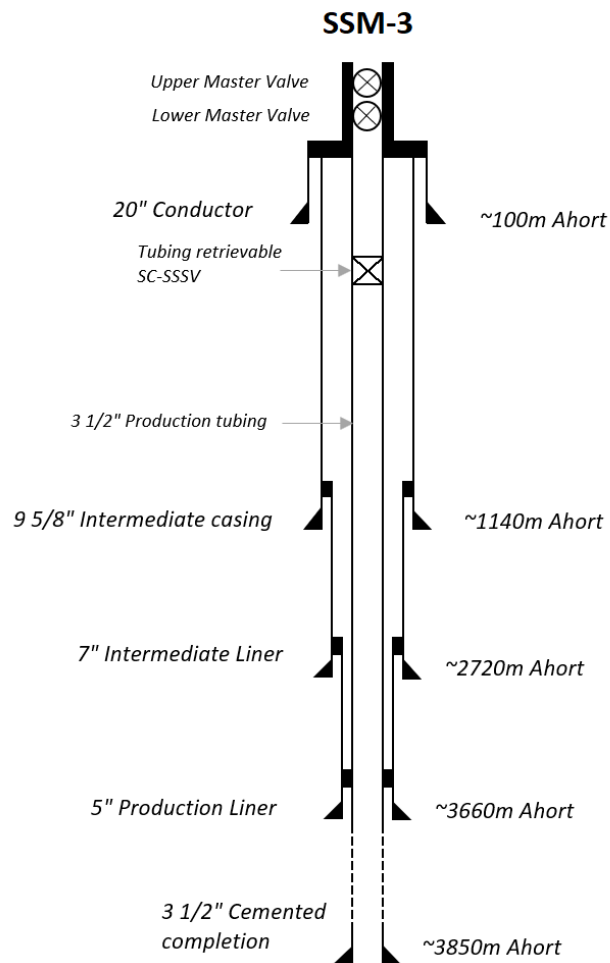
Putnaam	Put vorm	Locatie	Status
SSM-1	Gedevieerd	Saaksum-1	Producterend
SSM-3	Gedevieerd	Saaksum-1	Producterend

4.3 Schematische voorstelling putverbuizingen

In Figuur 4-2 zijn schematisch de verbuizingen van de SSM-1 put weergegeven met de dieptes en de kleppen (valves). De verbuizingen van SSM-3 volgt een gereduceerd schema waarbij de stijgbuis wordt gecementeerd en daarna geperforeerd.



Figuur 4-2: Schematische voorstelling van SSM-1 put. Dieptes zijn aangegeven langs de put (m AHORT). Aangezien de put gedevieerd is geboord, is de verticale diepte t.o.v. NAP (m TVDNAP) altijd minder dan de 'along hole rotary table' diepte (m AHORT)



Figuur 4-3: Schematische voorstelling van SSM-3 put. Dieptes zijn aangegeven langs de put (m AHORT). Aangezien de put gedeveerd is geboord, is de verticale diepte t.o.v. NAP (m TVDNAP) altijd minder dan de 'along hole rotary table' diepte (m AHORT)

4.4 Putstimulatie

Het reservoirgesteente van het Saaksum-Oost voorkomen is goed doorlaatbaar en er is geen reservoirstimulatie nodig.

5 Ondergrond

5.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

Voor het in beeld brengen van de ondergrond worden een groot aantal metingen uitgevoerd en modellen gemaakt die helpen om het voorkomen beter te begrijpen. Deze informatie wordt gebruikt om een voorspelling te kunnen maken over hoeveel gas aanwezig is en hoeveel hiervan geproduceerd kan worden. Doordat de vorm van het veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij de putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en andere eigenschappen van het voorkomen. Voorspellingen zullen daarom altijd een onzekerheidsmarge hebben. De grootte van de onzekerheidsmarge verschilt van parameter tot parameter, en zal dus een verschillende impact op de verschillende voorspellingen hebben.

De vorm en diepte van het veld wordt bepaald uit de analyse van geluidsgolven ("seismiek"). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden van geluid in de lagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het gasvoorkomen is alleen bekend op een klein aantal plaatsen waar een put het reservoir binnengaat. Het gevolg daarvan is dat er onzekerheid is over de vorm en diepte van het veld buiten de putten.

De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid, elektrische weerstand en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van gesteente-eigenschappen als porositeit, saturatie in de poriën en doorlaatbaarheid van het gesteente voor stroming (permeabiliteit). Deze fysische eigenschappen worden bepaald door middel van metingen die verkregen zijn door na het boren meetinstrumenten in de boorgaten te laten zakken.

Uit deze boorgat-metingen worden de eigenschappen berekend van het gesteente rond de boorgaten. Een boorgat heeft een diameter van typisch 8½ inch of 22 cm, van waaruit de instrumenten ongeveer een decimeter ver kunnen meten. Het Saaksum-Oost veld is ongeveer 4 km lang en 3 km breed. De eigenschappen van de gesteenten verder weg van de boorgaten worden verkregen door correlatie tussen de verschillende boorgaten, met behulp van een geologisch model van de ondergrond. Inherent hieraan zijn onzekerheden, omdat de eigenschappen van de gesteenten niet overal hetzelfde zijn, en de informatie uit de put-locaties over het gehele veld geëxtrapoleerd worden.

Diverse aspecten van de winning, zoals de hoeveelheid gas, de mogelijke productiesnelheid en het verloop van productie in de tijd, met de daarbij behorende drukdaling, bevatten daarom onzekerheid. De voorspellingen voor deze aspecten zijn daarom van onzekerheidsmarges voorzien.

5.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Hieronder zullen de geologische formaties uiteengezet worden. Voor een volledige beschrijving met nadere uitwerking van gebruikte begrippen wordt verwezen naar geologische standaardliteratuur.¹ Tijdens de geologische geschiedenis (enkele honderden miljoenen jaren) worden lagen die organische bestanddelen bevatten soms diep begraven. Dat kan leiden tot het genereren van gas of olie. De gegenereerde olie of gas dat in het doorlatend gesteente naar boven stroomt ('migreert'), doordat het lichter is dan water, kan gevangen worden in een gesteente dat is afgesloten met een ondoorlatende laag waaronder zich dan het olie- of gasreservoir vormt. De gesteentelagen in de ondergrond zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van aardplaten en botsingen tussen aardplaten in de geologische geschiedenis kunnen

¹ Geology of the Netherlands, Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007

deze lagen opgerekt of samengedrukt worden. Dit kan leiden tot plooiingen of breuken in het gesteente omdat gesteente niet goed buigzaam is. Het resultaat is dat het gesteente vaak uit licht schuin-liggende breukblokken bestaat.

Tabel 5-1: Geologische formaties

Ouderdom	Groep	Formatie	Member	Afkorting
Tertiair	North Sea (NS)	Upper	Upper NS	NU
		Middle	Oosterhout	NUOT
			Breda Clay	NUBA
			Rupel clay	NMRF
			Asse Clay	NLFFB
			Brussels Sand	NLFFS
			Ieper Clay	NLFFY
			Basal Tuffite	NLFFT
			Landen Clay	NLLFC
Boven Krijt	Chalk (CK)	Ommelanden Chalk	Ommelanden	CKGR
		Texel Chalk	Plenus marl	CKTP
			Texel Marl	CKTXM
Onder Krijt	Rijnland (KN)	Holland	Upper Holland Marl	KNGLU
			Middel Holland Claystone	KNGLM
			Lower Holland Marl	KNGLL
		Vlieland	Vlieland Claystone	KNNC
Trias	Upper Trias	Rot	Rot Evaporite & Shale	RNRO2 RNROM RORO1
	Lower Trias (RB)	Solling	Solling Claystone	RNSOC
		Volpriehausen	Volpriehausen Claystone	RBMVC
			Volpriehausen Sandstone	RBMVL
		Lower Buntsandstein	Rogenstein	RBSHR
			Main Claystone member	RBSHM
			Basal Buntsandstein Eqv.	RBSHL
Boven Perm	Zechstein (ZEZ)	Z4	Z4 Salt	ZEZ4H
		Z3	Z3 Salt	ZEZ3H
			Z3 Anhydrite	ZEZ3A
			Z3 Carbonate	ZEZ3C
			Ze Salt	ZEZ2H
		Z2	Z2 Anyhydrite	ZEZ2A
			Z2 Carbonate	ZEZ2C
		Z1	Z1 Upper Anhydrite	ZEZ1T
			Z1 Halite	ZEZ1H
			Z1 Anhydrite	ZEZ1W
			Z1 Carbonate	ZEZ1C
			Coppershale	ZEZ1K
Onder Perm	Rotliegend (RO)		Ten Boer Claystone	ROCLT
			Slochteren Sandstone	ROSLN
Carboon	Limburg (DC)			DC

Reservoir Formatie

De Rotliegend formatie (lichtpaars in Tabel 5-1) is het gashoudend reservoir voor het Saaksum-Oost voorkomen. Het Rotliegend heeft zich ontwikkeld tijdens het Perm tijdperk. Het Rotliegend wordt opgedeeld in een Ten Boer formatie en een Slochteren formatie. De eerste is een kleisteen waaruit in dit gebied geen gas gewonnen wordt. Het Slochteren is een dik pakket zandsteen waaruit het gas geproduceerd wordt. Deze zandsteen is van redelijk goede reservoir kwaliteit en relatief goede doorlatendheid. De Rotliegend groep wordt afgedekt door de Zechstein groep die een ondoorlatende afsluiting vormt en het gas in het reservoir insluit.

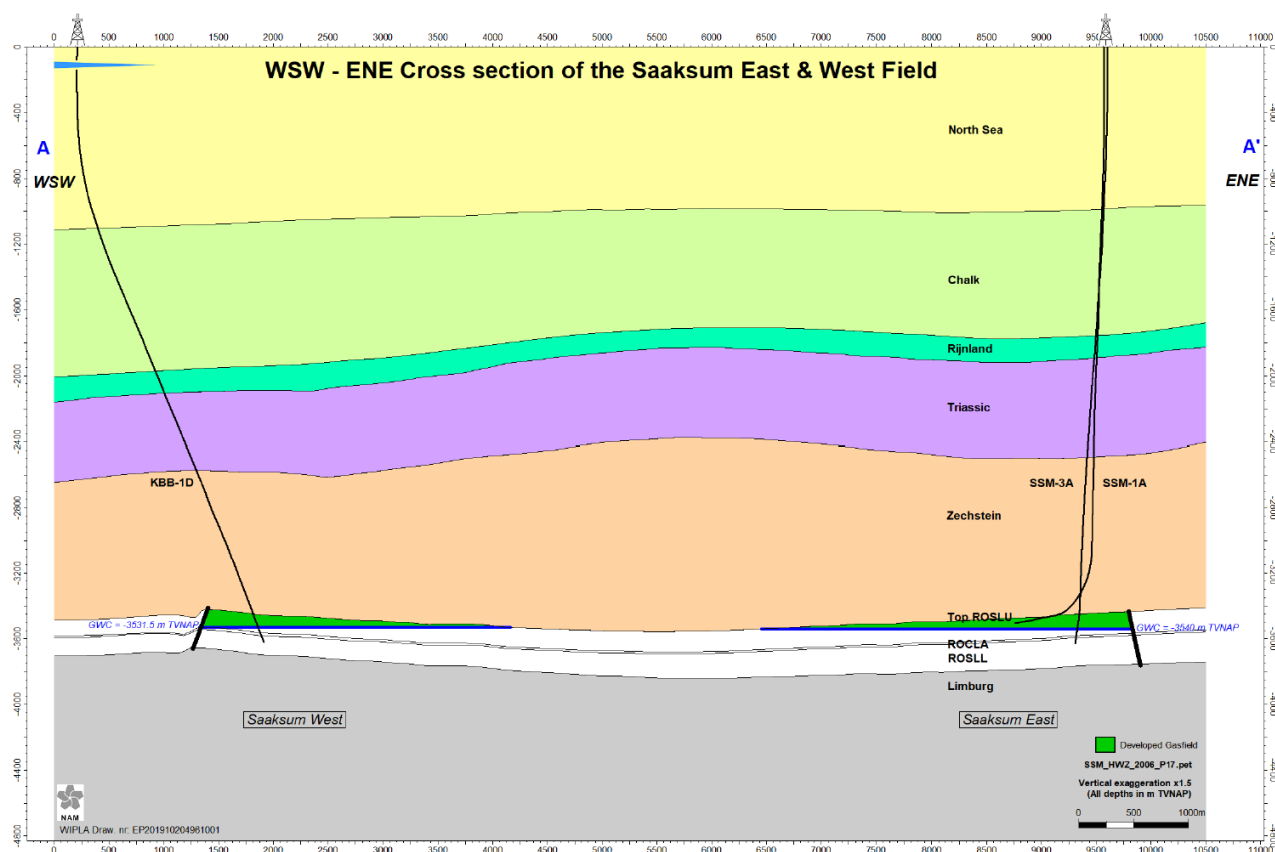
Bron Koolwaterstoffen

Het gas in het Saaksum-Oost Rotliegend voorkomen is gevormd in de onderliggende koollagen van het Carboon. Omdat dit diep is begraven, onder voldoende druk en temperatuur, zijn deze organische elementen gas gaan genereren. Omdat gas lichter is dan water is dit gas in verloop van tijd omhoog gemigreerd naar de bovenliggende zandsteenlagen van Perm ouderdom (Rotliegend reservoir). Dit gebeurde langs breuken, door verticaal permeabele lagen en natuurlijke scheurtjes. Het gas verzamelt zich in de hoogste plaatsen van het reservoir en boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Structuur

De Saaksum-Oost en Saaksum-West gasvoorkomens bevinden zich in een groot breukblok dat aan alle kanten is afgesloten door breuken. Het blok buigt in het centrum van het blok door waardoor de twee velden geïsoleerd zijn van elkaar ook al worden ze niet gescheiden door een breuk. Het Saaksum-Oost veld is dus aan de noord, oost en zuidzijde begrensd door breuken, en in het westen door het gas-water contact. (Bijlage C: Geologische kaart voor het Saaksum-Oost veld) Het Saaksum-Oost voorkomen is een continue blok en wordt niet doorsneden door kleinere breuken.

Het veld wordt zowel aan de bovenkant als langs de randbreuken afgesloten door de ondoorlatende zouten van het Zechstein (Figuur 1-1).



Figuur 5-1: Dwarsdoorsnede van maaiveld tot aan het reservoir over het Saaksum-Oost voorkomen.

Reservoir Eigenschappen:

In Tabel 5-2 zijn de gemiddelde gesteente-eigenschappen van het Rotliegend reservoirgesteente weergegeven. De verhouding van zand (doorlatend en gashoudend) ten opzichte van klei (ondoorlatend en niet producerend) wordt aangegeven met Net-to-Gross. De verhouding van het (gashoudend) poriënvolume ten opzichte van het totale gesteentevolume is aangegeven met de porositeit. De mate van doorlatendheid van het gesteente wordt aangeduid met permeabiliteit. Hierbij moet gemeld worden dat de eigenschappen een onzekerheid met zich meebrengen.

Tabel 5-2: Gemiddelde fractie van net reservoir in de formatie (NtG), gemiddelde porositeit en permeabiliteit van de reservoir gesteenten in het Saaksum-Oost voorkomen

Producterende formatie	Gemiddelde Net-to-Gross (%)	Gemiddelde porositeit (%)	Permeabiliteit (mD)
Slochteren	98	17	5

In bijlage C is de geologische kaart van het Saaksum-Oost voorkomen weergegeven.

5.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Rotliegend formatie bevindt zich nog ongeveer 3450 m gesteente dat bestaat uit gelaagde pakketten. Hieronder staan de formaties beschreven (van boven naar beneden) die boven het Rotliegend van het Saaksum-Oost voorkomen te vinden zijn (zie ook Tabel 5-1 en Figuur 5-1):

Tertiair

- Boven-Noordzee: Kleilagen (ondoorlatend) afgewisseld met zandlagen. Deze formatie beslaat de bovenste 300 - 500 m. Grondwater bevindt zich hierin.
- Onder-Noordzee: Kleilagen (ondoorlatend) afgewisseld met (doorlatende) zandlagen.

Krijt

- | | | |
|---------------|---------------------|-----------------|
| - Ommelanden: | Krijtsteen | Doorlatend |
| - Texel | Mergel | Half-doorlatend |
| - Hoand | Mergel en Kleisteen | Ondoorlatend |
| - Vlieland: | Klei | Ondoorlatend. |

Trias

- | | | |
|-----------------------|--------------------|------------------------|
| - Röt | Klei & Evaporiet | Ondoorlatend. |
| - Solling | Kleisteen | Ondoorlatend |
| - Volpriehausen | Klei- en zandsteen | Deels doorlatend. |
| - Rogenstein | Silt/Kleisteen | Ondoorlatend. |
| - Main Claystone : | Klei. | Ondoorlatend. |
| - Basal BuntZandsteen | Siltsteen | Op plaatsen doorlatend |

Boven Perm

- | | | |
|---------------|---------------|------------------------|
| - Zout : | Haliet (zout) | Ondoorlatend |
| - Anhydriet : | Anhydriet | Ondoorlatend |
| - Carbonaat : | Carbonaat | Op plaatsen doorlatend |

Dit overzicht laat zien dat er een groot aantal ondoorlatende en continue lagen ligt tussen het Saaksum-Oost gasveld en het oppervlak.

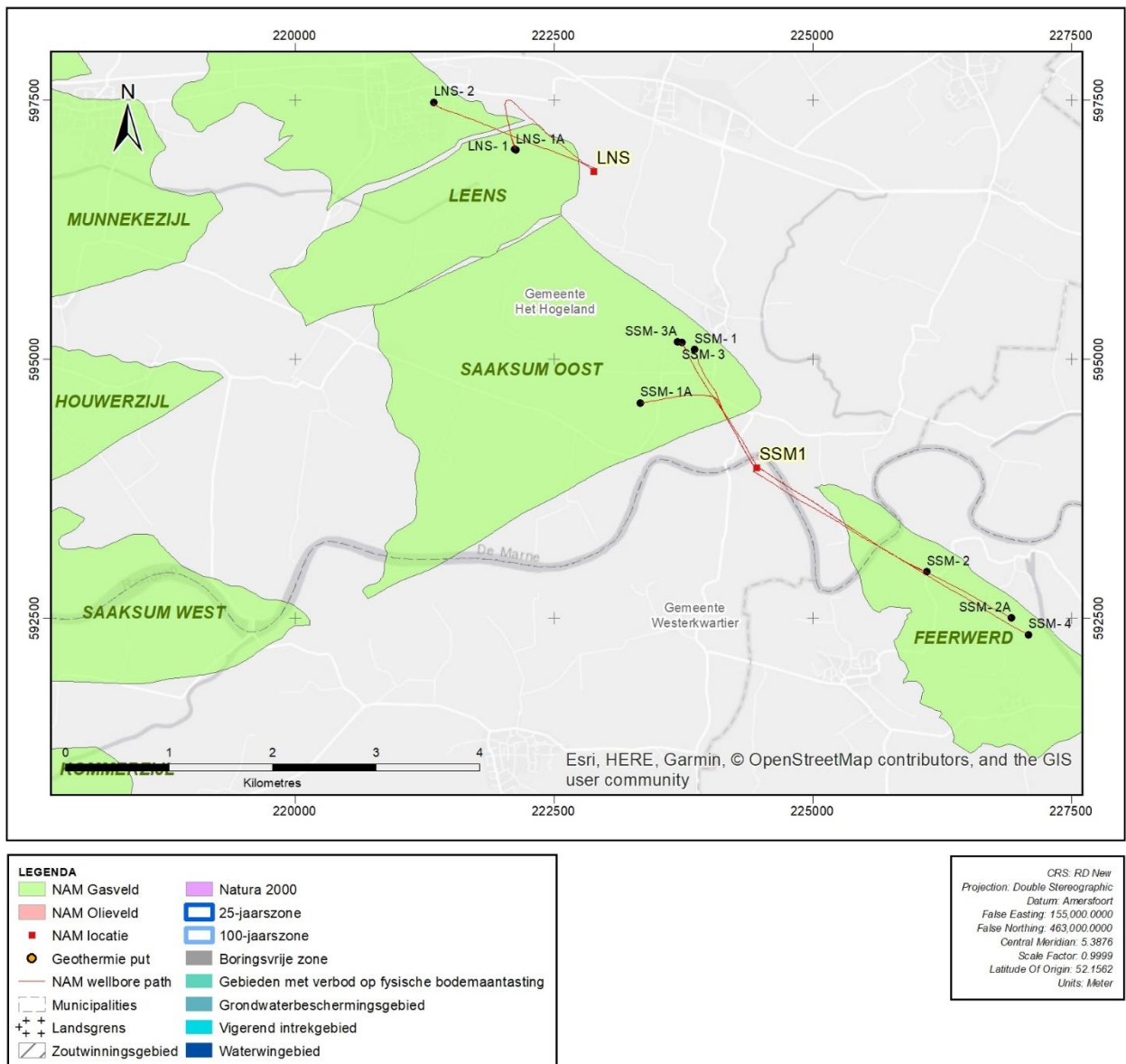
5.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

In Nederland vindt waterwinning plaats in de bovenste lagen van de Boven-Noordzee formatie, boven de grens waar het zoete grondwater overgaat tot zoutwater. Deze grens ligt meestal op ongeveer 20 tot 150m diepte. Zoutwater is aanwezig in de ondergrond tot aan de basis van het sedimentair bassin (>5km in Nederland) en vaak ook verder. In het gebied rond Saaksum-Oost vindt geen waterwinning plaats (zie Figuur 5-2).

Er zijn op dit moment geen geothermische projecten in de buurt van het Saaksum-Oost gasveld. Mochten er in de toekomst toch geothermische projecten gerealiseerd worden, dan moeten eventuele ongewenste interacties voorkomen worden. SodM ziet hierop toe als toezichthouder voor zowel gaswinning als geothermie.

Zoutwinning vindt plaats in Nederland vanuit verschillende lagen. Ook in de provincie Groningen en wordt zout gewonnen. Maar in de omgeving van het Saaksum-Oost voorkomen vindt geen zoutwinning plaats

In de omgeving van het Saaksum-Oost voorkomen vindt geen gasopslag plaats.



Figuur 5-2 : De positie (afwezigheid) van Natura2000, zoutwinningsgebieden, waterwinning- en grondwaterbeschermingsgebieden ten opzichte van het Saaksum-Oost voorkomen.

6 Ontwikkelingsvooruitzichten

6.1 Inleiding

Het Saaksum-Oost voorkomen is in 1993 aangeboord met de put SSM-1 en in 2000 in productie genomen. De productiesnelheid is sinds 2008 sterk afgenomen door de afnemende reservoirdruk. De ontwikkeling van het Saaksum-Oost voorkomen is intussen in de eindfase. Van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume is tot 2019 al 49% geproduceerd. Vanaf 2019 is het nog te produceren volume maximaal 9% van het oorspronkelijk aanwezige gasvolume. Het overige deel van het gas is niet winbaar met de huidige technische middelen.

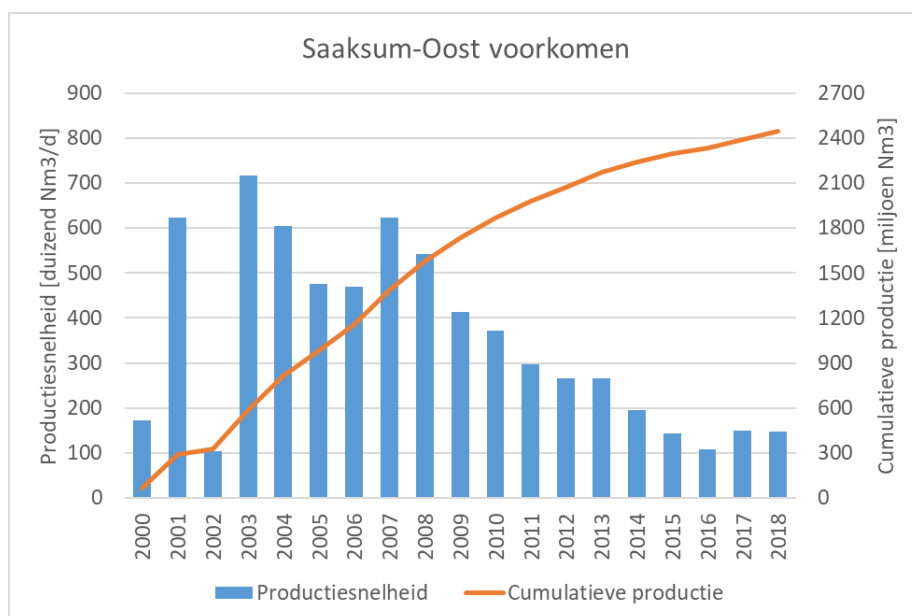
6.2 Historische Productie

De historische gasproductie uit het Saaksum-Oost voorkomen vond plaats door middel van 2 putten op de locatie Saaksum-1. De historische productie per jaar is te vinden in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Historische productie

Productie [miljoen Nm ³]	Voor 2003	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Historische productie t/m 2018
Saaksum- Oost	328	261	221	173	172	228	198	151	135	108	97	97	72	53	40	54	53	2442

Figuur 6-1 geeft de historische productiesnelheid (staafdiagram) en cumulatieve productie (lijn) grafisch weer.



Figuur 6-1: Historische productiesnelheid en cumulatieve productie voor Saaksum-Oost

6.3 Onzekerheden

De onzekerheid in toekomstige productie uit het voorkomen is afhankelijk van verschillende factoren:

- De hoeveelheid gas die nog verbonden is met de bestaande putten;
- De minimale productiesnelheid die putten nodig hebben om stabiel te produceren;
- Het wegvallen van productie uit putten waarvoor herstel niet meer rendabel is.
- Toekomstige aanpassingen aan de bovengrondse installaties.

De onzekerheden kunnen afnemen door monitoring van reservoir- en productiegedrag.

6.4 Winningsstrategie & reservoir management

De winning vindt plaats doordat gas naar de putten stroomt als gevolg van de aanwezige reservoirdruk in combinatie met het verlagen van de druk aan het oppervlak door compressie. Er wordt geen injectie in het Saaksum-Oost voorkomen toegepast. Het gas wordt zodanig gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.

In navolgend overzicht (Tabel 6-2) wordt de verwachte totale gaswinning gegeven. De “statische GIIP” geeft de hoeveelheid gas die oorspronkelijk in het reservoir aanwezig was. Het “Midden scenario” en “Hoog scenario” verwijzen naar de voorspellingen zoals beschreven in sectie 6.5. Het “winningspercentage” is gedefinieerd als de totale winning als percentage van het oorspronkelijke aanwezige gas.

Tabel 6-2: Verwachte totale winning en winningspercentage

Voorkomen	Statische GIIP [miljoen Nm ³]	Totale winning tot eind 2018 [miljoen Nm ³]	Verwachte totale winning (M. scenario) [miljoen Nm ³]	Maximaal verwachte totale winning (H. scenario) [miljoen Nm ³]	Winnings- percentage (M. scenario)	Maximaal winnings- percentage (H. scenario)
Saaksum-Oost	4960	2442	2765	2873	56%	58%

De reservoirprestaties worden gemonitord door:

- Water-, condensaat- en gasproductiemetingen (kunnen van afstand uitgelezen worden).
- Regelmatige drukmetingen, deels onderin de verbuizing.

Indien de productieprestatie van een put verminderd, kan het nodig zijn de verbuizing onderin bij de perforaties schoon te maken (*clean-out*) of om opnieuw te perforeren.

6.5 Winningssnelheid (productievolumes per jaar)

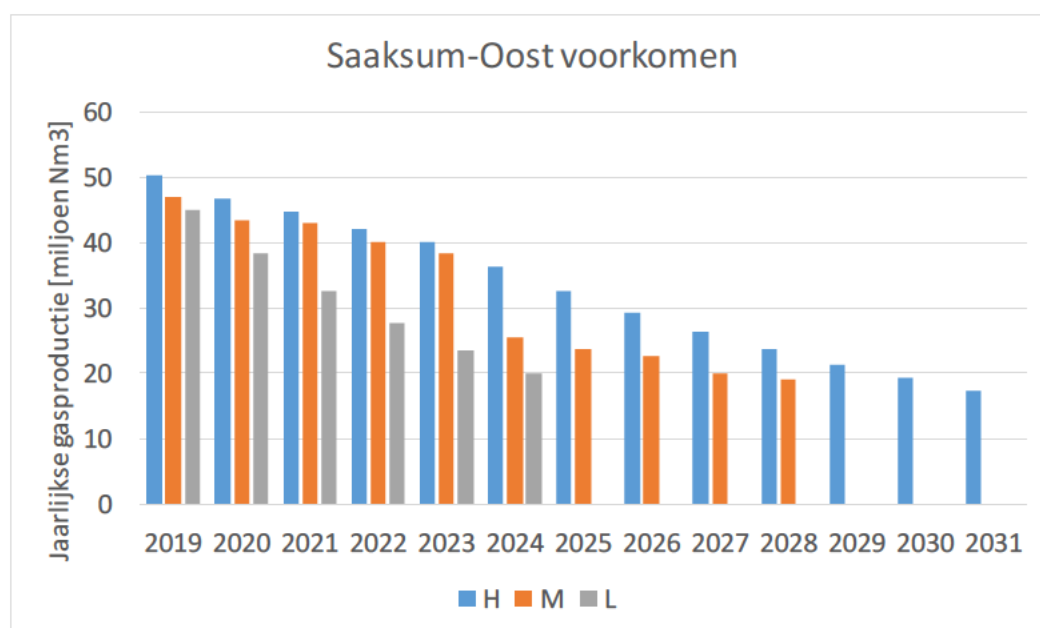
Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van het Saaksum-Oost voorkomen weer. Er zijn drie productieprofielen gegeven (laag, midden, hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de productie in de drie profielen geeft aan welke onzekerheid er verwacht wordt in de verdere productie uit het voorkomen. De daadwerkelijke gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (een van) de hieronder geschetste profielen in Figuur 6-2 en Tabel 6-3. Echter, de uiteindelijke totale winning zal binnen de maximaal verwachte totale winning (Tabel 6-2) blijven.

Het laag scenario (L) gaat uit van een conservatieve inschatting van de resterende hoeveelheden gas op basis van een zogenaamde decline curve analyse (DCA). Het midden scenario (M) is berekend aan de hand van een productievoorspellingsmodel (Integrated Production System Modelling). Het

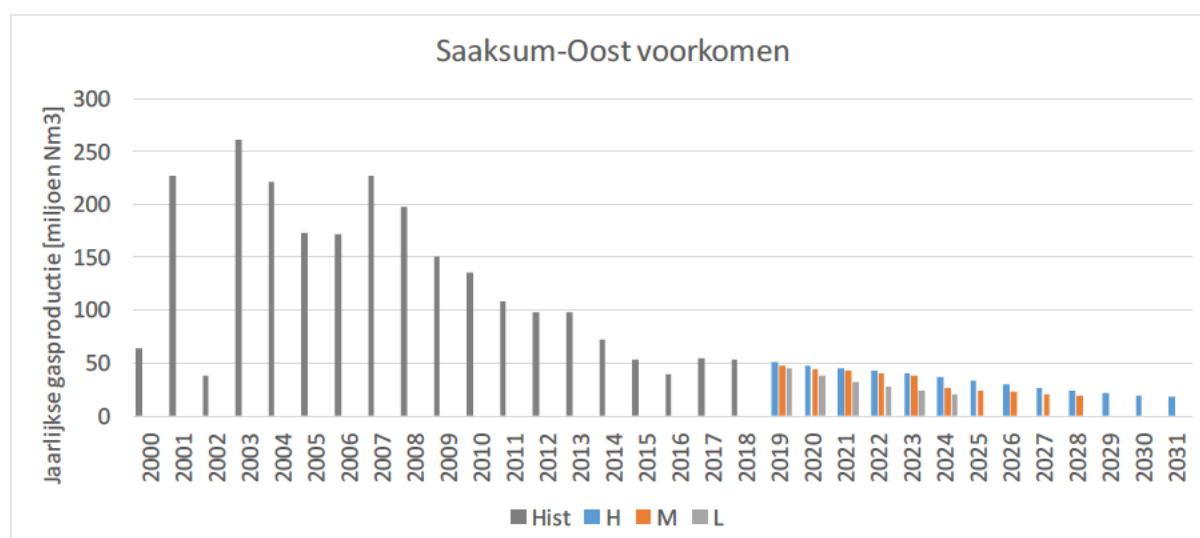
hoog scenario (H) gaat uit van een hoge inschatting van de resterende hoeveelheden gas op basis van een zogenaamde decline curve analyse (DCA).

Tabel 6-3: Jaarlijks verwachte productie [miljoen Nm³]

		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Saaksum-Oost	H	50	47	45	42	40	36	33	29	26	24	21	19	17
	M	47	44	43	40	38	26	24	23	20	19			
	L	45	38	33	28	23	20							



Figuur 6-2: Jaarlijks verwachte productie



Figuur 6-3: Jaarlijks historische productie en verwachte productie zoals in de vorige figuur.

6.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Naar verwachting zal de productie uiterlijk tot in 2031 duren (op basis van het hoog scenario).

Het einde van de productie zou eerder kunnen plaatsvinden als gevolg van onverwachte technische of andere oorzaken. In het bijzonder kan het in de eindfase gebeuren dat putten onverwacht stoppen met produceren en dat het door de lage reservoirdruk niet meer mogelijk is de productie te herstellen.

6.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

Op de locatie Saaksum-1 wordt geen gas voor eigen gebruik aangewend. Op de behandelingslocatie Grijskerk GDF wordt jaarlijks voor eigen gebruik (fornuis + fakkel/vent spoelgas + fakkel waakvlam) ca. 0,8 miljoen Nm³ gas aangewend, dit verandert niet naar aanleiding van dit winningsplan. Er wordt gestreefd naar een zo efficiënt mogelijke gaswinning met minimaal eigen gebruik.

6.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

Alle (natte) gasstromen van de Saaksum-1 locatie worden afgevoerd via de behandelingslocatie Grijskerk GDF. Alleen bij geplande werkzaamheden, wanneer een gedeelte van het systeem drukvrij gemaakt moet worden, kan een kleine hoeveelheid gas afgeblazen of afgefakkeld worden. Er wordt gestreefd naar zo min mogelijke emissies onder meer door afblazen en affakkelen tot het minimum te beperken.

Op de behandelingslocatie Grijskerk GDF wordt op jaarbasis ca. 0,5 miljoen Nm³ afgeblazen dan wel afgefakkeld.

Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit 2018 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.

6.9 Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Tabel 6-4 geeft de samenstelling van het geproduceerde gas uit Saaksum-Oost voorkomen, op basis van analyses aan gasmonsters uit het Saaksum-Oost voorkomen.

Tabel 6-4: Overzicht gassamenstelling

Gaseigenschap	Saaksum-Oost
Initiële gas-condensaat ratio (m ³ /mln Nm ³)	13
Condensaatdichtheid (kg/m ³)	782
Relative Gas Density (air=1)	0,63
GHV (MJ/Nm ³)	41,5
Wobbe (MJ/Nm ³)	52,3
C ₁ (mol%)	89
CO ₂ (mol%)	1,1
H ₂ S (mol%)	0,0
N ₂ (mol%)	2.9

6.10 *Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen*

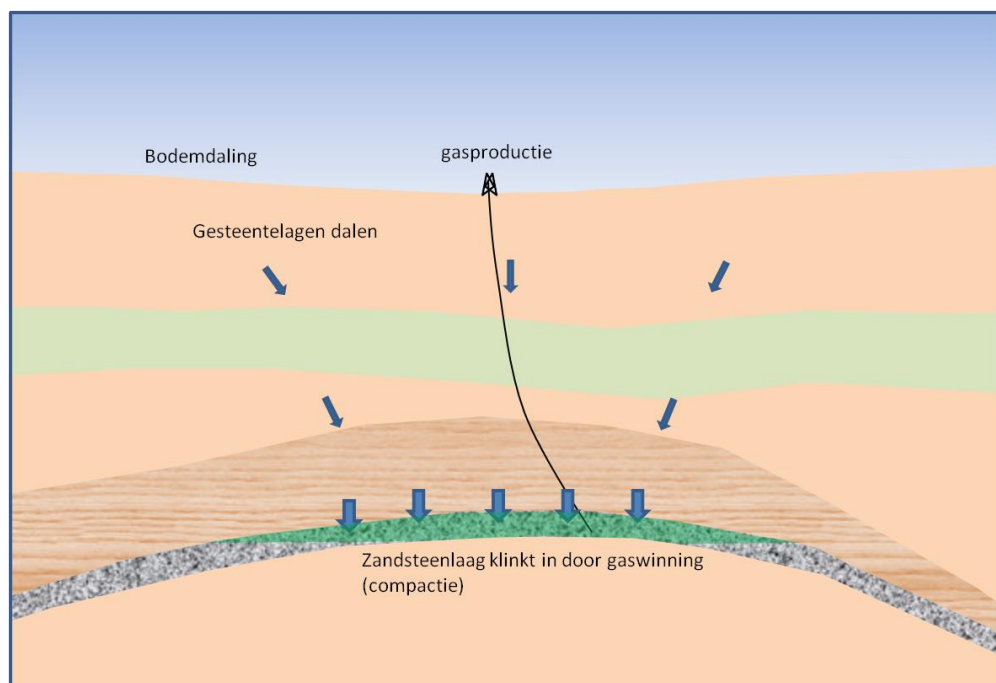
Het productiewater wordt samen met het aardgascondensaat van de behandelingslocatie Grijpskerk GDF per pijpleiding getransporteerd naar het tankenpark Delfzijl waar het water en condensaat wordt gescheiden. Het water wordt vervolgens per pijpleiding naar de Borgsweer locatie getransporteerd, waar het via een injectieput wordt teruggepompt in de ondergrond. De waterinjectie op Borgsweer is vergund middels een Wabo vergunning met kenmerk DGETMEM/12365332 (gedateerd 26-11-2012).

7 Bodemdaling

De bodemdalingsprognose laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling boven het Saaksum-Oost voorkomen door verdere gasproductie uit het Saaksum-Oost voorkomen zeer beperkt is (<2 cm). Naast de productie uit Saaksum-Oost zorgt ook de productie uit de naburige gasvelden voor bodemdaling in dit gebied. De totale bodemdaling veroorzaakt door alle winningen wordt de “samengestelde bodemdaling” genoemd. De samengestelde bodemdaling boven Saaksum-Oost vanaf de start van de winning van de gasvelden tot het einde van de productie in 2031 bedraagt naar verwachting maximaal 10 cm boven het gasveld Saaksum-Oost.

7.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

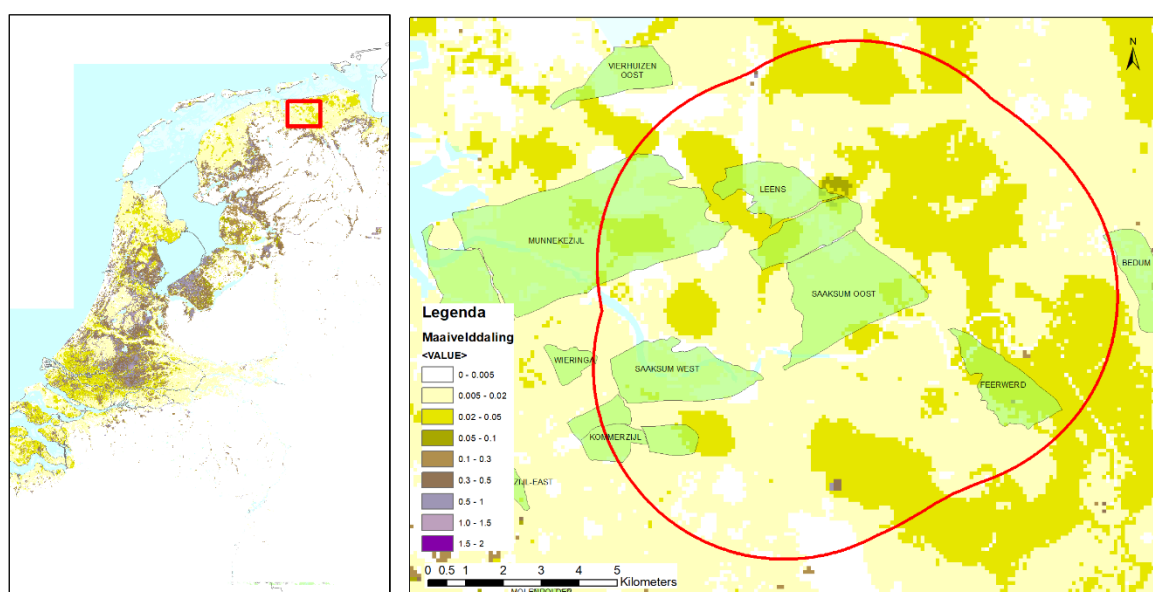
In een gasveld veroorzaakt de winning van aardgas een vermindering van de poriëndruk in de gasvoerende gesteentelaag. Daarbij wordt het gesteente van deze gasvoerende laag langzaam iets samengedrukt onder het gewicht van de bovenliggende lagen. Deze samendrukking wordt ook wel compactie genoemd en hangt af van verschillende factoren zoals de materiaaleigenschappen van het reservoirgesteente, de grootte van de drukdaling en de dikte van de gasvoerende laag (Figuur 7-1). Deze compactie bedraagt over het algemeen 0,1 tot 0,2 % van de dikte van de gasvoerende laag bij de maximale drukdaling (depletie) in het gasveld. De mate waarin de compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveld-niveau is onder meer afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld. Bij een zeer groot gasveld als Groningen zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Bij kleinere velden, zoals Saaksum-Oost, zal de maximale bodemdaling aan het aardoppervlak slechts een fractie van de compactie van het reservoirgesteente bedragen. Het volume van de bodemdalingskom is ongeveer even groot als de volumeverandering van het gasreservoir, waarbij de oppervlakte van de kom groter zal zijn dan de oppervlakte van het reservoir; aan alle kanten van de reservoirromtrek komt er een afstand bij van ongeveer 1 à 2 maal de diepte van het reservoir. Figuur 7-1 geeft dit schematisch weer. Wanneer gasvelden dicht bij elkaar liggen kan er een overlap ontstaan van de verschillende bodemdalingskommen.



Figuur 7-1: Druk daling in het reservoir resulteert in bodemdaling (Let op: de figuur is niet op schaal)

Bodemdaling door natuurlijke processen

Naast de bodemdaling ten gevolge van gas- of oliewinning zijn er ook andere oorzaken, onafhankelijk van de gaswinning, die leiden tot bodemdaling. Deze zijn samengevat onder de term autonome bodemdaling. Veenoxidatie en veen/klei inklinking zijn in Nederland de twee meest voorkomende oorzaken van autonome bodemdaling. De mate van autonome daling kan worden bepaald aan de hand van metingen en/of modelvoorspellingen. In deze modellen wordt oxidatie en inklinking berekend waarbij gebruik wordt gemaakt van laboratoriumgegevens en het voorkomen van bepaalde grondsoorten in de ondiepe ondergrond. Tegelijkertijd worden deze modellen gevalideerd en gekalibreerd door bodemdalingsmetingen. Voorspellingen van autonome bodemdaling gaan uit van bepaalde grondwaterscenario's. Dit zijn aannames over het toekomstig waterpeilbeheer door de waterschappen. Figuur 7-2 toont een voorspelling voor de autonome daling in het betreffende gebied voor de periode 2000-2050 (Deltares en PBL², 2011, Hopman et al. 2013³). De voorspelling geeft een eerste orde schatting van de autonome daling wanneer het grondwaterpeil meebeweegt met de bodemdaling in deze periode. Geconcludeerd wordt dat de autonome bodemdaling in dit gebied op basis van deze aannames over het algemeen klein is, maar lokaal kan oplopen tot 10 cm in 50 jaar.



Figuur 7-2: Maaiveldddaling (m) over een periode van 50 jaar bij handhaving van huidige drooglegging bij huidig klimaat. De waarden op deze kaart geven slechts een eerste orde schatting van de mogelijke autonome daling.

7.2 Meten en berekenen van bodemdaling door gaswinning

Meten:

Voor alle delen in Nederland waar gas wordt gewonnen moet een *meetplan* worden opgesteld. Dit meetplan geeft inzicht in hoe de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gasvoorkomen wordt gemeten. Dat gebeurt door waterpassing op een reeks punten in een *meetnet*, boven en rondom het voorkomen, vaak aangevuld met GNSS (GPS)-metingen op specifieke locaties. Steeds vaker worden de traditionele waterpassingen vervangen door satellietmetingen (InSAR). Deze techniek zorgt voor frequentere metingen en een ruimere dekking van het gebied. Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels waarbij tevens de zogenaamde ‘Industrieleidraad – Geodetische basis voor

² Deltares en PBL, 2011, Deltascenario's Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012, Deltares rapport 1205747-000

³ Victor Hopman, Ger de Lange, Laura Vonhogen, Pauline Kruiver, Freek van Leijen, Raluca Ianoshi, Report on pilot service Rhine-Meuse Delta, Subcoast report D3.2.3, May 2013

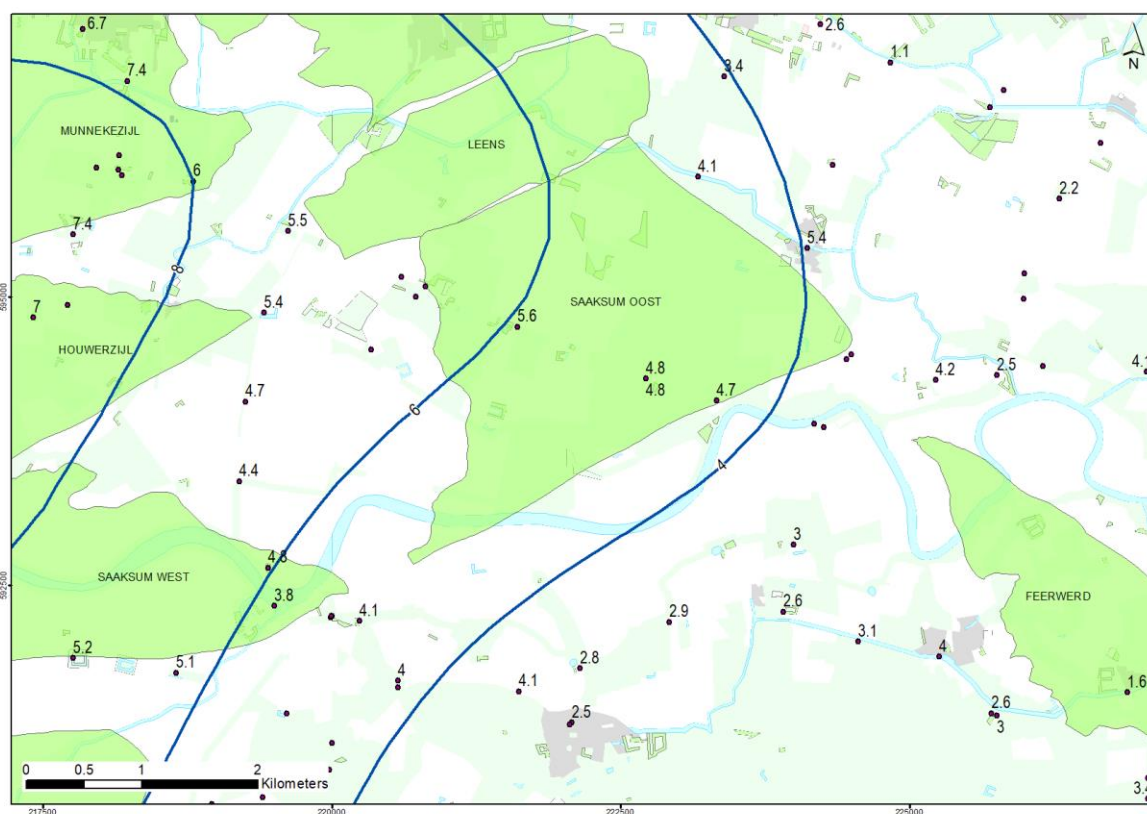
Mijnbouw⁴ wordt gevolgd. De frequentie van de metingen, en de dichtheid en uitgebreidheid van het meetnet, worden gekozen in overleg met SodM en de Technische Commissie Bodembeweging (Tcbb). Het meetplan vereist de jaarlijkse goedkeuring van de minister van Economische Zaken en Klimaat.

De bodemdaling wordt in dit gebied sinds de nulmeting in 1993 om de 5 jaar gemeten. De metingen worden vergeleken met de gemodelleerde bodemdaling en indien nodig wordt het model aangepast aan deze metingen. De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2018. De totale gemeten bodemdaling rond het Saaksum-Oost voorkomen vanaf 1993 is minder dan 6 cm, inclusief autonome bodemdaling. De gemeten daling in cm is getalsmatig weergegeven naast de punten ("peilmerken") in Figuur 7-3. De reden dat er bij een aantal punten geen waarde staat is dat het punt in één van de jaren (1993 of 2018) niet gemeten is. Bij het kalibreren van het bodemdalingsmodel worden vanzelfsprekend alle metingen gebruikt.

Berekenen:

De bodemdaling door gaswinning wordt berekend met behulp van informatie van het gasveld, zoals dikte, drukdaling, grootte en de compressibiliteit of samendrukbaarheid van het gesteente (zie inleiding). Een gedetailleerde beschrijving van het bodemdalingsmodel voor Saaksum-Oost en de berekening van de onzekerheid is terug te vinden in Bijlage A.

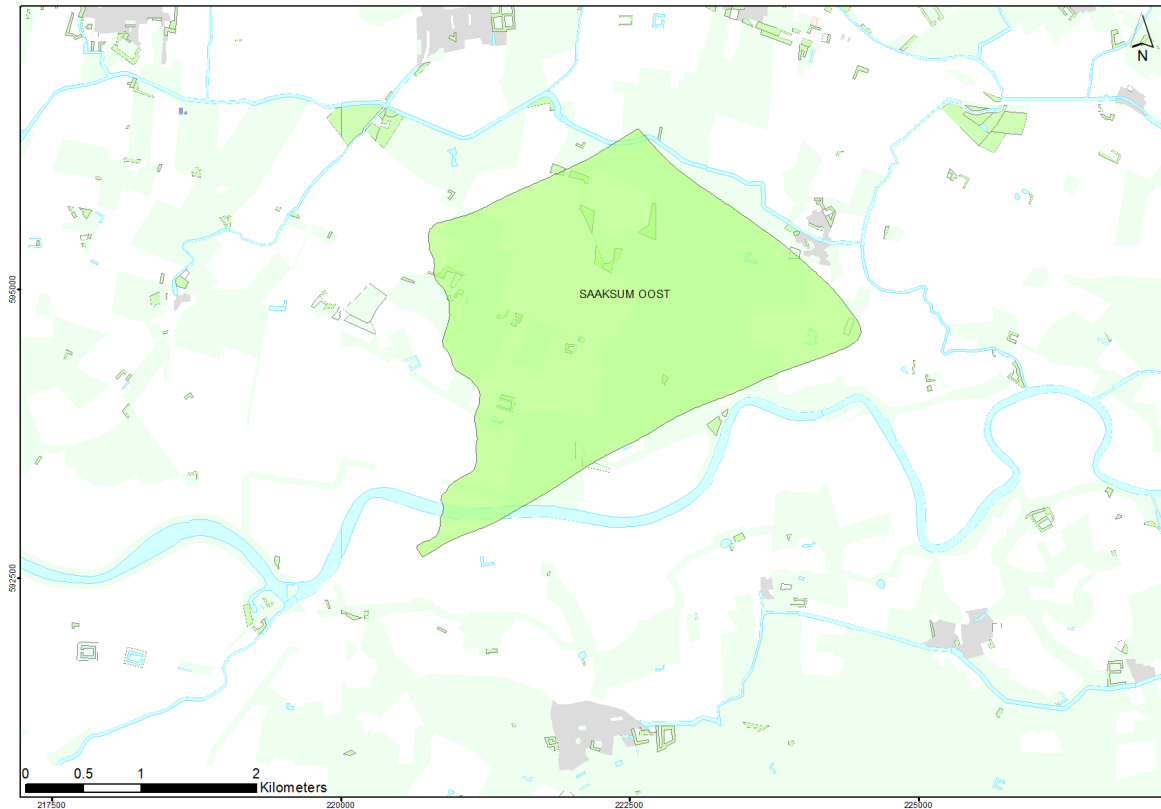
Het model wordt vervolgens gekalibreerd aan de metingen. Het model dat het best past bij deze metingen berekent een bodemdaling door gaswinning die maximaal rond de 6 cm is in 2018 (contouren in Figuur 7-3) overeenkomstig de metingen. Ongeveer de helft van de bodemdaling boven Saaksum-Oost wordt veroorzaakt door de naburige gasvelden.



Figuur 7-3: In 2018 gemeten bodemdaling sinds de nulmeting in 1993 weergegeven op de peilmerken (punten op de kaart). De contouren geven de gemodelleerde bodemdaling in cm.

7.3 Bodemdalingsvooruitzichten

Met de beschikbare gegevens over de ondergrond en de productievoorspellingen is een prognose voor de toekomstige bodemdaling ten gevolge van alleen de gaswinning uit Saaksum-Oost opgesteld. Deze prognose wordt weergegeven in Figuur 7-4. Er wordt nog zeer beperkte (< 2 cm) bodemdaling door gaswinning verwacht tot na beëindiging van productie in 2031. Omdat de nog te verwachten bodemdaling minder dan 2 cm is worden er geen contourlijnen getoond in dit figuur.



Figuur 7-4: De nog te verwachten bodemdaling (2019–2050) veroorzaakt door de toekomstige gasproductie uit het Saaksum-Oost voorkomen. Omdat de bodemdaling minder dan 2 cm is worden er geen contourlijnen getoond.

Figuur 7-5 toont de totale verwachte bodemdaling door gaswinning na afloop van de productie uit Saaksum-Oost in combinatie met de bodemdaling die veroorzaakt is door de winning uit naburige gasvelden. Figuur 7-6 toont de totale verwachte bodemdaling door gaswinning in dit gebied voor het jaar 2050. De totale bodemdaling blijft volgens verwachting onder de 10 cm boven het Saaksum-Oost voorkomen.



Figuur 7-5: Prognose voor 2035 van de totale bodemdaling door gaswinning voor het Saaksum-Oost voorkomen in combinatie met naburige voorkomens. De contourlijnen geven de voorspelde bodemdaling in cm aan.



Figuur 7-6: Prognose voor 2050 van de totale bodemdaling door gaswinning voor het Saaksum-Oost voorkomen in combinatie met naburige voorkomens 19 jaar na beëindiging van de winning in Saaksum-Oost. De contourlijnen geven de voorspelde bodemdaling in cm aan.

7.4 Onzekerheid in verwachte bodemdaling

De nog te verwachten bodemdaling door productie uit het Saaksum-Oost gasveld is minder dan 2 cm. Om de onzekerheid in de toekomstige bodemdaling te berekenen is de onzekerheid in drukdaling gecombineerd met de onzekerheid in de waarde voor geomechanische parameters in het compactiemodel. Deze analyse wordt verder beschreven in Bijlage A. Inclusief deze onzekerheid is de maximale nog te verwachten bodemdaling veroorzaakt door de gaswinning uit Saaksum-Oost minder dan 2 cm.

7.5 Monitoring van toekomstige bodemdaling

De bodemdaling zal worden gemeten volgens het meetplan voor alle Noord-Nederland voorkomens⁵. Resultaten van de metingen worden middels een meetregister aan SodM verstrekt. Als de bodemdaling door gaswinning duidelijk groter blijkt (of groter lijkt te worden) dan voorspeld, zal NAM een nieuw winningsplan indienen.

7.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Deze schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld. Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig proces is en omdat de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is, wordt geen directe schade aan gebouwen/bouwwerken, infrastructuur 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 Loppersum⁶ beschrijven bevestigen dit beeld.

Een verwachte totale bodemdaling van maximaal 10 cm boven het Saaksum-Oost voorkomen kan een effect hebben op de waterhuishouding van dit gebied. De waterhuishouding in het gebied 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 ten opzichte van het maaiveld de geldende norm dreigt te overschrijden, kan dit worden tegengaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is daarbij verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. In het geval dat dit beheer, als gevolg van de door de gaswinning veroorzaakte bodemdaling, toch te maken meerkosten met zich meebrengt die voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. Noorderzijlvest is het waterschap dat het peil beheert boven het Saaksum-Oost veld. Dit waterschap heeft regelmatig contact met de Commissie Bodemdaling (Groningen)⁷. De Commissie Bodemdaling is in 1984 ingesteld op grond van de bodemdalingsovereenkomsten tussen de NAM en de provincie Groningen en de NAM en het Rijk. De taak van de Commissie Bodemdaling is om vast te stellen welke maatregelen moeten worden getroffen om schade als gevolg van bodemdaling door gaswinning te voorkomen of te compenseren en na te gaan wat daarvan de kosten zijn.

⁵ https://www.nlog.nl/sites/default/files/2019-06/2019_bijlage5_formulier_actualisering_meetplan_noord_nederland_2019.pdf

⁶ http://www.commissiebodemdeling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum_def_par_20110421.pdf

⁷ <https://www.commissiebodemdeling.nl/>

7.7 *Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken*

De nog te verwachten bodemdaling door de toekomstige gaswinning uit het Saaksum-Oost is minder dan 2 cm over een periode van 12 jaar. Dit is een zeer geringe bodemdaling. De toekomstige bodemdaling zal volgens het meetplan Noord-Nederland worden vergeleken met de tot dan toe gemeten bodemdaling. Indien er aanwijzingen zijn dat de bodemdaling een negatief effect heeft op de waterhuishouding zullen er maatregelen worden voorgelegd door het waterschap aan de Commissie Bodemdaling.

8 Bodemtrilling

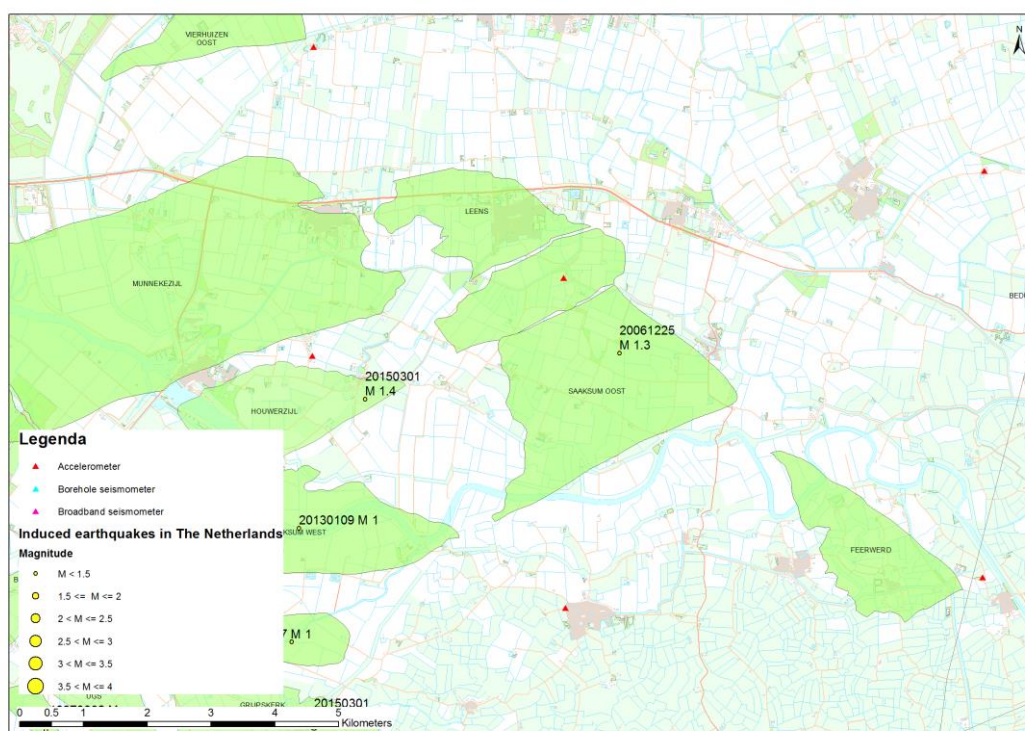
De seismische risicoanalyse laat zien dat het Saaksum-Oost voorkomen in **categorie I** (laagste risicocategorie) valt. Hieronder wordt uiteengezet hoe deze categorisering tot stand is gekomen en wat dit betekent in termen van reëel seismisch risico.

8.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand

Als gevolg van de drukdaling in het gasveld treden in het reservoirgesteente spanningsveranderingen op. Spanningsverandering op een ondergrondse breuk kunnen leiden tot geïnduceerde bewegingen van het gesteente langs deze breuk. Wanneer deze beweging schoksgewijs plaatsvindt kan dit gevoeld worden als een aardbeving. De kans op een aardbeving in een gasveld hangt onder meer af van de hoeveelheid breuken, de drukdaling en de grootte en dikte van het reservoir.

8.2 Historische bevingen in het Saaksum-Oost veld

In het gebied boven het Saaksum-Oost voorkomen is één beving geobserveerd. Deze, niet voelbare, beving had een magnitude 1,3 en heeft plaatsgevonden nabij Leens op 2 december 2006. Het epicentrum van deze beving is getoond in Figuur 8-1.



Figuur 8-1: Kaart van de historische bevingen boven het Saaksum-Oost veld. De getallen naast de markers geven magnitude en datum (in het format jjjjmmdd).

8.3 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

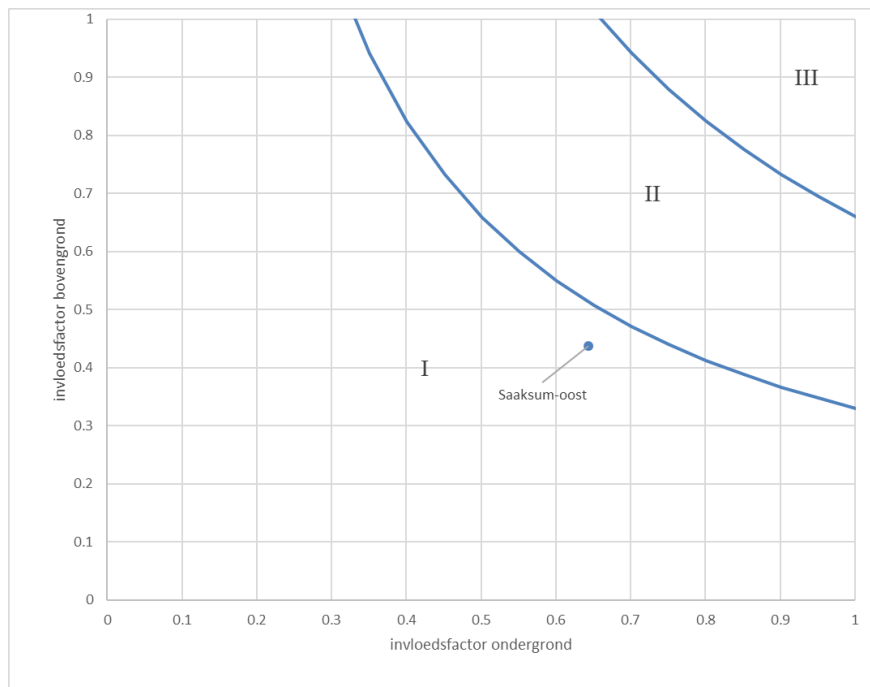
In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd⁸. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving ($M \geq 1$) door gaswinning;
- De theoretische “maximale bevingsmagnitude” (M_{max}) als er een beving zou plaatsvinden.

⁸ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario. Meer details over de berekening van deze parameters staan in bijlage B.

Figuur 8-2 toont de positie van Saaksum-Oost in de risicomatrix. Saaksum-Oost valt volgens de risicomatrix in risicocategorie I.



Figuur 8-2: Seismisch risico gepresenteerd in de seismische risicomatrix.

8.4 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning uit het Saaksum-Oost gasveld

Al in 1998 heeft KNMI beschreven wat de te verwachten intensiteit is bij het optreden van een geïnduceerde aardbeving volgens de Europese Macroseismische Schaal. Deze analyse toonde (kwalitatief) aan dat in het ernstigste geval in de nabijheid van het voorkomen lichte, niet constructieve schade kan optreden aan meerdere gebouwen en matige schade (bedoeld wordt scheuren in muren tot constructieve schade in het uiterste geval) aan enkele⁹ gebouwen. Dit laatste wordt bevestigd door de resultaten van de seismische hazard studie van TNO-NITG¹⁰. 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 een kalibratiestudie van TNO¹¹.

Hoofdstuk 9 beschrijft de mogelijke effecten van bodemtrillingen op de natuur of het milieu.

⁹ Met "enkele" wordt hier bedoeld dat deze schade niet uit te sluiten valt, maar ook niet verwacht kan worden bij veel gebouwen.

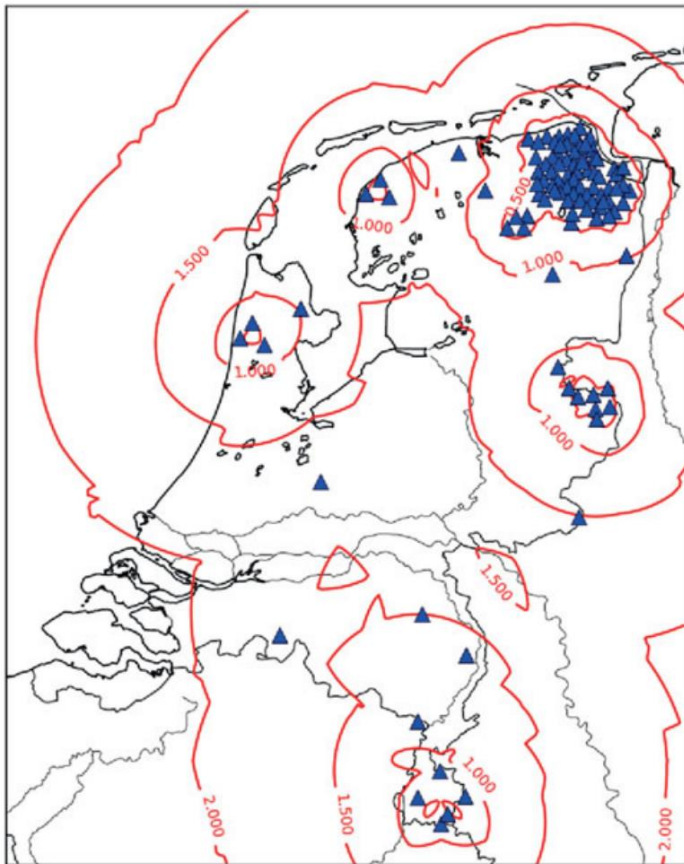
¹⁰ Wassing en Dost, 2012, TNO 2012 R11139

¹¹ <https://www.nlog.nl/sites/default/files/tno-034dtm-2009-04435.zip>

8.5 Monitoring van bodemtrillingen en risicobeheersplan

8.5.1 Seismische monitoringstations

Seismische monitoringstations (geofoons) zijn geïnstalleerd boven en in de nabijheid van gasvelden en staan met een online-verbinding in contact met het KNMI. Een geofoon wordt op verschillende dieptes *onder het aardoppervlak* aangebracht. Geregistreerde aardbevingen worden automatisch vermeld op de website van KNMI. Na interpretatie van de gegevens door de specialisten van het KNMI kan een kleine aanpassing van de sterkte en/of locatie plaatsvinden. De locatiedrempel is een maat voor de gevoeligheid van het netwerk. Deze drempel geeft de laagste aardbevingsmagnitude waarbij de locatie van de beving nog bepaald kan worden, de beving is dan door ten minste 3 monitoringstations waargenomen. Voor het merendeel van de onshore gasvelden ligt de locatiedrempel tussen magnitude 1,0 en 1,5. Rondom Saaksum-Oost ligt de drempelwaarde tussen de 0,5 en 1,0 (Figuur 8-3).



Figuur 8-3: Overzicht van de locatiedrempel in Nederland in 2017¹². De driehoeken geven de locaties aan van de geofoons.

¹² Dost, B., Ruigrok, E., and Spetzler, J. (2017). Development of seismicity and probabilistic hazard assessment for the Groningen gas field. *Netherlands Journal of Geosciences*, 96(5), S235-S245. doi:10.1017/njg.2017.20

8.5.2 Versnellingsmeters

Het geofoon-netwerk, zoals beschreven in de vorige paragraaf, is geschikt om de plaats (epicentrum) en de mate van trillen (magnitude) in de diepe ondergrond van alle voelbare aardbevingen te bepalen. Voor de kans op schade aan gebouwen is de mate van trillen aan het grondoppervlak bepalend. De trillingen aan het grondoppervlak hebben weliswaar een sterke relatie met de magnitude, maar mogelijk heeft de ondiepe ondergrond een effect op de vertaling van de trilling naar het maaiveld. Omdat geofoons in de diepe ondergrond zijn geplaatst, is het geofoon-netwerk niet geschikt om de mate van trillen van het grondoppervlak te meten. Hiervoor zijn versnellingsmeters nodig.

Voor Saaksum-Oost is gekeken of er voldoende versnellingsmeters zijn geïnstalleerd om de trillingen aan het maaiveld goed in kaart te brengen. Voor de bepaling van het benodigde aantal versnellingsmeters gebruikt de NAM een methode die geaccepteerd is door het KNMI.

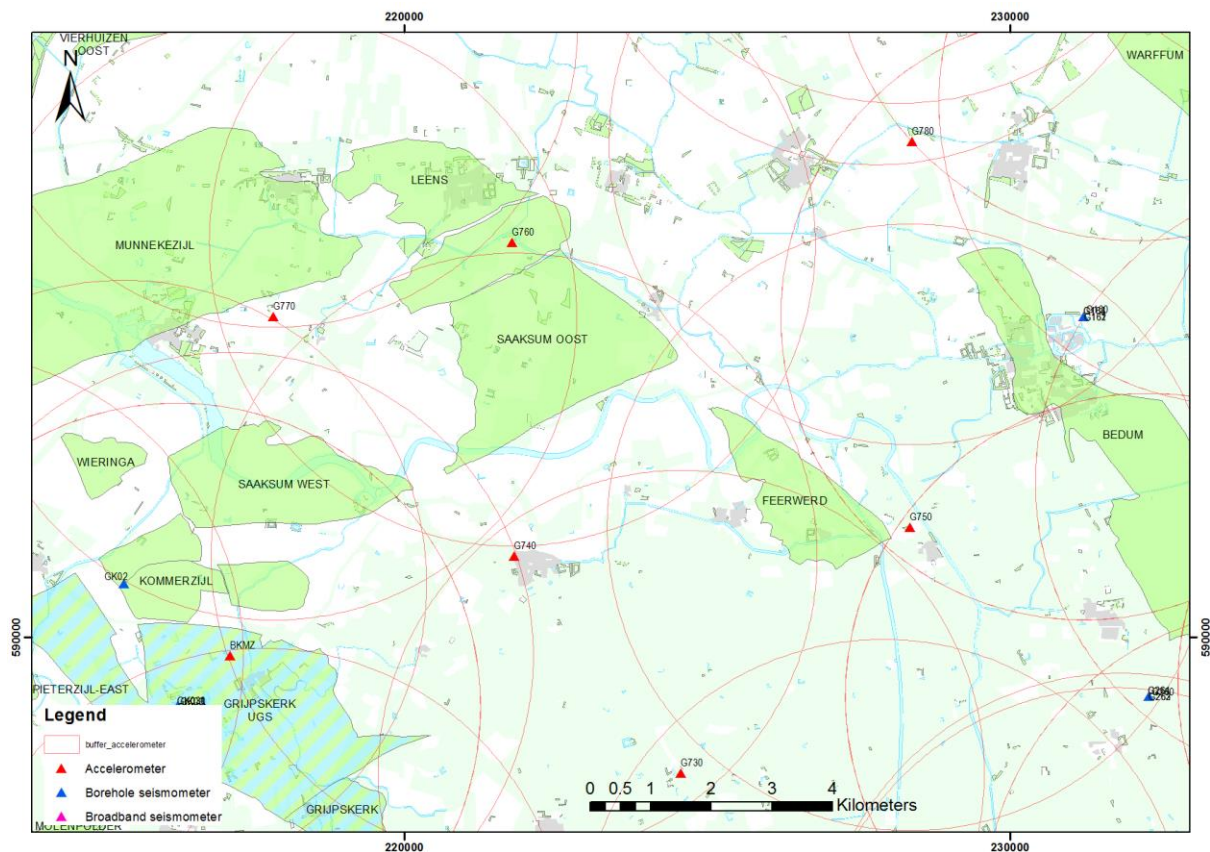
Bij een aardbeving bepaalt het KNMI het epicentrum op basis van geofoonmetingen. Vervolgens wordt er een “schadebeoordelingsgebied” vastgesteld: buiten dit gebied kan redelijkerwijs geen schade verwacht worden. Een versnellingsmeter binnen het beoordelingsgebied geeft duidelijkheid over de mate van trillen van het grondoppervlak in het gebied en kan eventueel de grootte van het beoordelingsgebied beïnvloeden. De meting vergemakkelijkt tevens de beoordeling of gemelde schade veroorzaakt kan zijn door de beving.

Voor de bepaling van het benodigde aantal versnellingsmeters is de volgende methode gebruikt. De dekking wordt zodanig gekozen dat bij een beving die schade kan veroorzaken (rond magnitude 2,5), er minimaal één versnellingsmeter zal zijn binnen het “schadebeoordelingsgebied”. Volgens het theoretisch model van Bommer, gebaseerd op Groningen bevingen, eindigt het beoordelingsgebied rond een afstand van 5 km van de beving.

De extra versnellingsmeters worden daarom zo geplaatst dat er altijd minimaal één versnellingsmeter binnen een afstand van 5 km van het epicentrum van een beving aanwezig is. Om meer duidelijkheid te krijgen over grondversnellingen bij bewoning, wordt tevens gezorgd dat in de dichtbevolkte gebieden boven of rondom het gasveld tenminste één versnellingsmeter aanwezig is.

Toepassing van de bovengenoemde methode op het gasveld Saaksum-Oost levert de volgende resultaten op, geïllustreerd in Figuur 8-4. De rode driehoeken in dit figuur laten de posities van de versnellingsmeters zien. De blauwe driehoeken geven de posities van de seismische stations. Voor alle stations op deze kaart geldt dat ze ook zijn uitgerust met een versnellingsmeter aan het maaiveld.

Het figuur laat duidelijk zien dat het veld Saaksum-Oost door meerdere stations bedekt wordt. Voor Saaksum-Oost zijn de reeds beschikbare versnellingsmeters dan ook toereikend.



Figuur 8-4: Regiokaart met het gasveld Saaksum-Oost en omliggende velden (groen). De rode driehoeken geven de locaties van de versnellingsmeters aan. De blauwe driehoeken tonen de locaties van de seismische stations (gefoon + versnellingsmeter) in de omgeving van Saaksum-Oost.

8.5.3 Seismisch risicobeheersplan

Het seismisch risicobeheersplan voor kleine velden is te vinden op de NAM-website¹³. Hierin wordt uitgelegd welke acties er worden genomen indien bevingen worden geobserveerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van een “verkeerslichtsysteem”. De meest concrete actie die genoemd wordt is dat het veld wordt ingesloten op het moment er een beving plaatsvindt met een magnitude die groter is dan $M=3$.

¹³ <https://nam-onderzoeksrapporten.data-app.nl/reports/download/kleine-velden/nl/220febb2-2ff0-413d-9e1a-63bc9f0e3f13>

8.6 Afhandeling van schade

De Minister van Economische Zaken en Klimaat werkt aan een “Landelijke Aanpak Afhandeling Mijnbouwschade”, zoals beschreven in de Kamerbrief van 8 juli 2019. De inzet van de landelijke aanpak voor mijnbouwschade is dat deze afhandeling laagdrempelig, transparant, onafhankelijk en snel is, en dat de burger daarin centraal staat. De brief beschrijft een verwachting dat het schadeprotocol definitief zal zijn voor einde van het jaar, gelijktijdig met de vaststelling van het beleidskader voor de landelijke aanpak voor de afhandeling van mijnbouwschade.

Totdat de Landelijke Aanpak ingesteld is, zal NAM de afhandeling van schademeldingen zelf uitvoeren. Hierbij gebruikt NAM zoveel mogelijk het advies¹⁴ van Tcbb aan de Minister van Economische Zaken en Klimaat, dat de basis vormt van de Landelijke Aanpak. Als een schademelder het oneens is met de beoordeling van NAM, kan hij zich melden bij de Tcbb voor advies. NAM neemt in principe het advies van Tcbb over.

¹⁴ Het advies van Tcbb rond “Landelijke Aanpak Afhandeling Mijnbouwschade en Schadeprotocol Gaswinning uit Kleine Velden op Land” is te vinden op de Tcbb website www.tcbb.nl

9 Overige omgevingsaspecten

9.1 Algemeen

De vorige hoofdstukken beschreven de mogelijke gevolgen van gaswinning uit Saaksum-Oost op bodembeweging. Een overzicht van de andere mogelijke gevolgen en in welke vergunningprocedure(s) deze worden behandeld, staat in de volgende tabel:

Gevolgen m.b.t.	Besluit
Bodem-/grondwaterverontreiniging	Omgevingsvergunning milieu
Luchtverontreiniging (emissies)	Omgevingsvergunning milieu
Oppervlaktewaterverontreiniging	Omgevingsvergunning milieu evt. watervergunning
Externe veiligheid	Omgevingsvergunning milieu
Natuur	Wet natuurbescherming

Met betrekking tot bovenstaande tabel zal in paragraaf 9.2 worden aangegeven wat door de NAM wordt gedaan om genoemde gevolgen te voorkomen, dan wel de effecten hiervan te beperken.

De Minister van Economische Zaken bevordert op grond van artikel 34 lid 7 Mijnbouwwet een doelmatige en samenhangende besluitvorming ten aanzien van het besluit omtrent instemming met het winningsplan en een aantal overige besluiten, waaronder de besluiten zoals genoemd in bovenstaande tabel.

De volgende vergunningen zijn verleend ten behoeve van de uitvoering van het vigerende winningsplan en dit aangepaste winningsplan Saaksum-Oost.

Locatie	Saaksum-1
Vergunning	Wabo 'milieu deel'
Verleend	13 augustus 2013
Bodem/grondwater	✓
Emissies	✓
Oppervlaktewater	✓
Externe Veiligheid	✓

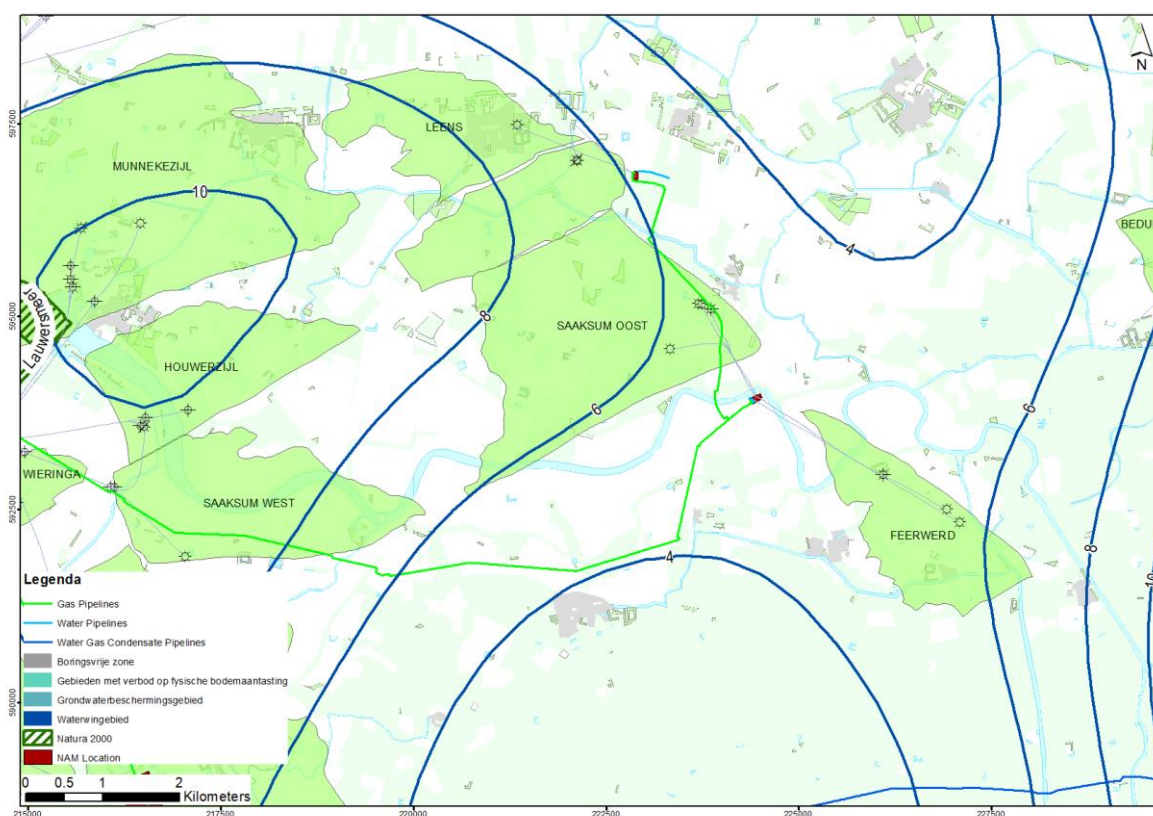
9.2 Effecten op natuur en milieu

Omdat gasproductie leidt tot bodemdaling, kan het een effect hebben op beschermde natuurwaarden. Bescherming van natuurgebieden is geregeld in de Wet natuurbescherming (Natura 2000) en provinciale verordeningen (Natuurnetwerk Nederland, NNN). Indien significante nadelige effecten door mijnbouwactiviteiten op beschermde natuurgebieden niet op voorhand kunnen worden uitgesloten, dienen deze “passend beoordeeld” te worden en dient vaak een vergunning in het kader van de Wet natuurbescherming te worden aangevraagd.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de beschermde natuurgebieden in de omgeving van het Saaksum-Oost voorkomen (Figuur 9-1). Toegelicht wordt of bodemdaling als gevolg van de gaswinning Saaksum-Oost of in cumulatie met bodemdaling door gaswinning in de wijdere omgeving kan doorwerken op deze beschermde gebieden.

9.2.1 Gebiedsbeschrijving

Figuur 9-1 toont het gebied rondom het gasvoorkomen Saaksum-Oost. Het gasvoorkomen Saaksum-Oost ligt in de gemeentes Het Hogeland en Westerkwartier (provincie Groningen). Dit gebied is ingericht voor de functies landbouw, natuur en bebouwing. Rondom het gasvoorkomen liggen diverse dorpen en landbouwpercelen. In de directe omgeving van het gasvoorkomen Saaksum-Oost liggen geen Natura-2000 gebieden. Enkele kilometers ten westen van Saaksum-Oost begint het vogelrichtlijngebied De Lauwersmeer. De zeer beperkte bodemdaling die optreedt als gevolg van de gasproductie Saaksum-Oost reikt niet tot onder dit Natura 2000-gebied, zie Figuur 9-1.



Figuur 9-1: Overzicht van (afwezigheid van) Natura 2000-gebieden in relatie met productielocaties en bodemdalingscontouren aan het einde van productie. Er zijn geen Natura 2000-gebieden binnen de invloedssfeer van de bodemdalingscontouren van het gasvoorkomen Saaksum-Oost.

9.2.2 *Bodemtrilling*

Negatieve gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen worden niet verwacht en worden derhalve niet nader beschouwd.

9.2.3 *Effecten bodemdaling op natuur en milieu*

De bodemdalingsanalyse zoals beschreven in hoofdstuk 7 laat zien dat de nog te verwachten bodemdaling door toekomstige gasproductie uit het Saaksum-Oost veld zeer gering is. Ook liggen er geen Natura 2000-gebieden of anderzijds gevoelige habitats in de bodemdalingskom van het veld. Negatieve gevolgen voor natuur en milieu als gevolg van bodemdaling door de gaswinning Saaksum-Oost of in cumulatie met de bodemdaling door gasproductie uit nabijgelegen gasvelden kunnen dan ook op voorhand worden uitgesloten.

9.2.4 *Bodem-/ grondwaterverontreiniging*

NAM bouwt, onderhoudt en beheert installaties zo dat het risico op bodem-/grondwaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. Het Activiteitenbesluit en de omgevingsvergunning bevatten regels hieromtrent die door NAM worden nageleefd. Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) ziet bovendien toe op naleving. Indien toch door een incident bodem-/grondwaterverontreiniging ontstaat, zal NAM deze verontreiniging saneren in het kader van de Wet bodembescherming. Gedeputeerde Staten van de provincie zijn hiervoor bevoegd gezag. NAM en de toezichthouders hanteren een strikt controlebeleid waardoor de kans op bodemverontreiniging zeer gering is. Gevaar voor de volksgezondheid door het optreden van incidenten is niet te verwachten.

10 Verklarende woordenlijst

Aquifer	Ondergronds, watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZ	Ministerie van Economische Zaken
GIIP	Volume gas initieel aanwezig in het voorkomen (in Nm ³)
Statische GIIP	GIIP berekend aan de hand van het geologische model
Dynamische GIIP	GIIP berekend aan de hand van het dynamische model
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GWC	Gas-water contact diepte (in meter onder NAP)
Kern	Gesteentemonster uit de ondergrond verkregen bij het boren van een put
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
m RT	Diepte gemeten in m langs het boortraject, vanaf de boortafel (RT)
Mb	Mijnbouwbesluit
MER	Milieu-Effect-Rapportage
Mw	Mijnbouwwet
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
Nm ³	Gasvolume in kubieke meter bij 0 °C en 1.01325 bara
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SRA	Seismische Risico Analyse
Tcbb	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek

11 Bijlage A: Beschrijving compactiemodel en onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

11.1 Compactiemodel

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor het Saaksum-Oost voorkomen is gebruik gemaakt van het compactiemodel dat ook gebruikt is bij de voorspelling van de bodemdaling die gebruikt is in het Statusrapport 2015¹⁵.

Het compactiemodel dat in deze studies wordt gebruikt heet het *Time Decay Model*. Dit model is ontwikkeld naar aanleiding van observaties boven Ameland waar de bodemdaling in de beginfase van de productie een zekere vertraging heeft ten opzichte van de drukkaling in het veld, later lijkt het omgekeerde te gebeuren, de bodemdaling stopt niet direct bij beëindigen van de productie.

11.2 Parameterwaarden in het bodemdalingsmodel en onzekerheidsanalyse

De parameters voor het Time Decay model zijn de Compactie Coëfficiënt (C_m) en de tijdsconstante. De waarden voor deze parameters zijn terug te vinden in Tabel 11-1.

Onzekerheidsanalyse voor de bodemdalingsprognose

Om een inschatting te maken van de onzekerheid over de toekomstige bodemdaling voor Saaksum-Oost is de onzekerheid in de C_m (compressibiliteit) gecombineerd met de verschillende depletiewaarden (DP) die volgen uit de scenario's voor de productievoorspellingen. De C_m onzekerheid omvat meerdere componenten: onzekerheid over het compactiegedrag, onzekerheid over de depleterende dikte en onzekerheid over de compressibiliteit op basis van "core plug" metingen. De onzekerheid van deze componenten is voor veel kleine gasvelden lastig te kwantificeren 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 bodemdalingmetingen 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 C_m met de DP geeft een maat voor de compactie, waarbij de vermenigvuldiging van een hoge C_m met een hoge DP het maximale bodemdalingsscenario bepaald. Een combinatie van lage waarden geeft het minimum scenario.

De verwachte bodemdaling is berekend met de Geertsma en van Opstal methode¹⁶. Om de impact van de onzekerheid in de gekozen parameters te berekenen is gebruik gemaakt van Geertsma¹⁷.

Geertsma geeft een eenvoudige formule om de maximale bodemdaling te berekenen voor een cilindrisch compacterend reservoir:

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

¹⁵ Bodemdaling door aardgaswinning, Statusrapport 2015 en Prognose tot het jaar 2080, NAM EP 201511213444

¹⁶ 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.

¹⁷ Geertsma, J., A basic theory of subsidence due to reservoir compaction: The homogeneous case, Verh. K. Ned. Geol. Mijnbouwk. Genoot., 28, 43 – 62, 1973a.

De straal van dit model (effectieve reservoir straal in Tabel 11-1) 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 11-1.

Tabel 11-1: parameterwaarden die gebruikt worden voor de onzekerheidsanalyse.

Voorkomen	Diepte veld [m]	Gemiddelde dikte reservoir [m]	Initiële druk [bar]	Huidige druk [bar]	Eind druk mid case productie scenario [bar]	Eind druk low case productie scenario [bar]	Eind druk high case productie scenario [bar]	Cm [10^{-5} bar^{-1}]	Tijds-constante [jaar]	Effectieve reservoir straal [m]	Poisson's ratio [-]
Saaksum-oost	3440	112	412	181	158	162	135	0,54	3	2077	0,2

Op basis van de gebruikte Cm waarden plus onzekerheid en de mogelijke drukdaling wordt in Tabel 11-2 de onzekerheid voor de nog te verwachten bodemdaling gegeven voor de drie productiescenario's. Deze onzekerheid is kleiner dan 2 cm.

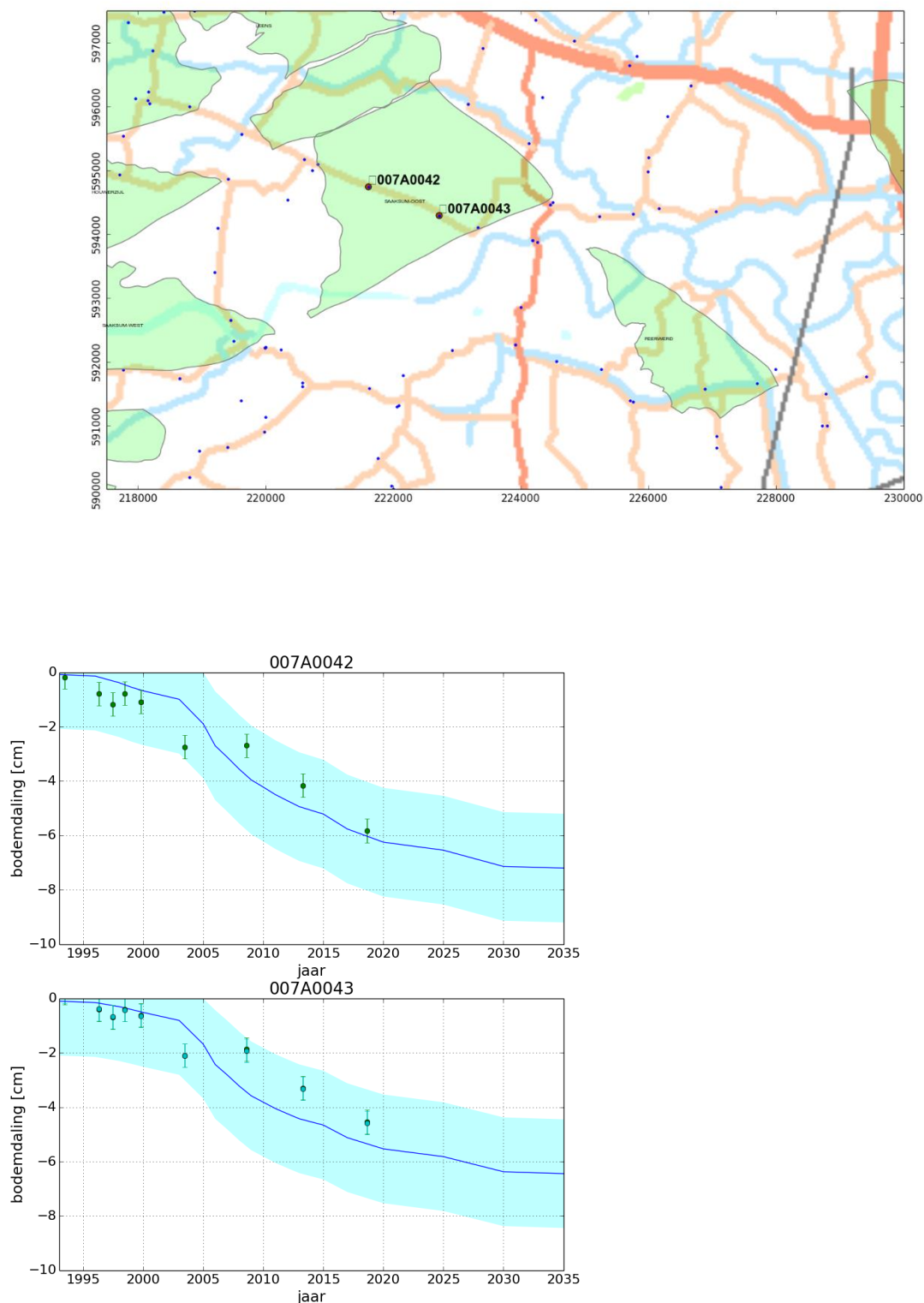
Tabel 11-2: Onzekerheid van de bodemdalingprognose in het diepste punt voor de verschillende productiescenario's.

Voorkomen	Te verwachten drukdaling [bar] ¹⁸			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)
	Midden productie scenario	Laag productie scenario	Hoog productie scenario					
Saaksum-Oost	23	19	46	0,54	25%	<2	<2	<2

Tabel 11-2 toont de onzekerheid van de bodemdaling veroorzaakt door de mogelijk toekomstige productie en compactie uit Saaksum-Oost. De bodemdaling boven Saaksum-Oost wordt mede bepaald door de productie en compactie van de naburige velden, Saaksum-West, Leens en Feerwaard. Om de totale bodemdaling inzichtelijk te maken zijn in Figuur 11-1 twee meetpunten geselecteerd die de totale bodemdaling in de tijd weergeven. De blauwe doorgetrokken lijnen in deze figuren geven de verwachte totale bodemdaling aan. De lichtblauwe band geeft de onzekerheidsmarge weer van dit model. De onzekerheid van ± 2 cm wordt bepaald door de combinatie van meet- en modelfout. Volgens de contouren in Figuur 7-6 is de maximale bodemdaling

¹⁸ T.o.v. de gemiddelde reservoir druk van het voorkomen in 2019

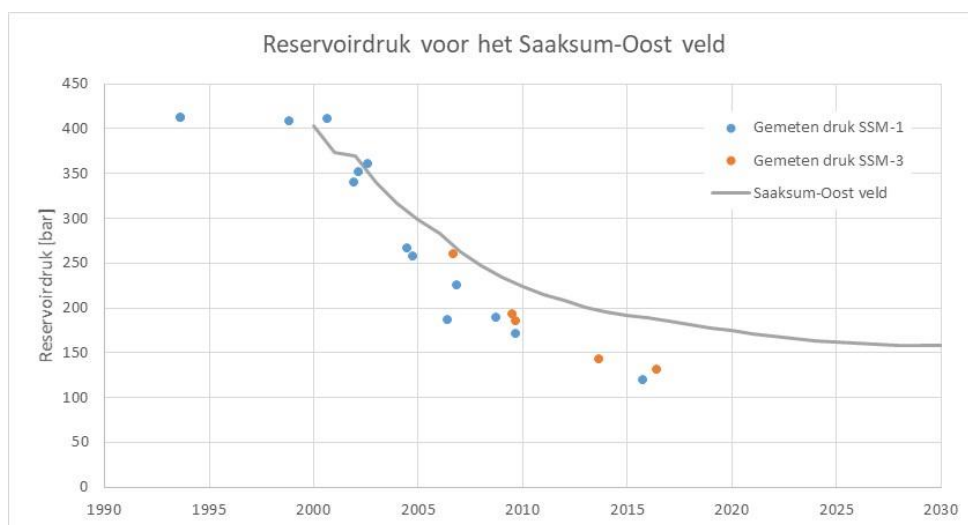
boven Saaksum-Oost 7 cm in 2050. Wanneer de onzekerheid hierbij wordt opgeteld komt dit getal uit op 9 cm.



Figuur 11-1: Vergelijking van gemeten (groene) en berekende bodemdaling voor een aantal peilmerken boven het Saaksum-Oost voorkomen. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als een standaarddeviatie) bedraagt 4 mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de bodemdaling volgens het best passende model op deze locatie. Het lichtblauwe vlak geeft de onzekerheid van de voorspelling weer. De maximale onzekerheid voor de voorspelling is +/- 2cm.

11.3 Reservoir drukken

Het Saaksum-Oost veld bestaat uit een Rotliegend reservoir gelegen in het oostelijk gedeelte van het Saaksum breukblok. Het veld wordt getoond in Bijlage-C. De productie gaat middels twee putten: SSM-1 en SSM-3. De gemodelleerde reservoirdrukken voor dit gasveld (en ook gebruikt in de bodemdalingsberekening) zijn getoond in Figuur 11-2 middels de grijze lijn. In hetzelfde figuur zijn ook de in de putten gemeten reservoirdrukken weergegeven. In dit figuur valt op dat de gemeten drukken in de putten iets lager zijn dan de gemodelleerde reservoirdrukken. De gemeten put druk is lager omdat de put niet goed met alle verschillende geologische lagen in het reservoir is verbonden. Hierdoor blijven de minder doorlatende lagen op hogere druk naarmate de afstand tot de put groter is.

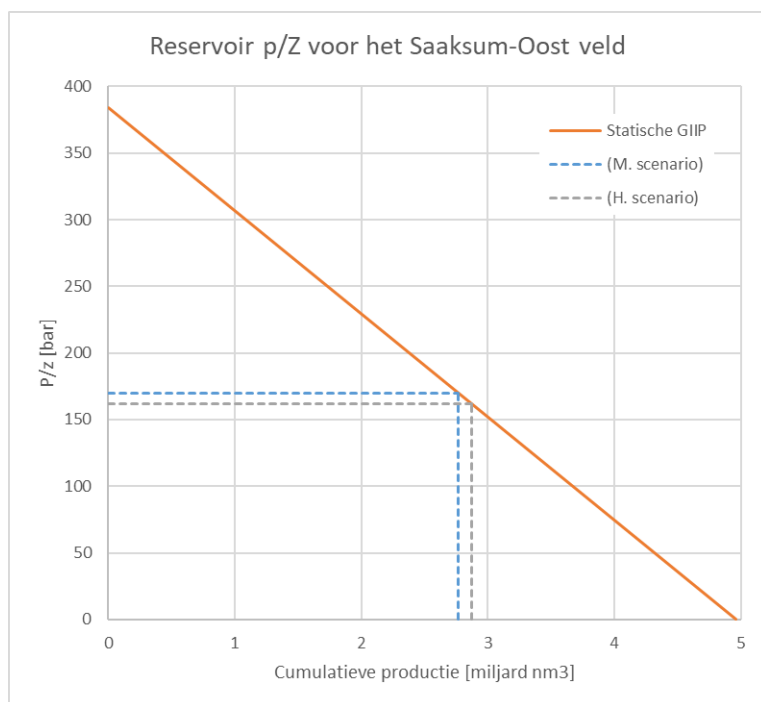


Figuur 11-2 : Gemeten drukken in de putten met velddruk

De drukken in Tabel 11-1 geven, ter illustratie, een vereenvoudigde weergave van de verschillende drukken voor het Saaksum-Oost veld. Deze gemiddelde drukken volgen uit de berekening volgens de zogenaamde p/Z-methode.

In deze methode gebruikt men een grafiek met op de Y-as een “genormaliseerde druk” en op de X-as het geproduceerde gasvolume. Men trekt dan een lijn tussen het punt van de initiële reservoir druk, waarbij nog geen gas geproduceerd is en het (denkbeeldige) punt waarbij de gasdruk tot nul is gedaald en al het gas (statische GIIP) uit het reservoir zou zijn geproduceerd, zie Figuur 11-3. Vervolgens leest men de p/Z-waarde behorende bij een uiteindelijk verwachte of maximale productie af zoals genoemd in Tabel 6-2 (de Z-waarde voor dit drukbereik is ongeveer 0,9). De afgelezen druk p is dan de representatieve einddruk van het gehele veld.

De gemiddelde einddruk volgens het “high case” productiescenario is gebruikt in de seismische risicoanalyse.



Figuur 11-3 : p/Z-grafiek zoals gebruikt voor het bepalen van de drukken voor het Saaksum-Oost veld.

11.3.1 Implicaties van het gebruik van de verschillende drukken voor de berekening van de bodemdaling en seismisch risico.

Bodemdaling

In het vigerende winningsplan uit 2012 zijn de drukken gerapporteerd die overeenkwamen met de toen gemeten putdrukken, terwijl in de tekst genoemd wordt dat het reservoirmodel ten grondslag ligt aan de bodemdalingberekeningen. Uiteindelijk is de gemiddelde druk voor het gehele reservoir de juiste maat voor de bepaling van de hoeveelheid compactie en bodemdaling. De combinatie van de putdrukken en de genoemde Cm waarde in Tabel C1 van het vigerende winningsplan geeft daarom een verkeerd beeld van het bodemdalingmodel dat toen gebruikt werd.

Figuur 11-1 laat het vergelijk zien tussen meting en model volgens de meest recente schattingen. Dit figuur laat zien dat het huidige model een lichte overschatting geeft van de gemeten bodemdaling en daarmee een conservatieve schatting is van de werkelijke bodemdaling.

Seismisch risico

Voor de inschatting van het seismisch risico is de druk belangrijk voor twee factoren:

1. De inschatting van de kans op een beving
2. De bepaling van de realistisch sterkste beving

Bij de inschatting van de kans op een beving wordt gekeken naar het overschrijden van een drukval van 28% van de oorspronkelijke druk. Voor Saaksum-Oost zou dit een drempelwaarde moeten zijn van 116 bar. In Saaksum-Oost is deze drempelwaarde reeds lang geleden overschreden en daarmee maakt het voor de inschatting van de kans op beven niet uit of er gerekend wordt met een gemiddelde p/Z-druk of putdruk. De kans op beven verandert niet met de keuze hoe de druk berekend is (voor dit veld geldt sowieso dat de kans volgens de SRA 100% is onafhankelijk van de drukval daar het al eerder gebeefd heeft).

De realistisch sterkste beving wordt berekend door middel van twee methodes. De bepaling van de realistisch sterkste beving volgens de breukgeometrie is alleen afhankelijk van de geometrie van de breuk en daarmee onafhankelijk van de drukdaling. De inschatting van de realistisch sterkste beving

volgens het compactievolume is wel afhankelijk van de drukdaling. Het compactievolume wordt berekend door de dikte van de gaskolom en de drukdaling. De hoogste en daarmee een conservatieve waarde wordt berekend wanneer het volume bepaald wordt voor het gehele veld in combinatie met een einddruk volgens het hoge productiescenario berekend met de p/Z-methode. Deze berekening is uitgevoerd voor Saaksum-Oost.

12 Bijlage B: Seismische Risico Analyse

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 door NAM uit ongeveer 80 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven vijf velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).

In 2016 heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd¹⁹. De SRA gaat uit van het stappenschema zoals getoond in Figuur 12-2. Bij het schema zijn twee parameters belangrijk:

- De kans op een beving ($M \geq 1$) door gaswinning;
- De theoretische “maximale bevingsmagnitude” ($M_{\max}$) als er een beving zou plaatsvinden.

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario.

Theoretisch kader seismische risicoanalyse volgens de leidraad

Stap 1:

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

- voorkomens die niet meer produceren
- én voorkomens die niet seismisch actief zijn geweest en waarvoor de kans verwaarloosbaar is dat ze in de toekomst seismisch actief kunnen worden of waarvoor $M_{\max}$ laag uitvalt ($M_{\max} < 2,5$).

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

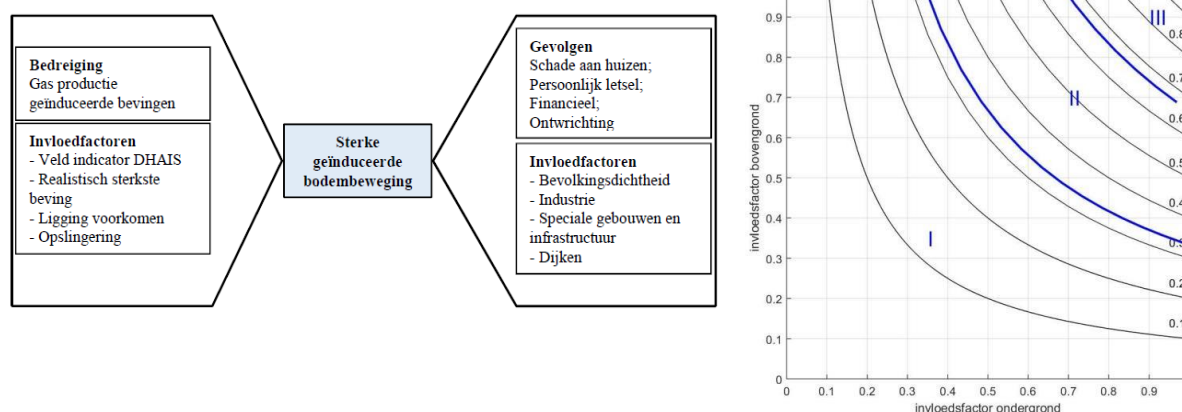
Stap 2:

In deze stap worden alle producerende voorkomens bekeken die

- seismisch actief zijn geweest
- óf een niet verwaarloosbare kans op seismiciteit hebben en waarvoor de waarde voor $M_{\max} \geq 2,5$ is.

In stap 2 wordt op basis van een risicomatrix het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 12-1 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke groundbeweging (de “invloedfactoren ondergrond”) en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de “invloedfactoren bovengrond”).

¹⁹ methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016



Figuur 12-1: Links: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedsfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016). Rechts: 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).

In de risicomatrix-analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst wordt per factor een score bepaald. De scores van de individuele factoren worden vervolgens opgeteld, zodat een totaalscore voor zowel de invloedsfactoren ondergrond als de invloedsfactoren bovengrond wordt verkregen. Deze scores worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond c.q. bovengrond en in de risicomatrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (Figuur 12-1, rechts).

De volgende invloedsfactoren voor de ondergrond staan beschreven in de leidraad van SodM:

- Veld indicator DHAIS. Deze methode beschrijft hoe de kans op het mogelijk optreden van een beving in een voorkomen kan worden berekend aan de hand van ondergrondse kenmerken. Deze kans moet gezien worden als een indicatie van de kans op een beving²⁰ gedurende de productietijd van het veld die bepaald is op basis van alle observaties van bevingen boven alle gasvelden in Nederland.
- Realistisch sterkste beving (Mmax). Voor een theoretische 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
 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 erop wijzen 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 door gaswinning waargenomen ten zuiden van de lijn Amsterdam-Arnhem.
- Opslingering; de ondiepe ondergrond kan een opslinging 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).

²⁰ De magnitude van een mogelijke beving ligt tussen de 1,5 en de magnitude voor de realistische sterkste beving, waarbij de kans logaritmisch afneemt met de magnitude.

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>)

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

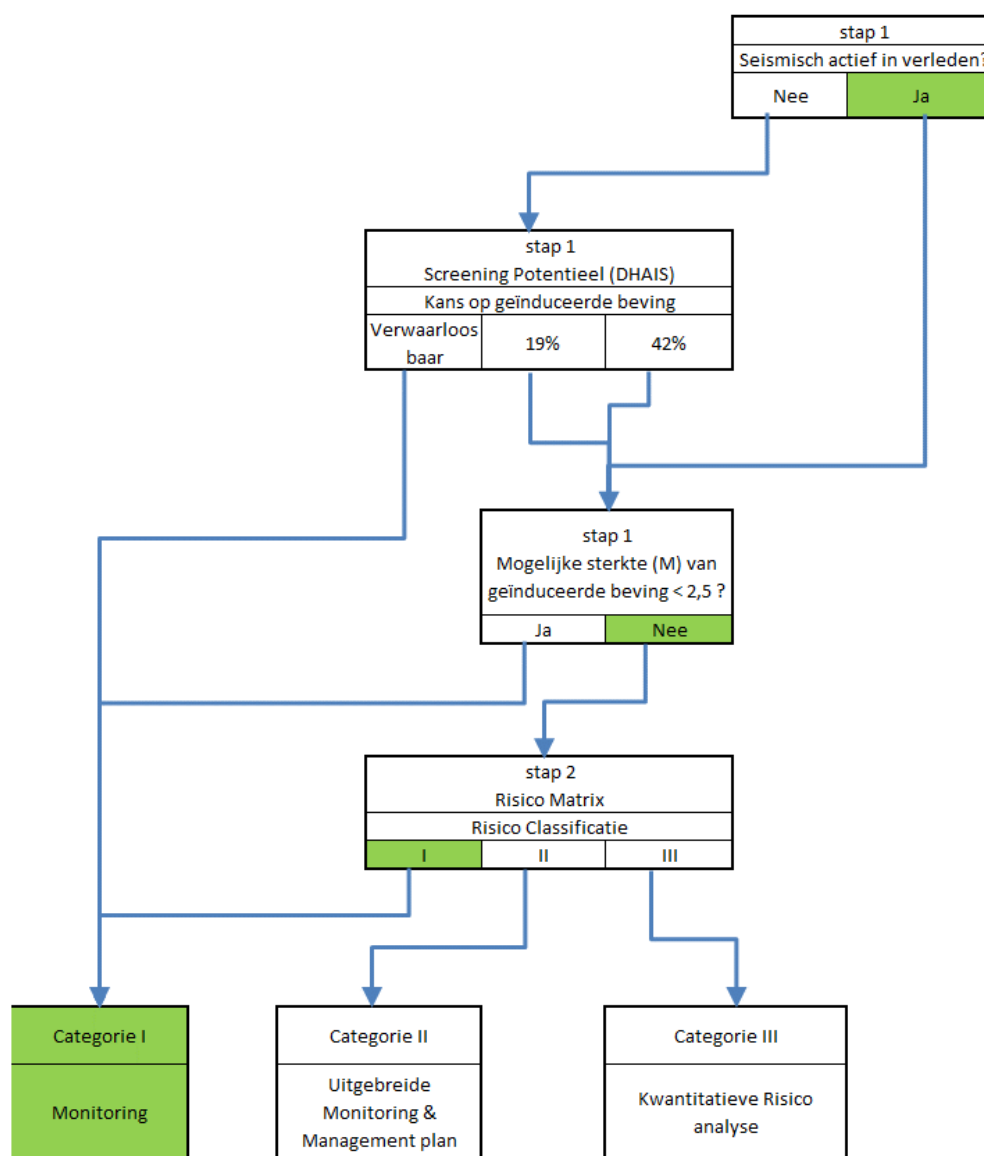
Stap 3:

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.

12.1 Seismische Risico Analyse voor het Saaksum-Oost voorkomen

In stap 1 van de risicoanalyse wordt gekeken of het veld al gebeefd heeft of wat de kans op een mogelijke beving is gedurende de levensduur van het veld. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van de maximale magnitude. In Figuur 12-2 staan voor Saaksum-Oost de uitkomsten in groen voor de verschillende stappen. Details van de berekening staan in bijlage B.

Boven het Saaksum-Oost voorkomen hebben al bevingen plaatsgevonden en wordt de maximale beving op $\geq 2,5$ ingeschat. Daarom wordt in "Stap 2" de positie van Saaksum-Oost in de risicomatrix bepaald.



Figuur 12-2: De verschillende stappen die doorlopen zijn voor Saaksum-Oost om de risicocategorie te bepalen.

Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor het Saaksum-Oost voorkomen.

In deze seismische risicoanalyse wordt uitgegaan van de maximale drukdaling volgens het hoog productiescenario.

De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)²¹ is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van 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 2010²². Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

- DP/P_{ini}: De ratio van drukval (DP) en initiële druk (P_{ini}) in het reservoir;
- E : de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente;

$$E = \frac{E_{burden}}{E_{reservoir}}$$

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

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

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);

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

Reeds bevende voorkomens	
DP/P _{ini} ≥ 28%	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P _b = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P _f = 0.19 ± 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 12-1.

Tabel 12-1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS-kansen.

Voorkomen	Reservoir dikte / gaskolom (m) ²³	Initiële druk (bar)	Totale drukdaling volgens het hoog productie-scenario (bar)	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km ²)	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E ²⁴	DHAIS B	DHAIS kans
Saaksum-Oost	100	412	277	8,8	7,2	1,3	< 5 per jaar	1,28	1,14	bevend veld

²¹ TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit

²² TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

²³ Voor de DHAIS berekening wordt zowel de hoogte van de gaskolom als de totale reservoirdikte beschouwd. Het minimum van deze twee wordt gekozen voor de berekening van de "B" waarde zoals voorgeschreven door de DHAIS methodiek.

²⁴ Young's moduli ratio volgens TNO rapport: Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde Seismiciteit, NITG 04-171-C. Voor nieuwe velden wordt de ratio van een analoog veld met dezelfde reservoir seal combinatie gebruikt.

Realistisch sterkste beving

Naast de kans op beven, wordt ook een theoretische waarde voor de “realistisch sterkste beving” (Mmax) bepaald. 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. Voor de berekeningen van de Mmax is uitgegaan van de standaardwaarden voor de “stress drop” en “partitie coëfficiënt” 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 12-2.

Tabel 12-2 : Invoergegevens voor de bepaling van de Mmax, en de Mmax waarden volgens de twee methoden.

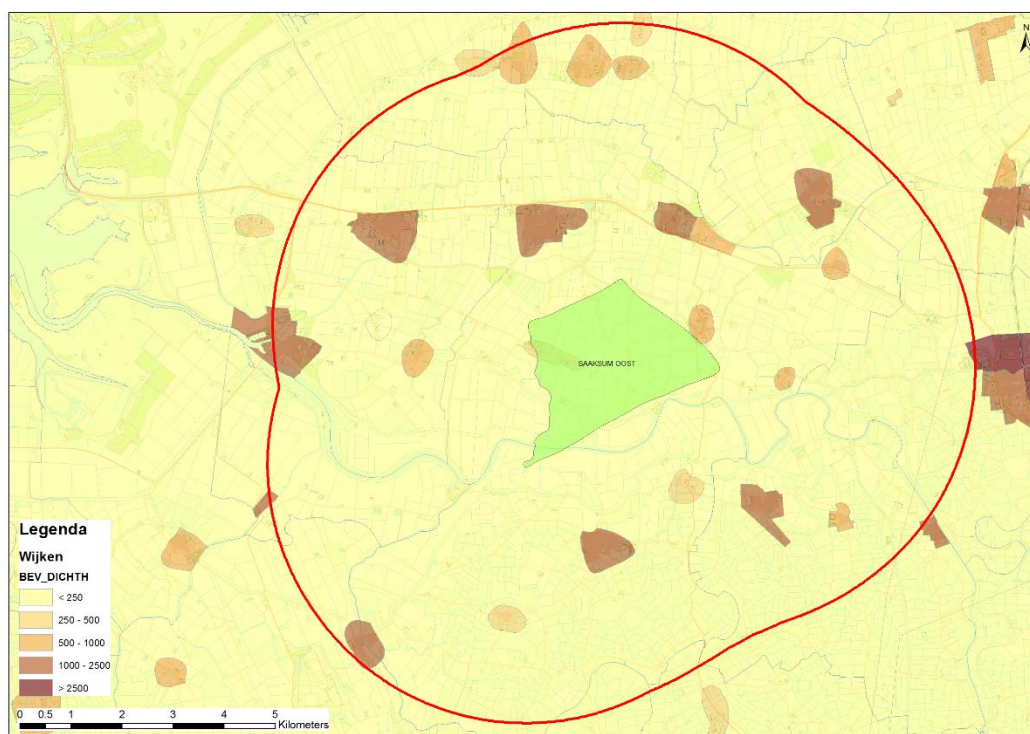
Voorkomen	Langste breuklengte (km) ²⁵	Poisson's ratio ²⁶	Breukhoogte (m)	Mmax energiebalans	Mmax breukslip
Saaksum-Oost	4,2	0,2	100	3,3	3,5

Stap 2: Risico matrix

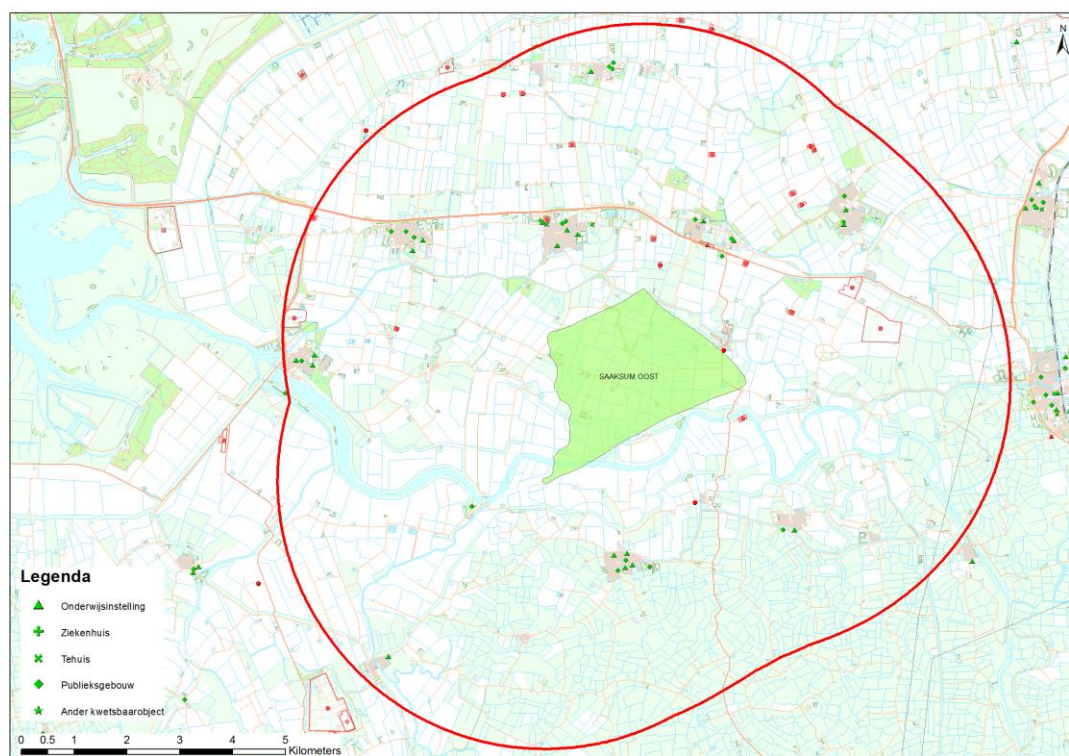
Voor het Saaksum-Oost voorkomen is het nodig gebleken om de risicomatrix te gebruiken (“Stap 2” van de SRA). Voor elke factor die bepaald is voor de onder- en bovengrond wordt een score gegeven waarbij de som van de scores een positie geeft in de risicomatrix. In dit deel van de bijlage worden de figuren en tabellen getoond die gebruikt zijn om tot een risicobeoordeling te komen. Figuur 12-1, Figuur 12-2 en Figuur 12-3 tonen de situaties voor respectievelijk “Bevolkingsdichtheid”, “Industriële inrichtingen”, “Speciale gebouwen en vitale infrastructuur” en “Dijken”. Figuur 12-4 toont de kaart van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond kaart om de mate van opslinging te bepalen. Tabel 12-3 A en B tonen de evaluatie en scores voor de invloedfactoren. De risicomatrix is afgebeeld in Figuur 8-2.

²⁵ Langste breuklengte is aangegeven op de kaart in bijlage C met blauwe pijl

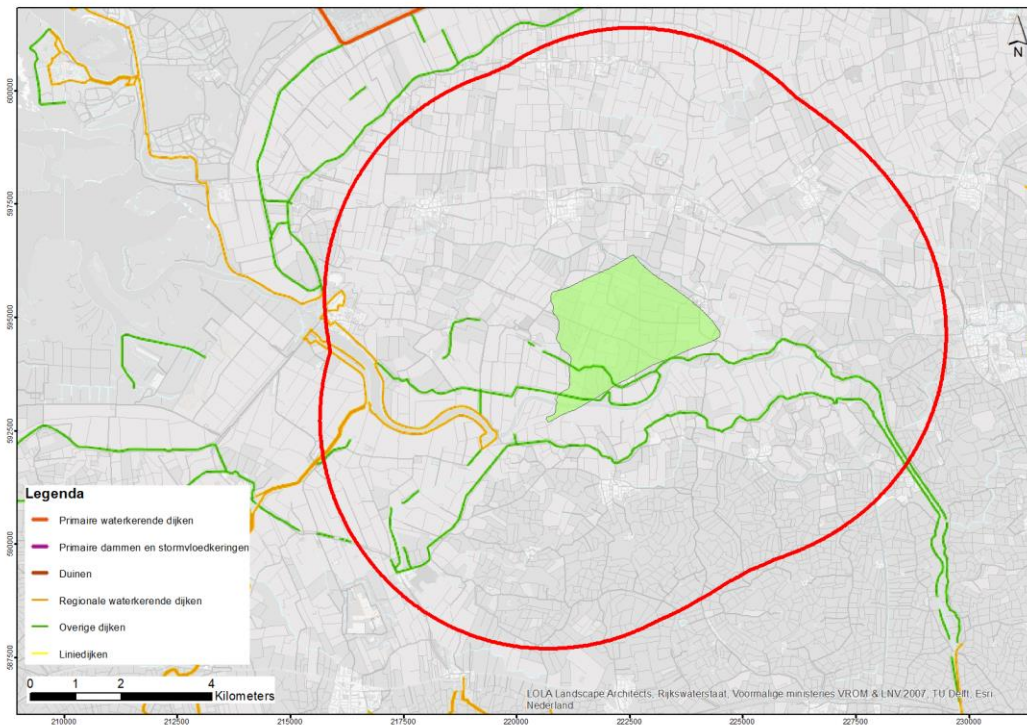
²⁶ Poisson's ratio gebaseerd op gemiddelde waarde voor gecementeerde zandsteen op basis van kernplug metingen



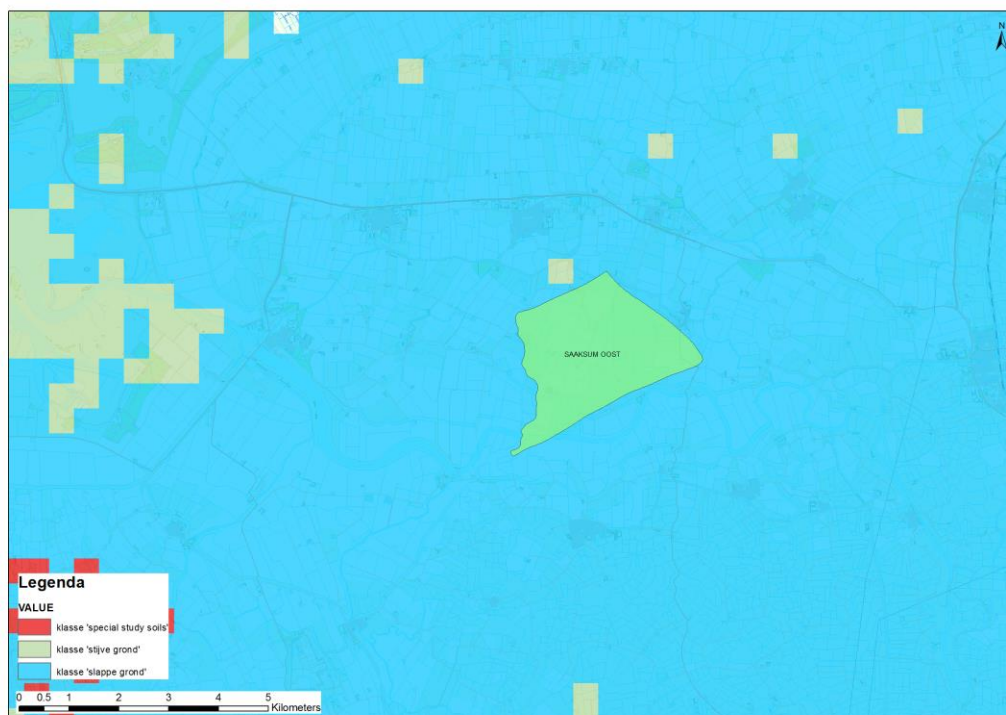
Figuur 12-1: Overzicht van de bevolkingsdichtheid boven het Saaksum-Oost veld. De rode omtrek geeft de 5 km straal rond het Saaksum-Oost veld die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-2: Overzicht van de industriële inrichtingen (rode punt), ziekenhuizen (groene plus) onderwijsinstellingen (groene driehoek), tehuizen (groene x) en publieksgebouwen (groene ruit) boven het Saaksum-Oost veld. De rode omtrek geeft de 5 km straal rond het Saaksum-Oost veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-3: Overzicht van de dijken. De oranje dikke lijnen geven de primaire waterkerende dijken weer en de gele lijnen geven de secundaire dijken weer. De rode omtrek geeft de 5 km straal rond het Saaksum-Oost veld aan die relevant is voor de SRA.



Figuur 12-4: Overzicht van de grondsoorten in de ondiepe ondergrond om de mate van opslinging te bepalen

Uit de analyse op basis van bovenstaande figuren volgen de scores voor de verschillende factoren. Deze zijn weergegeven in Tabel 12-3, inclusief onderbouwing en uitkomst.

Tabel 12-3: Kwantitatieve evaluaties en daaruit voortkomende scores (C) voor de invloedfactoren ondergrond (A) en bovengrond (B).

A

Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslintering
5		Alle methodes > 4,5		
4	Bevend veld > 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode > 4,5 én/of alle methodes 4,1 – 4,5		
3	Bevend veld < 5 bevingen per jaar van $M \geq 1,5$	1 methode 4,1 – 4,5 én/of alle methodes 3,6 – 4,0		>60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of >30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
2	$P=42\%$ of Bevend veld $M < 1,5$	1 methode 3,6 – 4,0 én/of alle methodes 3,1 – 3,5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of 15-30% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
1	$P=19\%$	1 methode 3,1 – 3,5 én/of alle methodes 2,6 – 3,0		10-30% slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of 5-15% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.
0		1 methode 2,6 – 3,0 én/of alle methodes $\leq 2,5$	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond ($V_{s,30} \leq 200\text{m/s}$) en/of < 5% grondsoort die extra gevoelig zijn voor amplificatie, zoals veenlagen dikker dan 3m en slappe veenlagen met een dikte van 1m-3m gelegen op een stijve ondergrond.

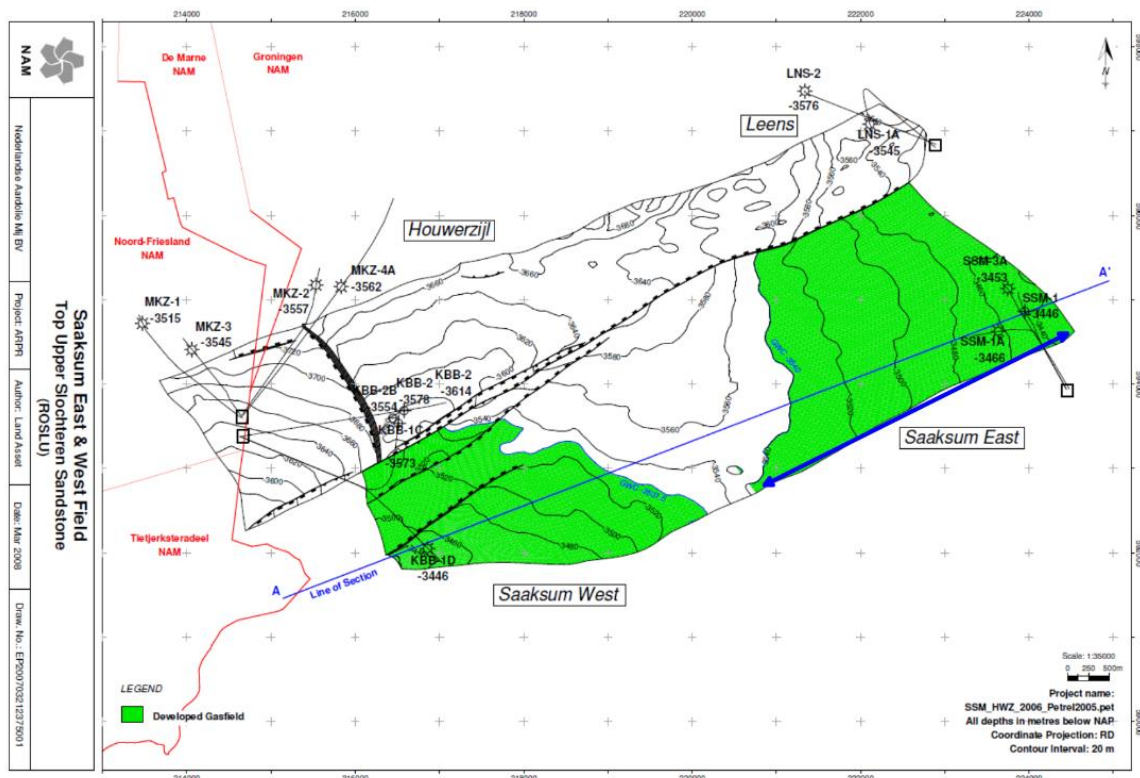
B

Score	Bevolkingsdichtheid (aantal inwoners per km ²)	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen En vitale infrastructuur	Dijken
4	> 2500	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 boven het veld en/of meerdere binnen 5 km rond het veld.	1 ziekenhuis en/of energievoorziening direct boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld. Meerdere scholen, tehuisen en/of publieksgebouwen direct boven het veld	Primaire dijken binnen 5 km rond het veld en/of secundaire dijken boven het veld
2	500-1000 en/of 250-500 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld	1 binnen 5 km rond het veld.	1 school, tehuis en/of publieksgebouw boven het veld of meerdere binnen 5 km rond het veld.	Secundaire dijken binnen 5 km rond het veld
1	250-500 en/of <250 met wijken bestaande uit flats/appartementencomplexen binnen 5 km rond het veld		1 school, tehuis en/of publieksgebouw binnen 5 km rond het veld.	
0	< 250	Geen binnen 5 km rond het veld	Geen boven en/of binnen 5 km rond het veld	Geen dijken binnen 5 km rond het veld

C

Voorkomen	Kans op beven of waargenomen Magnitude Ligging voorkomen Opslingering				Genormaliseerde totaalscore	Bevolkingsdichtheid	Industriële inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken	Genormaliseerde totaalscore	Categorie
Saaksum-Oost	2	2	2	3	0,64	0	3	2	2	0,44	I

13 Bijlage C: Geologische kaart voor het Saaksum-Oost veld



Kaart van het Saaksum-Oost gasveld. De blauwe peil geeft de langste breuk aan zoals gebruikt in de SRA.