Vermilion Energy Netherlands B.V.

Aanvraag Instemming Oldelamer Winningsplan

Versie 2.0

9-Jan-18

Samenvatting

Dit document betreft een actualisatie van het winningsplan 'Oldelamer'. Het voorkomen Oldelamer is in 1985 aangeboord door put Oldelamer-01 (OLR-01), welke in 1993 in productie genomen is. In 1999 is de tweede put OLR-02 geboord en in productie genomen. Sinds 2014 ligt de productie uit het voorkomen stil.

Vermilion is van plan om de productie uit het voorkomen te hervatten. Onderdeel van dit plan is het voornemen een aftakking te boren vanuit een van de bestaande putten. Hiermee wordt beoogd om hiermee gas te produceren uit een deel van het voorkomen dat slecht door de bestaande putten is aangesproken.

De maximale productie van het gehele voorkomen, de uiterlijke einddatum van de productie, de maximaal verwachte bodemdaling en het seismisch risico staan aangegeven in de tabel hieronder.

Oldelamer voorkomen		
Productie tot uiterlijk:	2039	
Hoeveelheid productie:	2596	miljoen nm^3
(waarvan na 1-1-2018):	528	miljoen nm^3
Seismisch Risico Categorie:	I	
Verwachte maximale bodemdaling:	< 3	cm
(waarvan na 1-1-2018 verwacht maximaal:	<1	cm
Samengestelde bodemdaling verwacht maximaal:	< 3	cm
(waarvan na 1-1-2018 verwacht maximaal:	<1	cm

Er wordt een toekomstige bodemdaling van minder dan 1 cm verwacht op het diepste punt van de bodemdalingskom door de winning waarop dit winningsplan betrekking heeft. De reeds opgetreden bodemdaling wordt geschat op 1-2 cm.

De daadwerkelijke bodemdaling zal worden gemonitord via het meetnet van Vermilion behorende bij het meetplan Oldelamer. Dat zal aangepast worden aan het grotere productiegebied. Het meetplan wordt beoordeeld door Staatstoezicht op de Mijnen, en de analyse van de meetgegevens wordt met hen gedeeld.

Het seismische risico wordt in de laagste categorie ingeschaald (categorie I). Het daadwerkelijk optreden van bodemtrillingen wordt gemonitord via het KNMI-meetnet.

Voor zowel bodemdaling als bodemtrillingen wordt geen significante impact verwacht. Mochten omwonenden toch een effect of schade ondervinden, dan kan dat gemeld worden bij Vermilion (zie sectie 8.2), of bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade.

Het gasvoorkomen is gelegen onder het grondgebied van:

Voorkomen	Provincie	Waterschap	Gemeente(s)
Oldelamer	Fryslân	Wetterskip Fryslân	Weststellingwerf, De Fryske Marren

Inhoud

Samenvatting 2
Inhoud 3
Formulier aanvraag instemming winningsplan 6
1 Inleiding 9
1.1 Doel van dit het Winningsplan 9
1.2 Leeswijzer 9
2 Plaats van winning 11
2.1 Voorkomens in dit winningsplan 11
2.2 Overzicht ligging voorkomens en putten 11
2.3 Schematische weergave gas-behandeling en afvoer 14
3 Boringen 15
3.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put 15
3.2 Overzicht boringen in voorkomen 16
3.3 Schematische voorstelling putverbuizing 18
3.4 Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden 18
3.5 Putbehandelingen 18
4 Ondergrond 20
4.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten 20
4.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen 20
4.2.1 Geologische doorsnede van voorkomen 20
4.2.2 Reservoir-formaties en afsluitende lagen 23
4.2.3 Structuur 23
4.2.4 Bron koolwaterstoffen 23
4.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen 23
4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond 24
5 Ontwikkelingsvooruitzichten 25
5.1 Inleiding 25
5.2 Historische productie en productie-gedrag 25
5.3 Onzekerheden 25
5.4 Winningsstrategie & reservoir management 26
5.5 Vooruitzichten voor winningssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar) 26
5.6 Duur van de winning 29
5.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning 29
5.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen 30
5.9 Gassamenstelling en stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd 30
5.10 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen 30
6 Bodemdaling 31
6.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand 31
6.1.1 Gaswinning 31
6.1.2 De oorzaken van bodemdaling 31
6.1.3 Autonome bodemdaling 32

6.1.4 Meten en voorspellen van bodemdaling 32
6.2 Bodemdalingsmodel 33
6.3 Historische bodemdaling 33
6.4 Bodemdalingsvooruitzichten en -onzekerheid 34
6.5 Monitoring van bodemdaling 36
6.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling 36
6.6.1 Gevolgen voor gebouwen en infrastructuur 36
6.6.2 Gevolgen voor natuur en milieu 37
6.7 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken 38
7 Bodemtrilling 39
7.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand 39
7.2 Historische bevingen in de voorkomens van dit winningsplan 39
7.3 Seismische Risico Analyse 39
7.4 Monitoring van bodemtrillingen 40
7.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning 40
7.5.1 Schade openbare infrastructuur door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning 40
7.5.2 Schade aan bouwwerken door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning 40
7.5.3 Gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning 41
7.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemtrillingen te voorkomen of te beperken 41
8 Overige Omgevingsaspecten 42
8.1 Inleiding 42
8.2 Schade-afhandeling 42
8.3 Gedragscode 42
9 Verklarende woordenlijst 43
10 Referenties 44
11 Bijlage: Plattegrond aardgaswinningslocatie 45
12 Bijlage: Proces-stroomdiagram van aardgaswinningslocatie 47
13 Bijlage: Detailschema putverbuizingen 48
14 Bijlage: Geologische kaarten en depletiecontouren 50
15 Bijlage: Analyse en Berekening Bodemdaling 53
15.1 Bodemdalingsmodel 53
15.2 Analyse bodemdalingsmetingen 53
15.3 Resultaten modelberekening bodemdaling 54
16 Bijlage: Meetnet Oldelamer 60
17 Bijlage: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden 61
17.1 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse 61
17.2 Seismische Risico Analyse voor de voorkomens in dit winningsplan 61
17.2.1 Niveau 1: Screening Potentieel 61
17.2.2 Niveau 2: Risico Matrix 65
18 Bijlage: Gedetailleerde impactanalyse bodemdaling 70
19 Bijlage: Vertrouwelijke Gegevens Oldelamer 72
19.1 Volumeschattingen 72

19.2 Bedrijfsvoering.....73

Formulier aanvraag instemming winningsplan

Artikel 34 lid 1 Mijnbouwwet (Mw) en artikel 24 Mijnbouwbesluit (Mb)

Elektronisch in te dienen bij:
De Minister van Economische Zaken en Klimaat
Directoraat-Generaal voor Energie, Telecom en Mededinging
Directie Energie en Omgeving
[redacted]***@minez.nl***

Artikel 1)	***Onderwerp***	***Beschrijving***
Mw 34 lid 1	**Verzoek om instemming voor een actualisatie van het winningsplan** Oldelamer	☐ een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 12 zeemijlszone ☒ een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territoir tot 12 zeemijl uit de kust
	A) Algemene gegevens	
	A1.1) Naam indiener	Vermilion Energy Netherlands B.V.
	A1.2) Adres	Zuidwalweg 2 8861 NV Harlingen The Netherlands
	A1.3) Contactpersoon	[redacted]
	A1.4) E-mail	[redacted]@vermilionenergy.com
	A1.5) Telefoon	+31 (0)[redacted]
Mw 34 lid 2 en Mw 22	***A1.6) Indiener***	☐ is houder van de vergunning ☒ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	A2) Winningsvergunningsgebied(en)	Gorredijk
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	**A2.1) Voorkomen(s) koolwaterstoffen**	Oldelamer
Mb 24 lid 1a	***A2.2) Soort koolwaterstof die wordt gewonnen***	☐ olie ☒ hoog calorisch gas ☐ Groningen kwaliteit gas ☐ laag calorisch gas ☐ zwavelhoudend gas ☒ aardgascondensaat
Mr 1.2.1 lid 3	**A3) Bestaande of nieuwe winning**	☒ winningsplan voor reeds bestaande winning, (inclusief voorziene uitbreiding) ☐ winningsplan voor nieuwe winning
Mw 38	***A4) Samenloop vergunningen Wet milieubeheer***	☒ nee, productie vindt plaats op bestaande locatie ☐ ja: te weten:

	Bedrijfs- en productiegegevens	**Paragraaf**
Mw 35 lid 1	Beknopte beschrijving van het winningsplan	1
Mw 35 lid 1c Mb 24 lid 1c,d	Beknopte beschrijving van wijze van winning alsmede daarmee verband houdende activiteiten	2, 3.3, 3.4, 3.5
Mb 24 lid 1a	Geologische beschrijving van voorkomen(s)	4.2
Mb 24 lid 1a Mb 24 lid 1b	Geologische doorsnede van voorkomen(s)	4.2
Mw 35 lid 1a Mb 24 lid 1d,e	Overzicht ligging voorkomens en putten	2.2
Mb 24 lid 1d,e,g	Situering mijnbouwwerken situatietekening /eventueel foto	2.2
Mb 24 lid 1e,f	Overzicht boringen in voorkomen(s)	3.2
Mb 24 lid 1g	Schematische voorstelling putverbuizing(en)	3.3
Mb 24 lid 1h	Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden	3.4
Mb 24 lid 2	Productieontwikkeling strategie	5.4
Mb 24 lid 2	Productie filosofie	5.4
Mb 24 lid 2	Reservoir management	5.4
Mw 35 lid 1a,d Mb 24 lid 1a	Omvang winning (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)	5.5
Mw 35 lid 1b	Duur van de winning (per voorkomen)	5.5
Mb 24 lid 1i	Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd	5.9
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks eigengebruik bij winning	5.7
Mb 24 lid 1j	Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen	5.8
Mb 24 lid 1k	Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen	5.10
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	4.4
Mw 35 lid 1e, Mb 24 lid1ℓ,	Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering en de kosten van het verlaten en verwijderen van mijnbouwwerken	0 (confidentieel)
Mw 24 lid 1a	Verwachte samenstelling van de aanwezige koolwaterstoffen	5.9

	Gegevens inzake bodemdaling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.	**Paragraaf**
Mw 35 lid 1f	Aard van de bodemdaling als gevolg van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	6.1
Mb 24 lid 1m Mb 24 lid 1n Mb 24 lid 1o	Gekalibreerde bodemdaling en bodemdalingsprognoses (uiteindelijk verwachte mate van bodemdaling)	6.2
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	6.6
Mb 24 lid 1r Mw 35 lid 1d,1f	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	6.7
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	6.7
	Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.	**Paragraaf**
Mw 35 lid 1f	Aard van de (kans op) bodemtrillingen als gevolg van de winning alsmede de daarmee verband houdende activiteiten	7.1
Mb 24 lid 1p	Risicoanalyse bodemtrilling	7.3, 17.2
Mb 24 lid 1q	Omvang en aard van de schade	7.5.1, 7.5.2, 7.5.3
Mb 24 lid 1r	Maatregelen om bodemtrillingen te voorkomen / te beperken	7.6
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemtrillingen beperken of voorkomen	7.6
	Overige veiligheidsaspecten	**Paragraaf**
Mw 35 lid 1g	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	8

Ondertekening [redacted] Naam: [redacted] Functie: Commercial Manager	*Datum: 9-Jan-18* *Plaats: Amsterdam*	

1 Inleiding

Dit document betreft een volledige actualisatie van het winningsplan 'Oldelamer'.

1.1 Doel van dit het Winningsplan

Vermilion Energy Netherlands B.V. (Vermilion, VEN) is houder van de winningsvergunning Gorredijk, waarin het voorkomen Oldelamer gelegen is. Conform artikel 34 Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen te gebeuren overeenkomstig een winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het winningsplan moet bevatten.

De reden voor de indiening van dit winningsplan is het herstarten van de productie uit het voorkomen Oldelamer. Dit wordt onder andere gepland door middel van het boren van een putaftakking vanuit één van de bestaande putten OLR-01 of OLR-02. De aftakking heeft als doel een gebied waarvan uit nader onderzoek blijkt dat het slecht door de bestaande putten is aangesproken. Bij succesvolle boorresultaten wordt de putaftakking geschikt gemaakt om gas te winnen uit de doellaag, en zal de productie starten.

Deze herstart van de winning vereist een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen, en een seismische risico analyse.

Tabel 1-1 Geschiedenis Winningsplan Oldelamer

Datum	Versie	Omschrijving
30-Dec-2003	1.0	Eerste versie na revisie mijnbouwwet 2003
~~9 Jan 2018~~	~~1.1~~	~~Extensieverzoek (productieduur)~~ - Ingetrokken
9-Jan-18	2.0	Volledige actualisatie plus uitbreiding

1.2 Leeswijzer

In dit document wordt ingegaan op de manier waarop het gas gewonnen gaat worden, de geologie en de eigenschappen van het ondergrondse gasvoorkomen en de voorspelde productiehoeveelheden, mate van bodemdaling en het risico op geïnduceerde aardbevingen. De cursief gedrukte stukken in de diverse hoofdstukken geven wat meer specialistische informatie.

Het gas uit het Oldelamer voorkomen wordt geproduceerd vanaf de locatie 'OLR-01/-02' en vervolgens via een pijpleiding naar het Garijp gasbehandelingsstation (GTC) getransporteerd. In hoofdstuk 2 wordt aangegeven waar de productielocatie, het voorkomen en de producerende/geplande putten zich bevinden. Hoofdstuk 3 omschrijft de reeds bestaande en toekomstige boring(en) in het voorkomen.

De ondergrond, en met name de geologie, ter plaatse van het voorkomen wordt beschreven in Hoofdstuk 4. In Hoofdstuk 5 worden de historische en toekomstige gasproductie weergegeven.

Hoofdstuk 6 beschrijft de historische en verwachte bodemdaling in het gebied rondom het voorkomen. Er wordt een toekomstige bodemdaling van minder dan 1 cm verwacht op het diepste punt van de bodemdalingskom door de winning waarop dit winningsplan betrekking heeft. De historische bodemdaling wordt geschat op 1-2 cm. De verwachte uiteindelijke bodemdaling is maximaal 3 cm.

Hoofdstuk 7 gaat in op de seismische risico analyse (SRA), welke laat zien dat het Oldelamer voorkomen in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I).

De berekeningen en inschattingen worden gecontroleerd door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en de Technische Commissie Bodembeweging (TCBB). Betrokken overheden (provincie, gemeente(n), waterschap(pen)) brengen advies uit aan de Minister. Als laatste brengt de Mijnraad advies uit, gebaseerd op alle eerdere adviezen.

Het winningsplan behoeft de instemming van de Minister van Economische Zaken en Klimaat..

Het winningsplan zal aangepast worden als de gemeten bodemdaling de prognose zoals in dit winningsplan beschreven overschrijdt, of als nieuwe inzichten tot een wijziging van de

dalingsvoorspelling of seismische risicoanalyse leiden. Een dergelijke actualisatie vereist opnieuw de instemming van de minister van Economische Zaken en Klimaat, met advies van de eerdergenoemde adviseurs.

Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit het voorkomen gaat uitkomen boven de prognose van de uiteindelijke cumulatieve productie zoals in dit winningsplan beschreven, zal dit besproken worden met Economische Zaken en Klimaat en SodM.

Eventuele toekomstige activiteiten op de locatie (bijvoorbeeld compressie) of in het reservoir (bijvoorbeeld extra putten) zullen de gangbare vergunningsprocedures volgen.

Een klein onderdeel van het winningsplan wordt apart toegezonden aan het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie en openbaarmaking kan VEN's concurrentiepositie in gevaar brengen. Dit onderdeel is daarom niet openbaar. Het onderdeel bevat informatie over de verwachte productiekosten en investeringskosten, alsmede concurrentiegevoelige details over de geplande put en gasvolume berekeningen.

2 Plaats van winning

2.1 Voorkomens in dit winningsplan

Dit winningsplan beschrijft de productie uit het Oldelamer voorkomen. Dit voorkomen is in 1985 aangeboord en in 1993 in productie genomen d.m.v. put Oldelamer-01. In 1999 is een tweede put (Oldelamer-02) geboord en in productie genomen. Sinds 2014 ligt de productie uit het voorkomen stil, doordat de reservoir-druk te laag is ten opzichte van de pijpleidingdruk.

2.2 Overzicht ligging voorkomens en putten

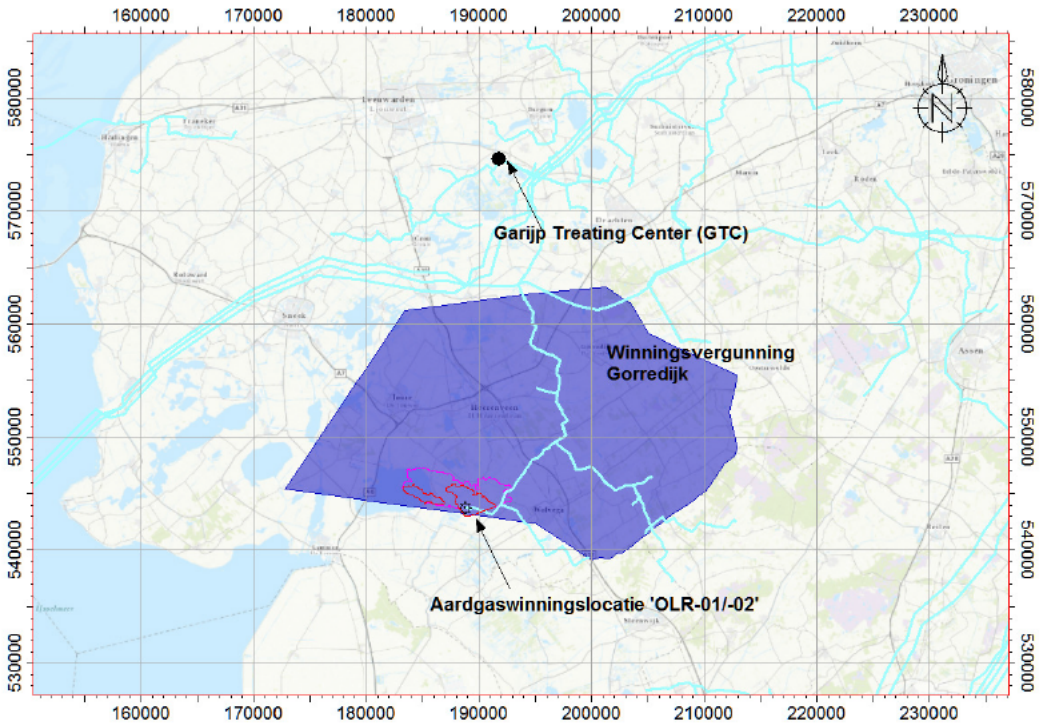
Het Oldelamer gasvoorkomen ligt onder de provincie Fryslân. De winningslocatie 'Oldelamer-01/-02' en het voorkomen zijn beide gelegen binnen winningsvergunning Gorredijk (zie Figuur 2-1). Vanaf de winningslocatie wordt het gas via ondergrondse pijpleiding getransporteerd naar Garijp Treating Centre (GTC), waarvan een luchtfoto is weergegeven in Figuur 2-4. Figuur 2-2 is een topografische kaart met de locatie van de winningslocatie, de pijpleidingen en het gasbehandelingsstation GTC. De kadastrale informatie van de gaswinningslocatie is gegeven in de onderstaande tabel. In de bijlage, hoofdstuk 11, zijn een plattegrond en kadastrale kaart van de locatie 'Oldelamer-01/-02' opgenomen.

Tabel 2-1 Kadastrale informatie winningslocaties

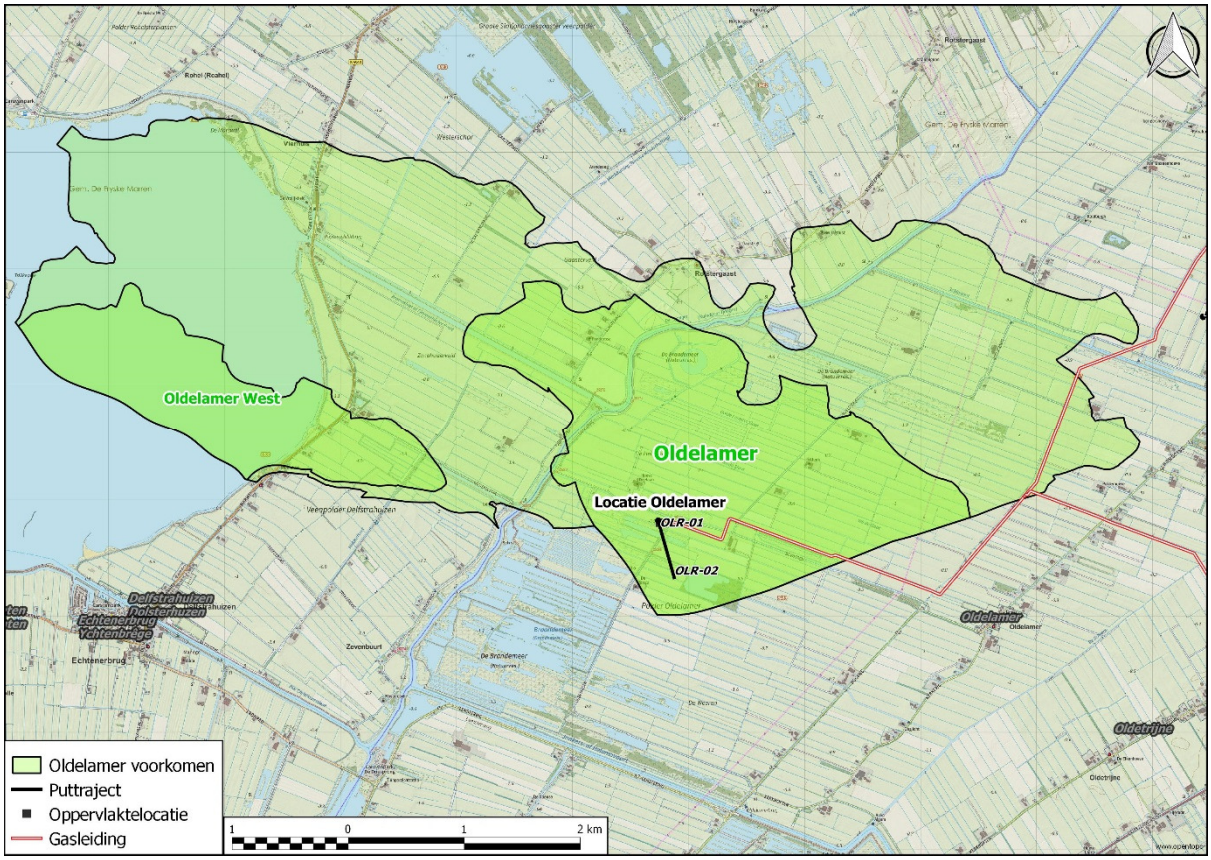
Mijnbouwlocatie	'Oldelamer-01/-02'
Gemeentecode – Sectie- Nummer	ODT00–F–433
Adres	Oude Maden 7, 8486KV, Oldelamer

Tabel 2-2 Ligging van het voorkomen ten opzichte van gemeenten, provincies en waterschappen

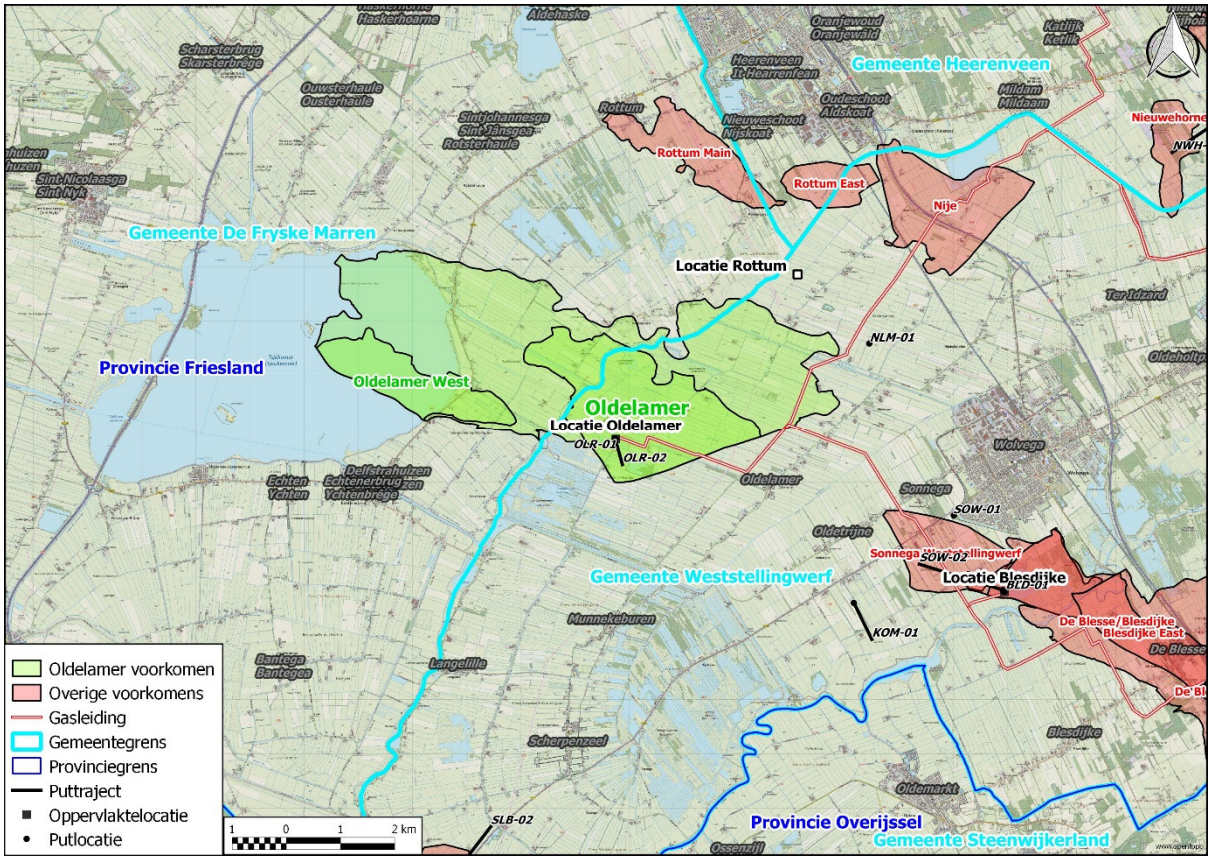
Voorkomen	Provincie	Waterschap	Gemeente(s)
Oldelamer	Fryslân	Wetterskip Fryslan	Weststellingwerf, De Fryske Marren



Figuur 2-1: Topografische kaart met winningslocatie 'OLR-01/-02', Garijp gasbehandelingsstation (GTC), winningsvergunning Gorredijk en pijpleidingen (blauw). Het voorkomen OLR, zoals in winningsplan besproken, is in rood weergegeven.



Figuur 2-2:Topografische kaart Oldelamer voorkomen, met bestaande putten, pijpleidingen en mijnbouwlocatie. Zie par. 3.2 voor en kaart met daarop de geplande aftakking.



Figuur 2-3: Topografische kaart Oldelamer voorkomen met omliggende voorkomens, mijnbouwlocaties, bestaande putten en pijpleidingen, en provincie- en gemeentegrenzen. (Merk op dat nog niet besloten is op de winningsplannen voor de weergegeven voorkomens Rottum, Nieuwehorne en De Blesse/Blesdijke.) Zie par. 3.2 voor en kaart met daarop de geplande aftakking.

Figuur 2-4: Luchtfoto van het Garijp Gasbehandeling Station (GTC).

2.3 Schematische weergave gas-behandeling en afvoer

Gas wordt geproduceerd doordat de druk bovenaan de put lager is dan in het gasvoorkomen. Het gas stroomt van hoge druk naar lage druk, dus de put uit. Aan het oppervlak is ook de temperatuur lager dan in het reservoir, op enkele km diepte. Als de druk (en temperatuur) van het gas verlaagt dan zal een deel van de langere koolwaterstoffen neerslaan als een benzine-achtige vloeistof. Dat heet (gas)condensaat. In het gas zit ook waterdamp. Ook dat slaat neer als condens(water). Dat condenswater is zoet. Op de Oldelamer locatie wordt het water tijdelijk opgeslagen in tanks. Zodra die vol zijn wordt het per truck afgevoerd, en elders in de ondergrond ingebracht. Het gascondensaat wordt in de gaspijpleiding ingebracht, en naar het behandelingsstation Garijp (GTC – Garijp Treating Centre) gebracht samen met het geproduceerde gas. Daar wordt het condensaat van alle velden verzameld. Het condensaat wordt door Vermilion apart verkocht, m.n. voor chemische toepassingen.

Onder bepaalde omstandigheden kan het gebeuren dat het waterniveau in het reservoir stijgt. Als het water zover stijgt dat het het punt bereikt waar de put contact met het reservoir maakt, gaat de put (formatie)water produceren. Dat water is zout water (het zoutgehalte is verschillend voor verschillende geologische lagen). Dit water wordt opgeslagen met het condenswater, en op dezelfde manier afgehandeld. In de meeste gevallen betekent het feit dat formatiewater wordt geproduceerd, dat de put nagenoeg uitgeproduceerd is. De gasstroom zal dalen tot hij niet sterk genoeg is om met het meegeproduceerde water het oppervlak te bereiken. In dat geval stopt de put met produceren. Er wordt dan geen gas, geen water en geen gascondensaat meer geproduceerd. Het kan voorkomen dat het formatiewater uit maar een deel van de geologische laag komt. In zo'n geval kan het helpen om dat deel af te sluiten, zodat gas uit de rest kan blijven stromen. Maar als dat niet kan, dan is de gasproductie uit die geologische laag afgelopen

Op de locatie 'Oldelamer-01/-02' wordt het gas dus van de meegeproduceerde vloeistoffen gescheiden. In de bijlage, hoofdstuk 12, is het proces-stroomdiagram van de winningslocatie weergegeven.

De aardgaswinningslocatie 'Oldelamer-01/-02' wordt op afstand gecontroleerd en gemonitord vanuit een permanent bemande controlekamer te GTC. Operators bezoeken regelmatig de locatie voor controles en onderhoud.

3 Boringen

3.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put

Figuur 3-1 is een schematische weergave van een gasproductie-put. De belangrijkste onderdelen worden hier besproken.

Een boorgat bestaat uit een telescopisch gevormd gat, 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. Hierdoor ontstaat een sterk en stabiel boorgat. Door het cement tussen het boorgat en de metalen verbuizing wordt voorkomen dat stroming van vloeistoffen optreedt tussen verschillende aardlagen via de ruimte tussen boorgatwand en verbuizingen. Tijdens het boorproces wordt de sterkte van het cement steeds geverifieerd alvorens naar het volgende stadium van het boorproces te gaan. Over het algemeen zijn er meerdere *casings* binnen elkaar. Het laatste deel van de put bestaat meestal uit een zgn. *liner*: een metalen verbuizing die niet helemaal tot aan de oppervlakte gaat maar eindigt in de laatste casing. Ook de liner wordt vast gecementeerd in zowel de laatste metalen verbuizing als de boorgat-wand.

De bovenste verbuizing (*conductor*) is extra zwaar uitgevoerd en dient behalve voor de stabiliteit ook als fundering voor de putafsluiters.

De diepte waarop een nieuwe buizenserie wordt aangebracht, hangt af van de diepte van het gat, de eigenschappen en de dikte van de aardlagen, hun eigenschappen, en van de druk van de vloeistoffen in de aardlagen. Nadat de laatste verbuizing is gecementeerd wordt de put geschikt gemaakt voor gasproductie (*gecompleteerd*). Bij het completeren worden er gaten gemaakt (middels een *perforation gun*) in de metalen verbuizing en het cement ter hoogte van het gasreservoir. Die gaten worden *perforaties* genoemd. Door deze perforaties stroomt het gas van het reservoir de productieput in.

Ook wordt binnenin de put een productie-stijgbuis, ook wel *tubing* genoemd, gemonteerd. Het gas stroomt door de tubing naar boven. In geval van meerdere reservoirs, wordt een schuifdeur *(sliding sleeve door)* geplaatst waardoor het gas de tubing binnen kan stromen. De productie-stijgbuis zit onderin de put vast met een productie *packer* aan de metalen verbuizing. De ruimte tussen de productie-stijgbuis en de metalen verbuizing wordt A-*annulus* genoemd. De packer sluit de annulus af van de reservoir druk. De druk in deze annulus wordt voortdurend gemonitord om de goede staat, de *integriteit,* van de put te kunnen waarborgen.

Bovenop de put wordt een zogenaamd spuitkruis geplaatst om de put af te sluiten. Het spuitkruis wordt ook wel de *X-mas tree* genoemd. Het bevat de diverse kleppen die nodig zijn om de put te bedienen.

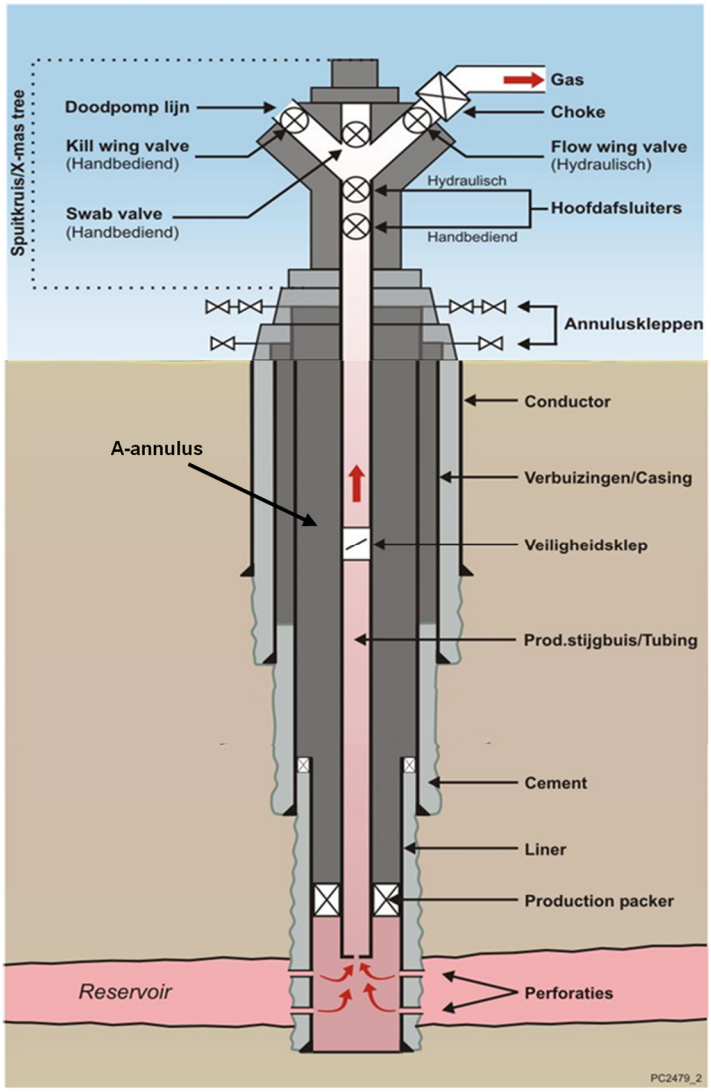
De put is voorzien van beveiligingskleppen. Die kunnen met behulp van hydraulische druk worden geopend, opengehouden en dicht gezet. In de put zijn de volgende beveiligingskleppen aanwezig:

- een ondergrondse veiligheidsklep in de stijgbuis van de put;
- twee hoofdafsluiters op het spuitkruis van de put; de bovenste hoofdafsluiter wordt hydraulisch aangestuurd, de onderste hoofdafsluiter is handbediend.

De put heeft een aansluiting voor het doodpompen van de put, ook wel *Kill Wing Valve* genoemd. Dit doodpompen kan in uitzonderingsgevallen nodig zijn om een reparatie uit te voeren bij een storing aan de put.

Tenslotte is een put voorzien van een *choke* (of knijpstuk) waarmee de productie verhoogd en verlaagd kan worden.

In het spuitkruis, en in de installatie op de put-locatie, zijn meters aanwezig waarmee druk, temperatuur, en gas-stroomsnelheid gemeten kunnen worden.



Figuur 3-1: Schematische weergave van een generieke gasproductie-put. De tekening is niet op schaal, bovengronds is de X-mas tree sterk uitvergroot en ondergronds is de diepte sterk ingekort. Zie Figuur 4-5 voor een 1:1 schaal van de puttrajecten van OLR-01/-02.

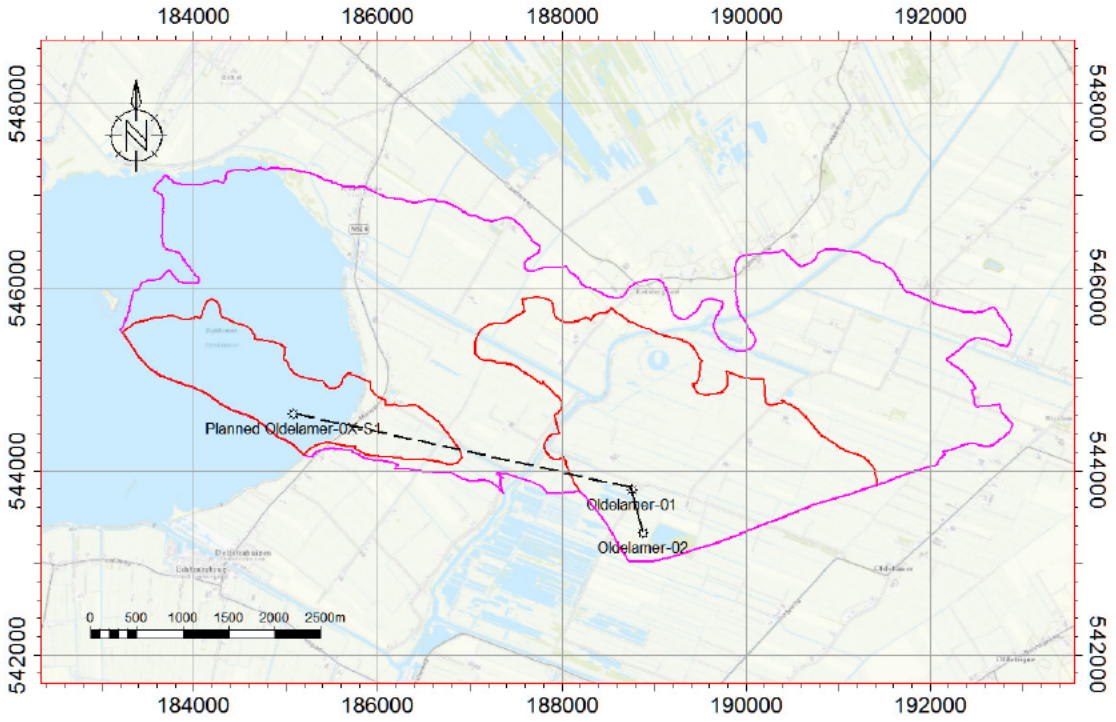
3.2 Overzicht boringen in voorkomen

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de putten in het Oldelamer voorkomen. De geologische formaties worden beschreven in Paragraaf 4.2.

Voor dit winningsplan is aangenomen dat de productie start op 1-1-2020. In werkelijkheid zal de exacte startdatum van productie eerder of later zijn, afhankelijk van o.a. de datum van goedkeuring van dit winningsplan en van de vergunning voor de boring, en hoe de boring van de putaftakking verloopt. In dat geval verschuift het productieprofiel corresponderend

Tabel 3-1: Status van putten in het Oldelamer voorkomen. De geplande aftakking is ook weergegeven. Nog niet zeker is of OLR-01 of OLR-02 afgetakt zal worden.

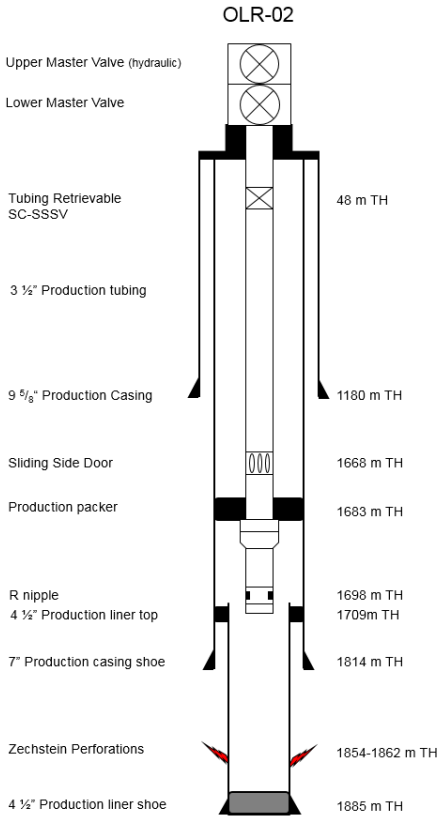
Locatie	Put	Jaar boring	Vorm	Formatie	Cumulatieve gasproductie per 1/1/2018 (miljoen nm³)	Status per 1/1/2018
OLR-01/-02	Oldelamer-01	1985	Verticaal	Zechstein/Vlieland	1151	(Tijdelijk) ingesloten
OLR-01/-02	Oldelamer-02	1999	Gedevieerd	Zechstein/Vlieland	917	(Tijdelijk) ingesloten
OLR-01/-02	*Oldelamer-0X-S1*	*2019*	*Gedevieerd*	*Zechstein/Vlieland*	*0*	*Gepland*



Figuur 3-2: Putten in het Oldelamer voorkomen op kaart, De geplande aftakking is gestippeld weergegeven. De exacte locatie van het doel kan nog kleine wijzigingen ondergaan door nieuwe inzichten, bijvoorbeeld als gevolg van metingen bij het boorproces.

3.3 Schematische voorstelling putverbuizing

In Figuur 3-3 is schematisch de verbuizing van Oldelamer-02 weergegeven. De afstanden zijn indicatief, en gemeten door de put ten opzichte van een referentiepunt aan het oppervlak (de boortafel op locatie 'OLR-01/-02'). Put OLR-02 is gedevieerd geboord, met een gemiddelde hoek van ongeveer 15° ten opzichte ven de verticaal (zie Figuur 4-5 voor de vorm van het puttraject). Put OLR-01 is een verticale put met een vergelijkbare verbuizing als OLR-02. Een gedetailleerd diagram van de putten is in de bijlage (hoofdstuk 13) weergegeven. De geplande putaftakking naar het westelijke gedeelte van het Oldelamer voorkomen zal ook gedevieerd geboord worden, en de putverbuizing zal lijken op die van OLR-02.



Figuur 3-3: Schematische weergave van putverbuizing en -completie van Oldelamer-02 met completering in de Zechstein (ZEZ2C). De tekening is niet op schaal (sterk verticaal gekrompen).

3.4 Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden

Het geschikt maken van de put voor gaswinning wordt *completering* genoemd. De completering van putten in Oldelamer bestaat uit perforaties door de 7" *casing* die de formatie in verbinding stellen met de stijgbuis of *tubing*. Via die stijgbuis (3½" production tubing) worden de koolwaterstoffen naar het oppervlak geproduceerd.

3.5 Putbehandelingen

Gedurende het leven van een put kan het voorkomen dat er aanslag (zgn. *scaling*, bijv. kalk of zout) optreedt aan de binnenkant van de verbuizing, en in de perforaties. Om deze scaling te verwijderen kan het voorkomen dat de put met zuur behandeld wordt. Dit is een routinehandeling, waarbij geen overdruk gebruikt wordt. Dit duurt ongeveer een dag, en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig).

Daarnaast kan het voorkomen dat er nieuwe perforaties gemaakt worden om een iets groter deel van de formatie met de put in communicatie brengen. Dit duurt ongeveer een dag of twee, en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig).

Tijdens het leven van de put kan het nodig zijn de diameter van de verbuizing aan te passen: groter als de productiviteit van de formatie beter is dan verwacht, kleiner tegen het eind van het leven als de

hoeveelheid condenswater toeneemt. Deze operatie gebeurt met een kleine installatie (een zgn. *workover unit*, geen boortoren).

Tenslotte zullen er gedurende de levensduur van een put diverse andere onderhoudshandelingen plaatsvinden aan verbuizingen, kleppen, etc.

Het met behulp van overdruk stimuleren van de put (*fracken)* wordt niet verwacht omdat de doorlatendheid van het gesteente in het voorkomen voldoende is. Mocht dit inzicht veranderen, dan wordt een gewijzigd winningsplan ter goedkeuring voorgelegd.

Alle operationele handelingen, waaronder de genoemde, staan onder toezicht van SodM, en worden uitgevoerd overeenkomstig de daarvoor geldende regelgeving.

4 Ondergrond

4.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten

Aardgas bevindt zich op ongeveer 2 kilometer diepte onder druk in een poreuze gesteentelaag, zoals zandsteen. Doordat de vorm van het voorkomen 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 de andere eigenschappen van het voorkomen. Voorspellingen zullen daardoor altijd door een onzekerheidsmarge omgeven zijn. De grootte van de onzekerheidsmarge verschilt van parameter tot parameter, en zal dus een verschillende impact op verschillende voorspellingen hebben. In de volgende hoofdstukken worden deze onzekerheidsmarges nader besproken.

De vorm van het voorkomen wordt bepaald uit de analyse van geluidsgolven (zgn. seismiek). De seismiek heeft altijd een zekere mate van ruis. Bovendien zijn de voortplantingssnelheden in de lagen boven het voorkomen onzeker. De exacte diepte van het voorkomen is alleen bekend waar een put het reservoir binnengaat, op een heel klein aantal plaatsen dus. Het gevolg daarvan is dat er een beperkte mate van zekerheid is over de vorm van het voorkomen. De dikte is vaak wat beter bepaald, omdat de dikte van de geologische lagen over het algemeen relatief weinig varieert.

De fysische eigenschappen van gesteente, zoals dichtheid en geluidssnelheid, zijn belangrijke parameters voor het bepalen van gesteente-eigenschappen als porositeit, saturatie en doorlaatbaarheid (permeabiliteit). *Deze fysische eigenschappen worden gemeten door middel van boorgatmetingen die verkregen zijn door, na het boren van een put, meetinstrumenten in het boorgat te laten zakken.*

Uit deze boorgatmetingen worden de eigenschappen berekend van het gesteente rond de boorgaten. De eigenschappen van de gesteenten verder weg van de boorgaten worden verkregen door correlatie tussen de verschillende boorgaten, met behulp van een model van de ondergrond. Inherent hieraan zijn onzekerheden, omdat de eigenschappen van de gesteenten niet overal hetzelfde zijn, en metingen op een klein aantal locaties over een heel voorkomen geëxtrapoleerd moeten worden.

De afmetingen van het Oldelamer voorkomen zijn ongeveer 10 bij 3 kilometer. Een boorgat heeft een diameter van typisch 8½ inch of 22 cm, van waaruit de instrumenten ongeveer een decimeter ver kunnen meten. In totaal zijn er 2 putten geboord in het voorkomen, en in het verleden zijn er enkele in de omgeving geboord. Omdat de eigenschappen van maar een heel klein deel van het gesteente echt gemeten zijn, moge duidelijk zijn dat de inschatting van de eigenschappen van het voorkomen als geheel deels op extrapolerende schattingen gebaseerd zijn.

Het gevolg van deze omstandigheden is dat er onzekerheden bestaan over de diverse aspecten van het voorkomen, zoals de hoeveelheid gas, de mogelijke productiesnelheid, het verloop daarvan in de tijd, maar ook over de uiteindelijke bodemdaling. Dat leidt ertoe dat voorspellingen aangaande deze zaken van onzekerheidsmarges voorzien zullen zijn.

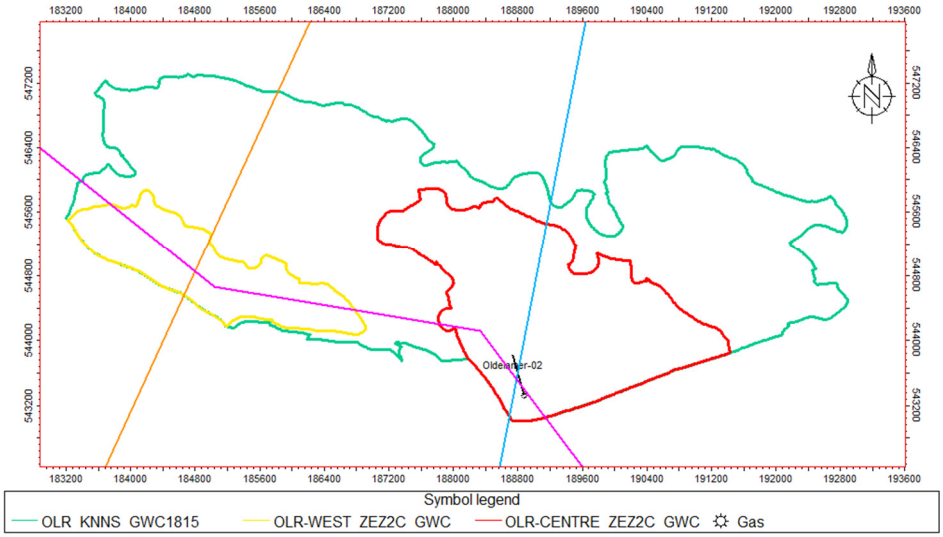
4.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Hieronder staat een beschrijving van de geologische opbouw van het gesteente in het gebied van het voorkomen. Een algemene beschrijving, met nadere uitwerking van de gebruikte begrippen kan gevonden worden in Ref. 15.

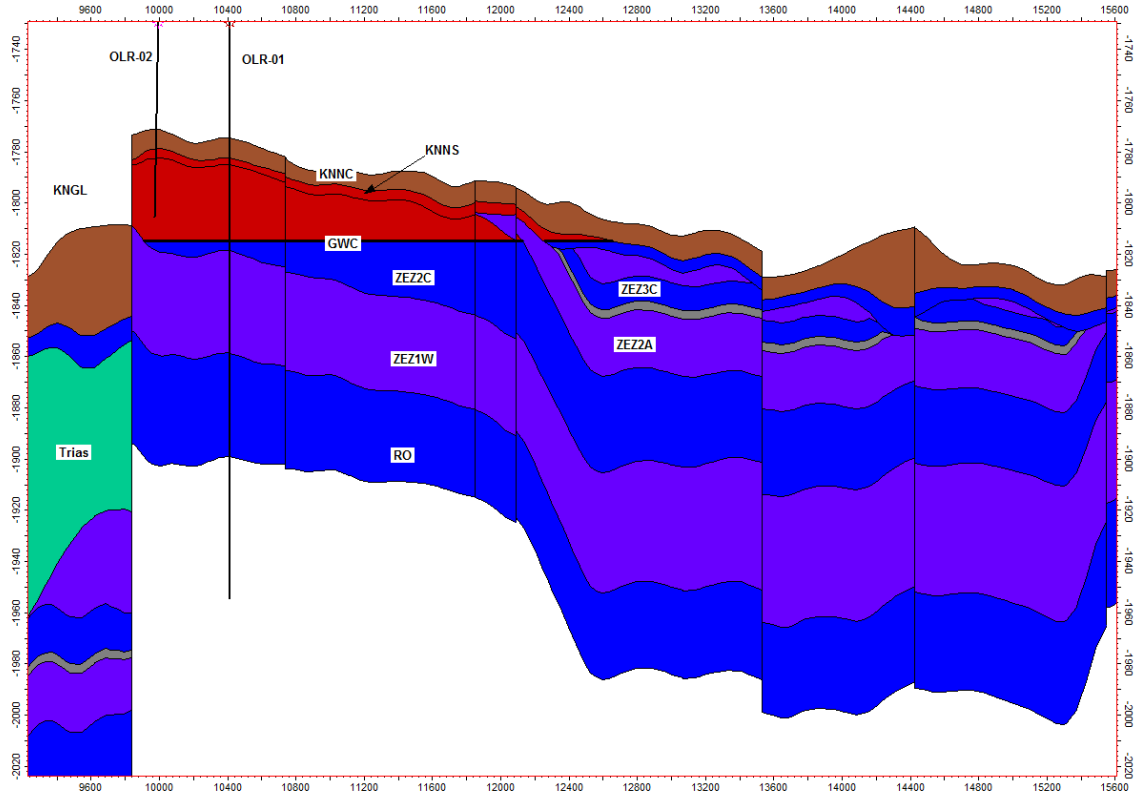
4.2.1 Geologische doorsnede van voorkomen

Figuur 4-2, Figuur 4-3 en Figuur 4-4 zijn schematische doorsnedes van de structuur van het Oldelamer voorkomen weergegeven. De eerste figuur hieronder geeft weer langs welke lijnen deze doorsnedes genomen zijn. Het gas bevindt zich voornamelijk in de Vlieland zandsteen (KNNS) en Zechstein (specifiek de ZEZ2C). Geologische kaarten van de top van de Vlieland en de Zechstein zijn gegeven in Hoofdstuk 14.

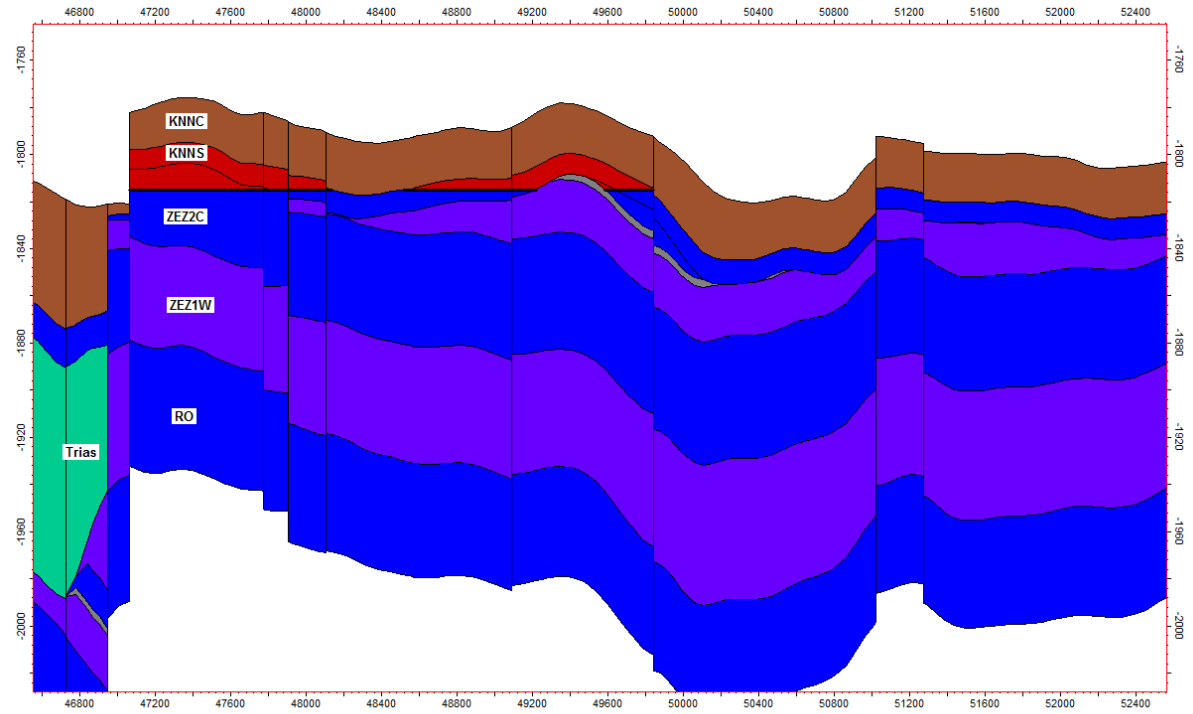
Het gas-water contact (GWC) is aangeboord door put OLR-01 op 1815 mTVDNAP. Deze diepte is bevestigd door drukmetingen (RFT).



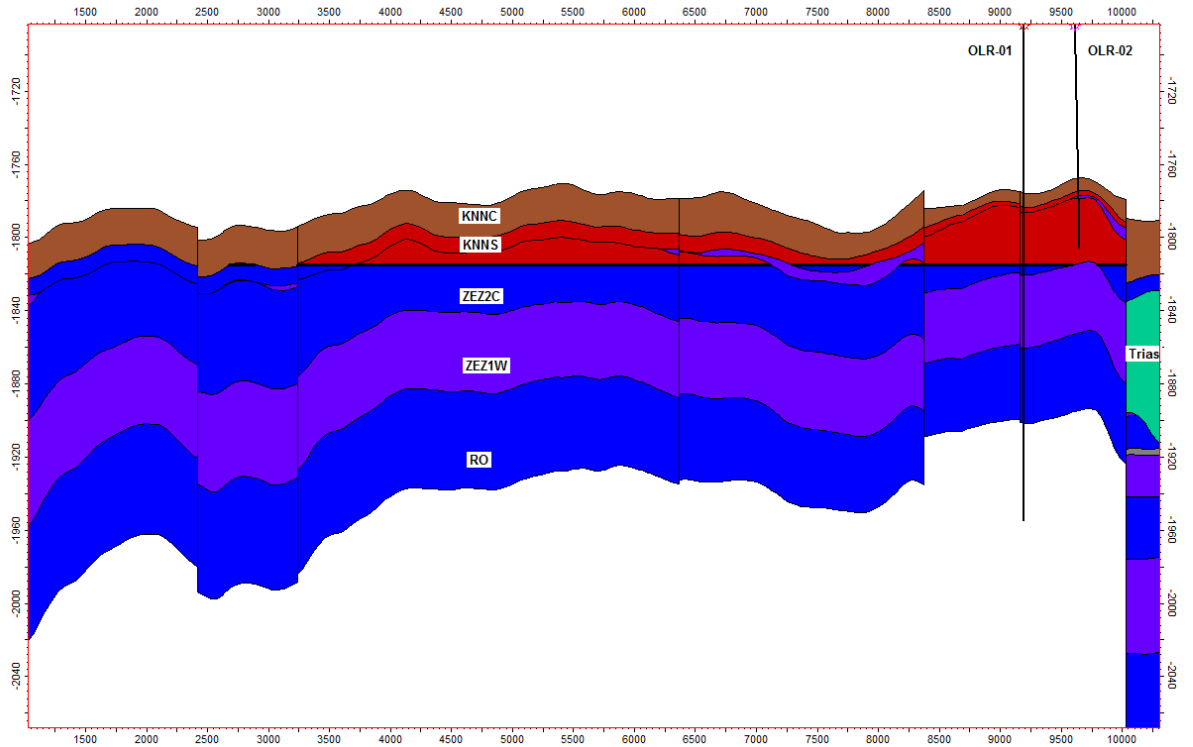
Figuur 4-1: Contouren van het Oldelamer voorkomen gebaseerd op het gas-water contact, en de lijnen waarlangs de doorsnedes genomen zijn.



Figuur 4-2: ZZO-NNW (blauwe lijn Figuur 4-1) doorsnede van Oldelamer-Centre structuur. Rood = gashoudend. De figuur is verticaal 15x uitvergroot. De laag 'ZEZ2A' bestaat uit anhydriet, en is niet doorlatend. Voor laagafkortingen zie tabel hieronder.



Figuur 4-3: ZZO-NNW (oranje lijn Figuur 4-1) doorsnede van de Oldelamer-West structuur. Rood= gashoudend. Verticaal 15x uitvergroot. Voor laagafkortingen zie tabel hieronder.



Figuur 4-4: NW-ZO (roze lijn Figuur 4-1) doorsnede van de Oldelamer (-West en –Centre) structuur. Rood = gashoudend. Verticaal 15x uitvergroot. Voor laagafkortingen zie tabel hieronder.

Tabel 4-1: Omschrijving van de laagafkortingen in de figuren hierboven. Zie ook par. 4.2.2 en 4.3.

Laag	Omschrijving
KNGL	Holland Formatie. Grotendeels afsluitend lagenpakket uit het vroege Krijt
KNNC	Vlieland kleisteen. Afsluitende laag uit het vroege Krijt.
KNNS	Vlieland zandsteen. Doorlatende laag uit het vroege Krijt. Gasvoerend in Oldelamer.
Trias	Laagpakket uit het Trias tijdperk. Aanwezig aan de andere kant van de grensbreuk. Niet (meer) aanwezig boven het Oldelamer voorkomen zelf.
ZEZ3C	Zechstein-3 Carbonaat. Doorlatende laag uit het Perm. Niet gasvoerend in Oldelamer.
ZEZ2A	Zechstein-2 Anhydriet. Afsluitende laag uit het Perm.
ZEZ2C	Zechstein-2 Carbonaat. Doorlatende laag uit het Perm. Gasvoerend in Oldelamer.
ZEZ1W	Zechstein-1 Anhydriet. Afsluitende laag uit het Perm.
RO	Rotliegend. Doorlatende zandsteenlaag uit het Perm. Niet gasvoerend in Oldelamer.

4.2.2 Reservoir-formaties en afsluitende lagen

In de Oldelamer structuur zit het gas in de Vlieland zandsteen (KNNS) en Zechstein (ZEZ2C) formaties (Figuur 4-2). Deze formaties zijn hier in communicatie met elkaar, en vormen één tank waaruit geproduceerd is. De lagen worden afgedekt en afgesloten door de Vlieland Kleisteen (KNNC).

De Zechstein Groep (ZE), waaronder de Zechstein Formatie ZEZ2 valt, bestaat uit gelaagde pakketten van evaporieten (gesteentes die ontstaan door verdamping van water), carbonaten (kalksteen) en kleistenen. De ZEZ2C carbonaat (kalksteen) uit de ZEZ2 Formatie is zo'n 30 meter dik ter plaatse van het Oldelamer voorkomen. Bovenop de ZEZ2C is een evaporietpakket afgezet (Zechstein 2 Anhydriet - ZEZ2A), dat op sommige plaatsen is geërodeerd waardoor de ZEZ2C in contact is gekomen met de Vlieland Zandsteen. De Zechstein is afgezet tijdens het Perm, 250 – 260 miljoen jaar geleden.

De Vlieland formatie is discordant afgezet op de Zechstein formatie, d.w.z. de gelaagdheid is niet parallel, omdat de Zechstein is gekanteld voordat de Vlieland werd afgezet. De Vlieland zandsteen is ongeveer 2 meter dik ter plaatse van het Oldelamer voorkomen. De bovenliggende Vlieland kleisteen (KNNC) is zo'n 10-20 meter dik en sluit het Oldelamer voorkomen aan de bovenkant af. De Vlieland formatie is afgezet in het Krijt, zo'n 120 – 140 miljoen jaar geleden

4.2.3 Structuur

De lagen zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten in de geologische geschiedenis zijn er golvingen ontstaan in de lagen. Omdat gesteente niet zo buigzaam is leidt dit tot breuken. In dit gebied is het resultaat dat het gesteente uit licht schuin-liggende *breukblokken* bestaat. Het gas zal, omdat het lichter dan water is, zich verzamelen in de hoogste plaatsen; boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn. In het Oldelamer maken we onderscheid tussen drie deelstructuren: Oldelamer-West, -Centre en -East (zie Figuur 4-1). Het is waarschijnlijk dat er druk-communicatie is tussen de verschillende breukblokken, en daarmee is er ook stroming van gas/water mogelijk van het ene breukblok naar het andere.

4.2.4 Bron koolwaterstoffen

De koolwaterstoffen zijn afkomstig uit het Carboon, gelegen onder het Rotliegend (zie Figuur 4-2). De sedimenten zijn snel begraven onder de laat Perm transgressie. Aan het eind van het Trias zakte het gebied verder. Door het snelle begraven warmde het pakket enorm op, tot aan wel 170°C tijdens de Jura. Hierdoor konden vloeistoffen uit het gesteente van het Carboon wegvloeien, waardoor koolwaterstoffen (aardgas) naar de bovenliggende formaties (o.a. Zechstein en Vlieland) migreerden.

4.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Vlieland formatie bevindt zich nog ongeveer 2000 m gesteente. Dit bestaat uit de volgende formaties, van boven naar beneden:

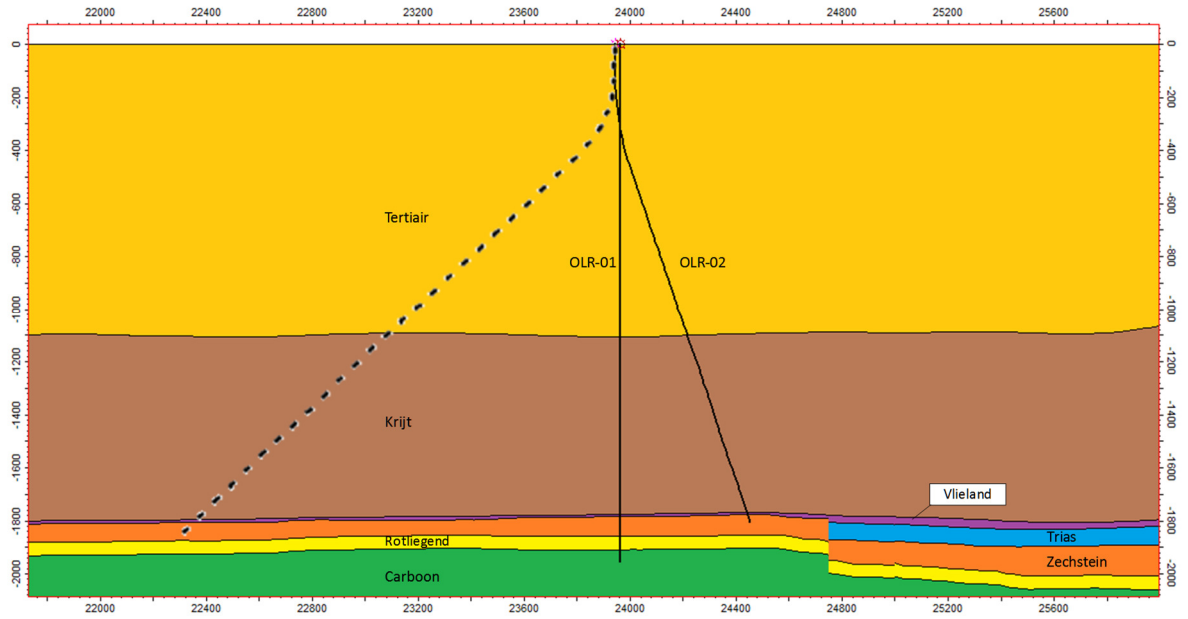
- Tertiair
  - Boven-Noordzee

Deze formatie bestaat uit niet-doorlatende (*impermeabele*) kleilagen afgewisseld met zandlagen en beslaat de bovenste 400 m. Eventueel grondwater bevindt zich hier.

- Onder-Noordzee
  Deze formatie bestaat uit impermeabele kleilagen afgewisseld met zandlagen.

- Krijt
  - Ommelanden
  - Texel
    Deze formaties bestaan uit krijtsteen
  - Holland
    Deze formatie bestaat uit impermeabele kleilagen en mergel.
  - Vlieland
    Het bovenste gedeelte van de Vlieland is de Vlieland kleisteen, welke het afsluitend gesteente van het Oldelamer voorkomen vormt.

Het voorkomen is dus op grote diepte gelegen, en er bevindt zich een groot aantal impermeabele lagen tussen het voorkomen en het oppervlak.



Figuur 4-5 Schematische weergave van de lagen boven het Oldelamer voorkomen, inclusief de OLR-01&-02 puttrajecten. De geplande aftakking is gestippeld ingeschetst (het precieze pad kan nog veranderen in de laatste ontwerpstadia). De figuur is op schaal, i.e. niet verticaal uitvergroot.

4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Er is momenteel geen geothermie project in de directe omgeving van het Oldelamer gasvoorkomen. Het voorkomen heeft een combinatie van dikte en doorlatendheid waardoor het niet op voorhand geschikt is voor geothermie.

Grondwaterwinning vindt plaats op meer dan 10 km afstand van de productielocatie (Figuur 6-7), op 30-70m diepte. Er is geen interactie.

Gasopslag en zoutwinning zijn niet voorzien.

5 Ontwikkelingsvooruitzichten

5.1 Inleiding

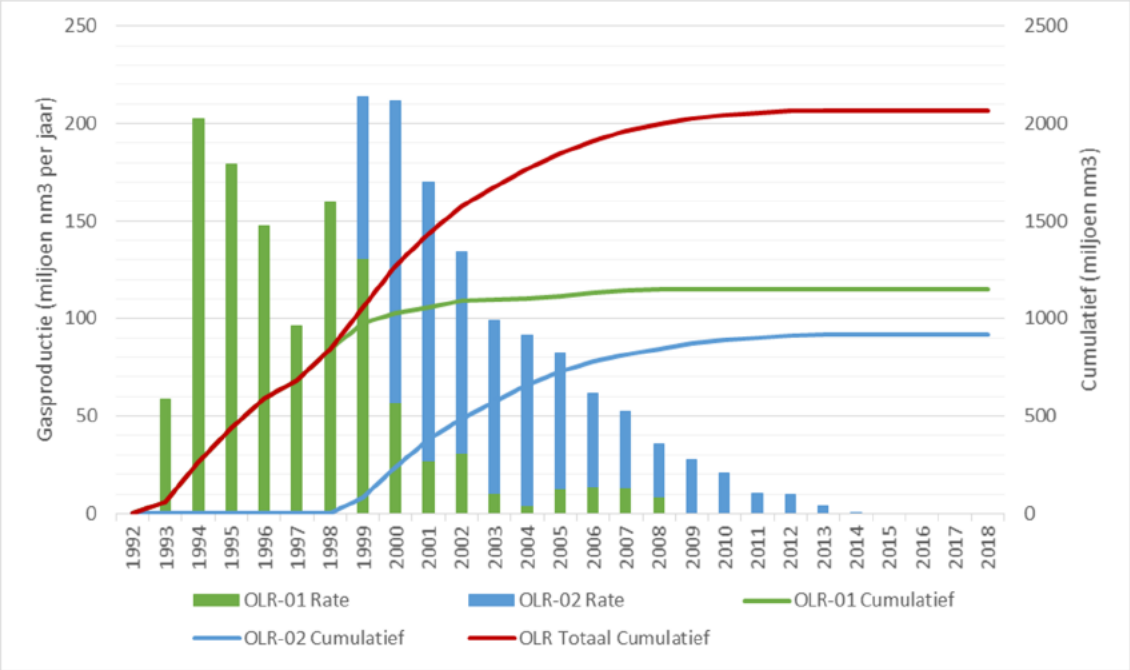
Het Oldelamer voorkomen is in 1985 aangeboord met de put OLR-01, die in 1993 in productie genomen is. In 1999 is de tweede put OLR-02 geboord en in productie genomen. Sinds 2013 ligt de productie uit het voorkomen stil. Het plan is de productie te hervatten. Dit zal onder andere gebeuren door middel van het boren van een aftakking vanuit een van de bestaande putten. Deze aftakking zal gericht zijn op een gebied waarvan op grond van studies wordt verwacht dat het door bestaande putten slecht is aangesproken.

5.2 Historische productie en productie-gedrag

De gasproductie uit het Oldelamer voorkomen vindt plaats door middel van de putten OLR-01 en OLR-02. De totale productie tot 1-1-2018 is 2068 miljoen nm³. In Figuur 5-1 is de historische gasproductie weergegeven.

Tabel 5-1 Belangrijkste gebeurtenissen in de geschiedenis van het Oldelamer voorkomen

Datum	Gebeurtenis
Apr-1985	Boring put OLR-01
Okt-1993	Start productie OLR-01
Jan-1999	Boring put OLR-02
Jul-1999	Start productie OLR-02
2013	Productie tijdelijk gestaakt



Figuur 5-1 Historische gasproductie (hoeveelheid per jaar) en cumulatieve (totale) productie van het Oldelamer voorkomen

5.3 Onzekerheden

Onzekerheden omtrent de toekomstige productie uit het voorkomen zijn onder andere:

- De mate waarin de druk in aanpalende breukblokken (OLR-West/Oost) gedaald is ten gevolge van productie uit het reeds aangeboorde breukblok OLR-Centre.
- De hoeveelheid gas die met de toekomstige putaftakking verbonden is
- De toekomstige gasproductie-snelheid (en de snelheid waarmee deze afneemt na verloop van tijd)
- De mate waarin waterproductie de gasproductie zal hinderen of uiteindelijk stoppen

- De grootte van het watervolume dat verbonden is met de put

Het gas uit het voorkomen Oldelamer wordt getransporteerd via een pijpleiding naar Garijp. De druk in de pijpleiding wordt ook beïnvloed door productie uit de andere voorkomens. Omdat het gas stroomt van de hoge druk in het voorkomen naar de lage druk in de pijpleiding, beïnvloedt die laatste dus de productiesnelheid. De mate waarin de productiesnelheid beïnvloed wordt door drukveranderingen in het pijpleiding-netwerk (ten gevolge van operationele veranderingen van andere putten die op hetzelfde netwerk aangesloten zijn) is dus ook een onzekerheid.

Deze onzekerheden zullen afnemen door monitoring van reservoir gedrag naarmate er meer geproduceerd wordt, en door gegevens uit de boring van de aftakking en eventuele toekomstige boringen of hercompleteringen, mochten die nodig zijn.

Voor dit winningsplan is aangenomen dat de productie start op 1-1-2020. In werkelijkheid zal de exacte startdatum van productie eerder of later zijn, afhankelijk van o.a. de datum van goedkeuring van dit winningsplan en de vergunning voor de boring, en hoe de boring van de putaftakking verloopt. In dat geval verschuift het productieprofiel corresponderend.

5.4 Winningsstrategie & reservoir management

De winning vindt plaats door middel van natuurlijke stroming door de aanwezige reservoirdruk (zgn. '*depletion drive*'). Er wordt geen injectie toegepast.

Het gas in het Oldelamer voorkomen zal zodanig worden gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.

De toekomstige productie uit het Oldelamer voorkomen wordt geschat op 79-528 miljoen nm^3, gecombineerd voor de Zechstein (ZEZ2C) en Vlieland (KNNS). Niet al het aanwezige gas kan geproduceerd worden. Deze verwachte productie correspondeert met een winningsfactor (geproduceerd gas als percentage van het aanwezige gas) van 66-74%, gebaseerd op een totale hoeveelheid gas van 114-703 miljoen nm^3 gas.

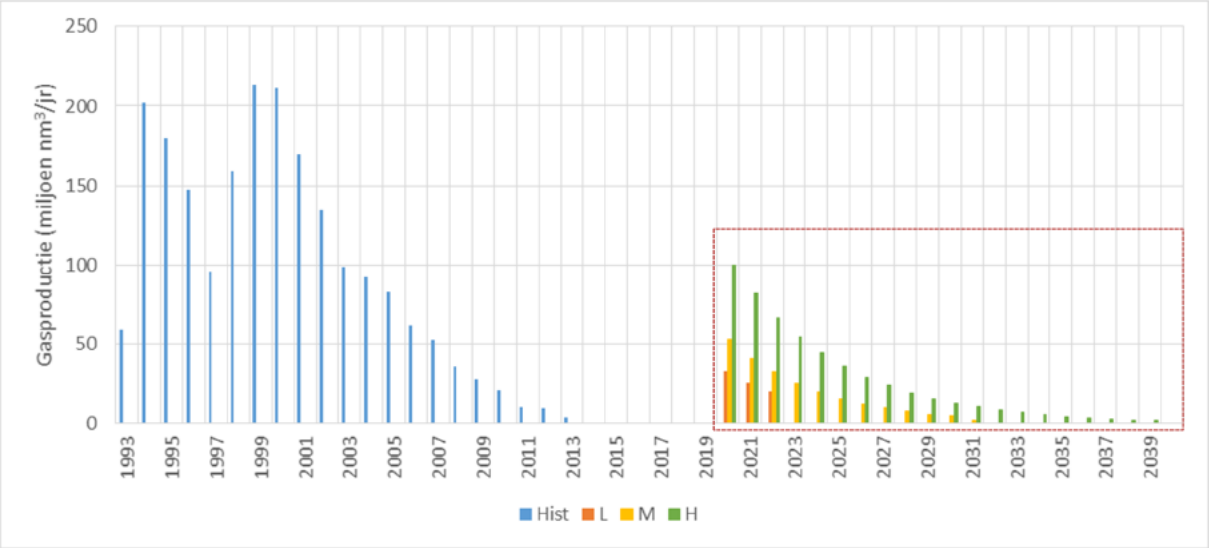
De reservoir-prestaties worden gemonitord door:
- Voortdurende drukmeting in het spuitkruis (kan van afstand uitgelezen worden).
- Water-, condensaat- en gas-productiemetingen (kunnen van afstand uitgelezen worden).
- Regelmatige drukmetingen, deels onderin de verbuizing.
- Als nodig, gas-verzadigings-logs (*saturatie-logs)* om veranderingen in het gas water contact rond de put te monitoren.

Indien het reservoir verder uitgeput raakt, zou eventueel compressie op de locatie 'Oldelamer-01/-02' toegepast kunnen worden. Compressie maakt het mogelijk het gas uit een voorkomen dat zelf niet genoeg druk meer heeft, toch naar GTC te pompen. Mocht dat nodig zijn, dan zal de omgevingsvergunning voor de locatie aangepast worden (zie Hoofdstuk 428).

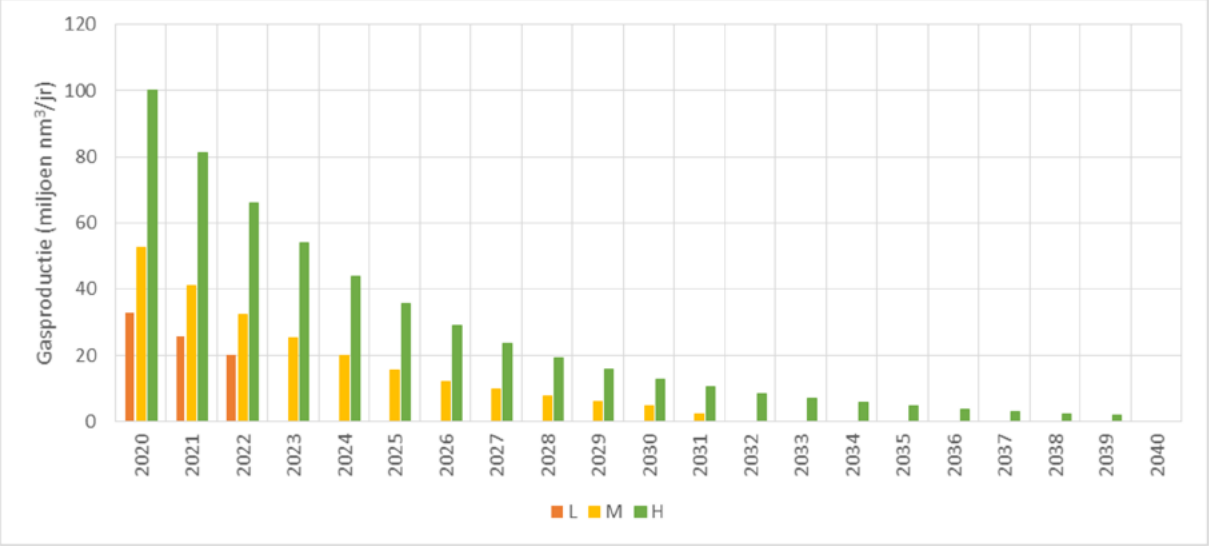
5.5 Vooruitzichten voor winningssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar)

Deze paragraaf geeft de verwachte productieprofielen van het Oldelamer 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 totale productie in de drie profielen geeft aan welke range er verwacht wordt in de uiteindelijke verdere productie uit het voorkomen. De werkelijk gerealiseerde productie zal dus niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen (Figuur 5-2, Figuur 5-4, Tabel 5-2). De totale productie op de winningslocatie zal binnen de grenzen blijven die door de relevante vergunning gesteld is aan die locatie. Zo begrenst de Omgevingsvergunning de maximaal toegestane dagproductie (Hoofdstuk 8).

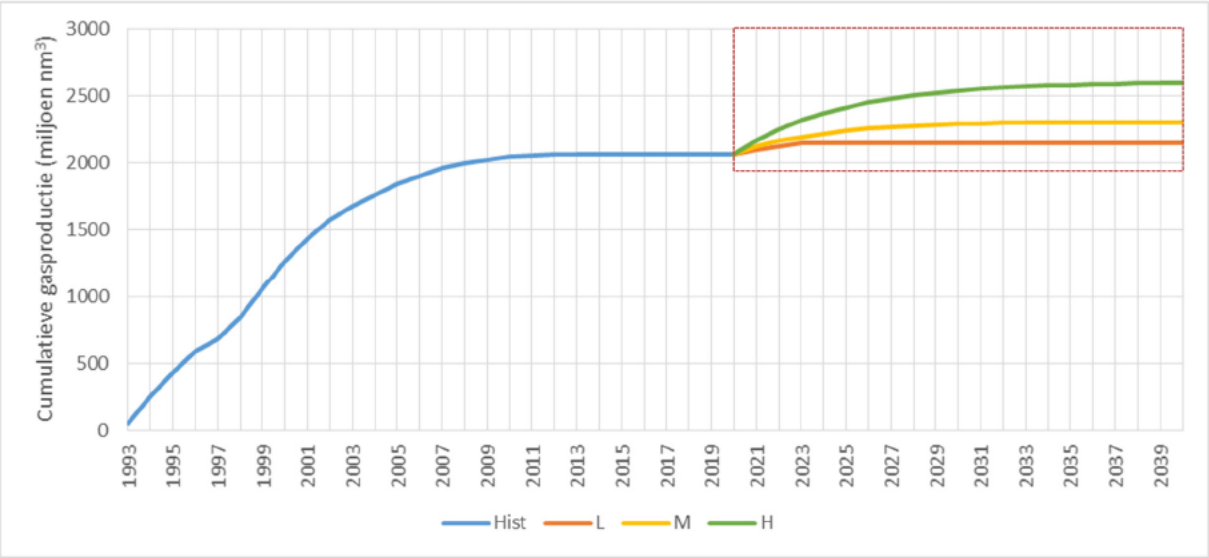
Figuur 5-2 geeft de verwachte toekomstige productie per jaar weer, en Figuur 5-4 de cumulatieve productie. De corresponderende productiecijfers zijn gegeven in Tabel 5-2. Voor de figuren is aangenomen dat de productie start op 1-1-2020. In werkelijkheid zal de exacte startdatum van productie eerder of later zijn, afhankelijk van o.a. de datum van goedkeuring van dit winningsplan en hoe de boring van de putaftakking verloopt. In dat geval verschuift het profiel corresponderend.



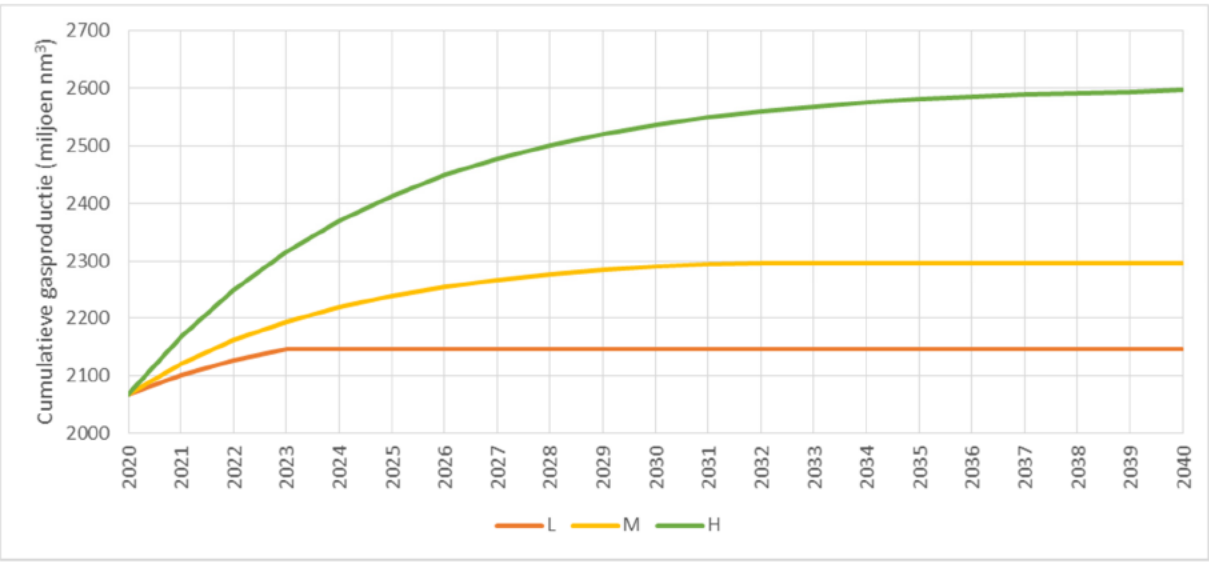
Figuur 5-2: Oldelamer productiegeschiedenis en -voorspellingen, hoeveelheid per jaar. Het toekomstige deel is hieronder apart afgebeeld



Figuur 5-3: Oldelamer productievoorspellingen, hoeveelheid per jaar



Figuur 5-4: Oldelamer productiegeschiedenis en -voorspellingen, cumulatieve hoeveelheid. Het toekomstige deel is hieronder apart afgebeeld



Figuur 5-5: Oldelamer productievoorspellingen, cumulatieve hoeveelheid

Tabel 5-2 Productiegetallen, conform Figuur 5-2, in miljoen nm³.

Voorspelling jaarlijkse productie Oldelamer voorkomen, miljoen nm³			
Jaar	**L**	**M**	**H**
2020	33	53	100
2021	26	41	81
2022	20	32	66
2023	0	25	54
2024	0	20	44
2025	0	16	36
2026	0	12	29
2027	0	10	24
2028	0	8	19
2029	0	6	16
2030	0	5	13
2031	0	2	10
2032	0	0	8
2033	0	0	7
2034	0	0	6
2035	0	0	5
2036	0	0	4
2037	0	0	3
2038	0	0	2
2039	0	0	2
Totaal Voorspelling	**79**	**229**	**528**
Reeds geproduceerd 1993-2013	**2068**		
Totaal	**2147**	**2297**	**2596**

5.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productie opbrengsten zullen overstijgen. Naar verwachting zal de productie uiterlijk tot in 2039 duren.

Het einde van de productie zou eerder of later kunnen plaatsvinden als gevolg van onverwachte technische of andere oorzaken. In het bijzonder kan de (verhoogde) productie uit andere voorkomens in de pijpleiding naar GTC de gasstroom van de putlocatie naar GTC hinderen, waardoor de jaarlijkse productie lager wordt, en waardoor de einddatum uitgesteld wordt.

De einddatum van productie is dus onzeker, niet alleen vanwege onzekerheden in de analyse van de ondergrond, maar ook doordat toekomstige operationele ontwikkelingen niet allemaal voorspeld kunnen worden. Bovendien kan de termijn voor de afronding van de wettelijke procedures niet geheel voorspeld worden.

5.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning

Er zal geen eigen gebruik zijn van koolwaterstoffen op locatie.

5.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen

De hoeveelheid afgefakkeld en afgeblazen aardgas is marginaal en beperkt zich tot hoeveelheden die verloren gaan bij het druk-vrij maken van het systeem in verband met geplande onderhouds- en inspectiewerkzaamheden.

5.9 Gassamenstelling en stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd

Tabel 5-3 geeft de samenstelling van het geproduceerde gas uit het Oldelamer voorkomen, o.b.v. analyses aan gasmonsters uit Oldelamer.

Tabel 5-3: Samenstelling van het Oldelamer gas

Component	Percentage
N_2	11.86
CO_2	0.25
CH_4	83.94
C_2H_6	3.02
C_3+	<0.93

Met het aardgas worden water (condenswater en formatiewater) en aardgascondensaat mee-geproduceerd. In de tabel hieronder is een schatting gemaakt van de maximaal mee-geproduceerde hoeveelheden. De gegeven waterproductie wordt mogelijk verwacht ten tijde van lage gasproductie tegen het einde van het leven van de put.

Tabel 5-4: Maximum water- en condensaat productie-verwachtingen voor het Oldelamer voorkomen.

Maximale hoeveelheid mee-geproduceerde stoffen		
Waterproductie	10-20 m^3/d	Schatting van waterproductie op het eind van het veldleven. Bij de start van productie is de waterproductie veel lager (<1 m^3/d)
Aardgascondensaat	10 $m^3/10^6$ nm^3	Op basis van 2012-2013 productiewaarden OLR-02

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

Op de winningslocatie 'Oldelamer-01/-02' worden geen stoffen in de ondergrond teruggebracht.

Het geproduceerde water wordt via vrachtwagens naar een externe locatie getransporteerd, en daar in de diepe ondergrond teruggebracht. Het transport zal binnen de grenzen blijven die door de relevante vergunningen gesteld zijn.

Het condensaat wordt, samen met het aardgas, via een ondergrondse transportleiding getransporteerd naar aardgasbehandelingsstation Garijp (GTC).

6 Bodemdaling

De uiteindelijke verwachte daling op het diepste punt van de bodemdalingskom boven het Oldelamer voorkomen is geschat op maximaal 3 cm. De reeds opgetreden bodemdaling over de periode 1993-2018 is 1-2 cm.

6.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand

6.1.1 Gaswinning

Aardgas zit op ongeveer 2 kilometer diepte onder druk in een poreuze gesteentelaag, zoals zandsteen- of kalksteen-lagen. Het reservoir wordt afgesloten door een niet-doorlatend gesteente, bijvoorbeeld een kleisteen, anhydriet, of steenzout.

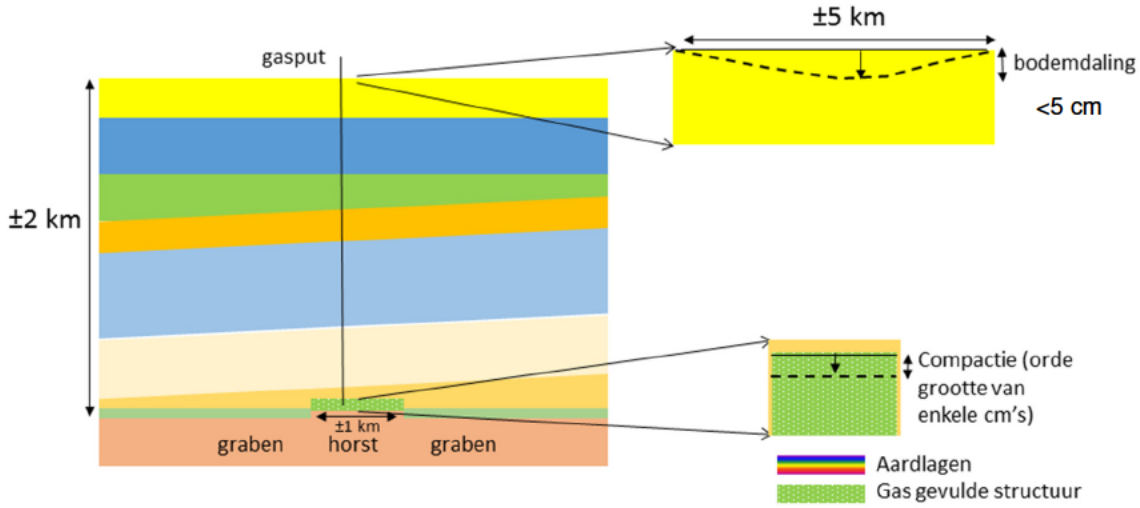
De lagen zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten in de geologische geschiedenis is er reliëf ontstaan in de lagen. Het gas zal, omdat het lichter dan water is, zich verzamelen in de hoogste plaatsen; boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Bij gaswinning laat men het gas ontsnappen door een put die in het hoogste punt van het reservoir geplaatst wordt. Als gevolg van het ontsnappen van het gas zal de druk in het reservoir dalen. De winning stopt als de druk zo laag is dat er onvoldoende gas door de put naar boven stroomt, of als de drukdaling ertoe leidt dat het reservoir gesteente rond de put volloopt met water.

6.1.2 De oorzaken van bodemdaling

Het gevolg van de drukdaling in het reservoir is dat het reservoir compacteert, d.w.z. dat de poriën een klein beetje inzakken als gevolg van het gewicht van de bovenliggende aardlagen doordat de tegendruk van het gas vermindert.

De mate van compactie hangt af van de gesteente-eigenschappen, en van de hoeveelheid drukdaling. Een vuistregel is dat de compactie 0,1% tot 0,2% van de hoogte van het reservoir bedraagt bij maximale drukdaling in het reservoir, aan het einde van de levensduur van het voorkomen.



Figuur 6-1: Schetsmatige, generieke, doorsnede van een gasreservoir.

Als het reservoir compacteert op ±2km diepte, zullen ook de lagen erboven een beetje inzakken. Bij dat dalingsproces verdeelt het volume van de compactie zich, zodat aan de oppervlakte een bodemdalingskom ontstaat. De dalingskom heeft de vorm van een heel platte schotel. Aan de randen gaat de daling geleidelijk naar nul, in het midden vindt de grootste daling plaats. Het volume van de kom is ongeveer even groot als de volumeverandering van het reservoir. Het oppervlak van de kom is groter dan het oppervlak van het reservoir; aan alle kanten komt er een afstand bij ongeveer gelijk aan de diepte van het reservoir. Hierdoor is de bodemdaling op het diepste punt van de kom aan de

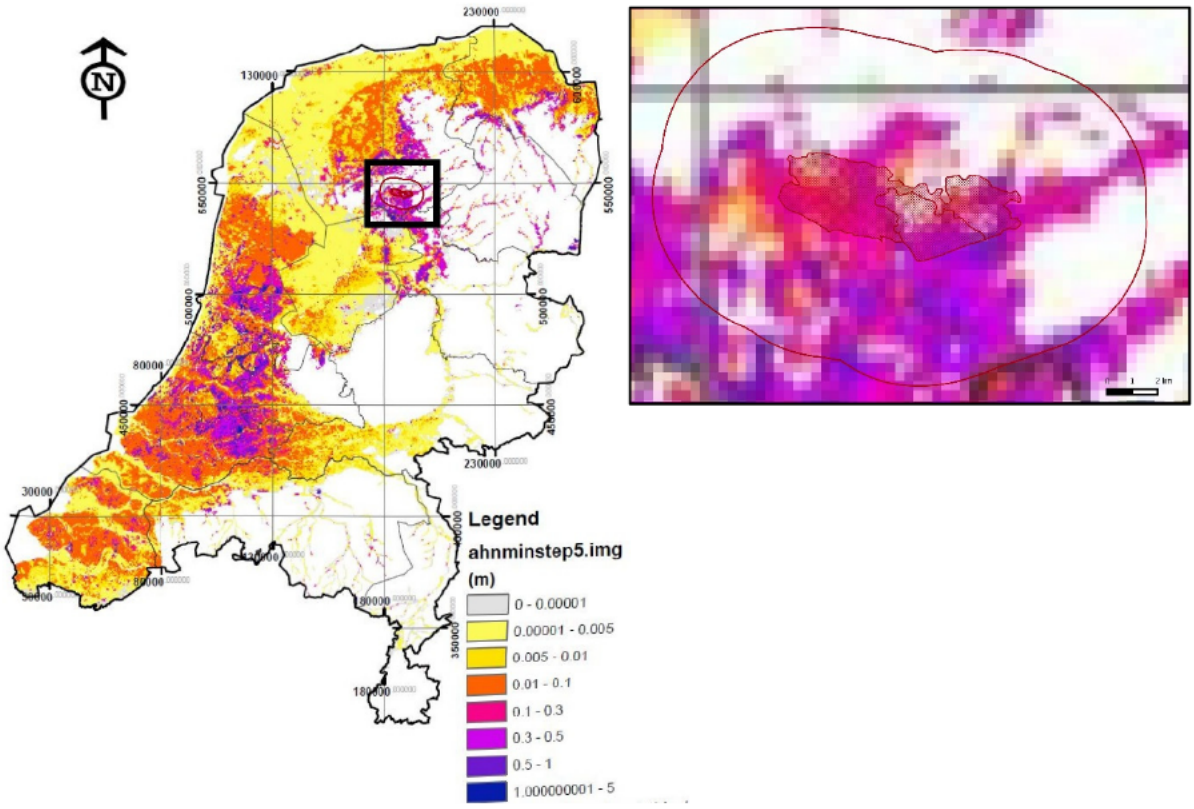
oppervlakte minder dan de compactie op ±2 km diepte in het reservoir. Figuur 6-1 geeft dit schematisch weer voor een reservoir op 2 km diepte met een doorsnede van 1 km.

6.1.3 Autonome bodemdaling

Naast bodemdaling door mijnbouwactiviteiten, vindt er ook zogenaamde *autonome* bodemdaling plaats. Die is onafhankelijk van de gaswinning. Dat gebeurt door verschillende mechanismes, waar veen- en klei-inklinking er een van is.

Door Deltares is de autonome maaiveldddaling in heel Nederland in kaart gebracht (ref. 1). Die daling is gerelateerd aan de samenstelling van de ondiepere ondergrond (bijvoorbeeld aan de aanwezigheid van veen en klei). Rond het Oldelamer voorkomen komen waarden van rond de 10-50 cm over een periode van 50 jaar voor (Figuur 6-2).

De metingen van Vermilion worden zo uitgevoerd dat de focus niet ligt op processen in de bovenste meters (ref. 17). Desalniettemin zullen er i.h.a. enige effecten van autonome daling te zien zijn.



Figuur 6-2: Maaivelddaling 50 jaar na 2011 (Deltares, ref. 1), schaal in m. De locatie van Oldelamer is aangegeven, de inzet geeft een uitvergroting. De cirkel geeft een straal van 5 km rond het voorkomen.

6.1.4 Meten en voorspellen van bodemdaling

In het kader van de gaswinning moet een *meetplan* opgesteld worden. Hierbij wordt de bodemdaling in een ruim gebied rondom het gasvoorkomen gemeten. Dat gebeurt door waterpassing op een reeks punten in een *meetnet*, boven en rondom het voorkomen, vaak aangevuld met GPS metingen op specifieke locaties. Voor het opstellen van een meetplan bestaan wettelijke regels en de zogenaamde 'Industrieleidraad – Geodetische basis voor Mijnbouw' (Ref. 2). 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 goedkeuring van de minister van Economische Zaken en Klimaat.

De nauwkeurigheid van deze metingen hangt af van de specifieke vorm van het meetnet, en van de mogelijkheid goed gefundeerde peilmerken te plaatsen. In het algemeen zullen de metingen een onnauwkeurigheid van 2-5 mm hebben. Bij de analyse van de metingen moet dan nog bekeken worden

in welke mate ze door autonome bodemdaling beïnvloed worden. Uiteindelijk geeft dat voor de schatting van de hoeveelheid door gaswinning veroorzaakte bodemdaling een onnauwkeurigheid van typisch 1 cm. Deze onnauwkeurigheid is niet in alle gebieden gelijk.

Als bodemdalingsgebieden van verschillende voorkomens overlappen, dan zullen ook de meetplannen overlappen. In sommige gevallen zal er dan voor gekozen worden de meetplannen samen te voegen, ook weer in overleg met SodM.

Voorafgaand aan de winning wordt er een model gemaakt om de bodemdaling te voorspellen. De complexiteit van het model zal afhangen van de complexiteit van de ondergrond-situatie. De parameters in het model zijn gebaseerd op ervaringen in eerdere, soortgelijke, voorkomens. De voorspelde bodemdaling wordt vastgelegd in dit document.

Omdat het diepte-verloop van de lagen alleen indirect gemeten kan worden, en de eigenschappen van de gesteentelagen maar op enkele punten bekend zijn (uit eerdere boringen), zijn er onzekerheden in de voorspellingen voor de grootte van een gasvoorkomen. In veel gevallen zal het voorafgaand aan de boring niet zeker zijn of er wel gas aanwezig is. Daarnaast zal er enige onzekerheid zijn over specifieke parameters (zoals samendrukbaarheid) van het gesteente. Het gevolg is dat de dalingsvoorspelling door onzekerheidsmarges omgeven is. Deze onzekerheidsmarges worden ook in dit winningsplan besproken.

Mocht de gemeten bodemdaling onverhoopt niet verlopen overeenkomstig de in het winningsplan aangegeven voorspellingen, dan zal Vermilion de bodemdalingsmodellen en de parameters van het model evalueren om te achterhalen waarom de gemeten waarden niet overeenkomen met de voorspellingen. Vermilion zal SodM als toezichthouder hierover informeren. Wanneer wordt geconcludeerd dat de maximale verwachte bodemdaling zoals in het winningsplan aangegeven zal worden overschreden, zal Vermilion een aangepast winningsplan indienen. Dit aangepaste winningsplan behoeft de instemming van de Minister.

6.2 Bodemdalingsmodel

De historische en toekomstige bodemdaling is berekend aan de hand van de methode van G.H.C. van Opstal (ref. 13). Deze methode is verwerkt in het computer programma MATLAB, volgens een methode die door TNO opgezet is, en door SodM goedgekeurd. De resultaten van de bodemdalingsberekening worden door SodM en TNO gecontroleerd. In paragraaf 15.1 wordt het bodemdalingsmodel in meer detail besproken.

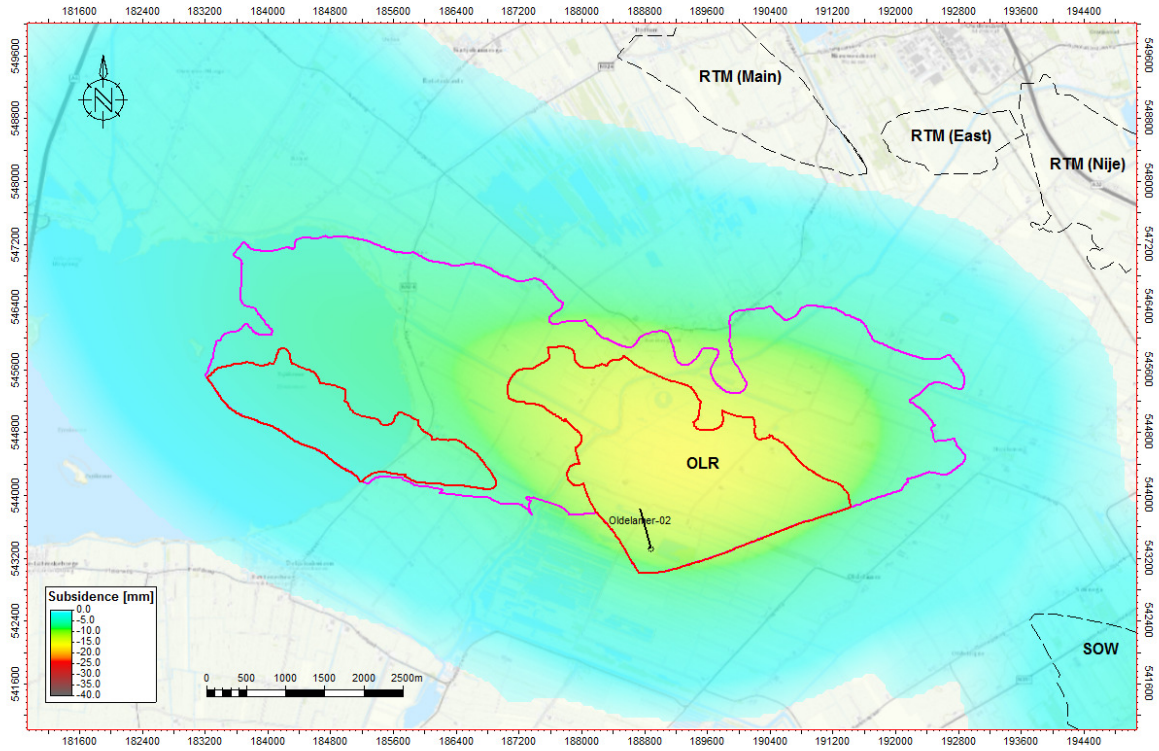
De bodemdaling wordt berekend rekening houdend met de onzekerheid van de model-input. Met de onzekerheidsmarge wordt als volgt omgegaan: om een conservatieve (ongunstige) schatting te geven, is het gebruikelijk de zogenaamde *P10* waarde te gebruiken. Dat is de waarde die met een 90% zekerheid niet overschreden wordt. De getallen die in dit winningsplan vermeld worden en de bodemdalingskaarten (Figuur 6-3) zijn gebaseerd op een realisatie die tot zo'n conservatieve P10 daling leidt.

6.3 Historische bodemdaling

De reeds opgetreden bodemdaling sinds de start van de winning in 1993 is 1-2 cm. Er is relatief veel ruis in de metingen van het meetplan Oldelamer, en meerdere peilmerken vertonen tekenen van instabiliteit. Daarom is de onzekerheidsmarge van de gemeten bodemdaling relatief groot (0.5-1 cm). De analyse van de bodemdalingsmetingen is opgenomen in Bijlage 15.2.

De gemeten bodemdaling (eind 2016) is gebruikt om de modelberekening te kalibreren. Het resultaat van de modelberekening is weergegeven in Figuur 6-4 en in meer detail beschreven in Bijlage 15.3.

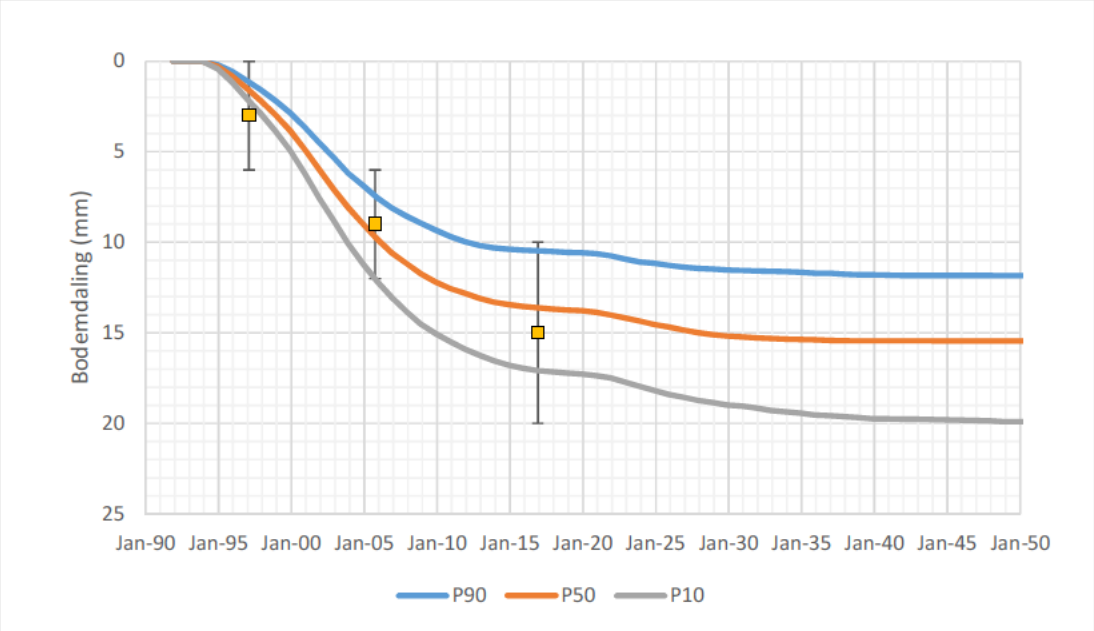
De bodemdalingskaart van de historische daling is weergegeven in Figuur 6-3.



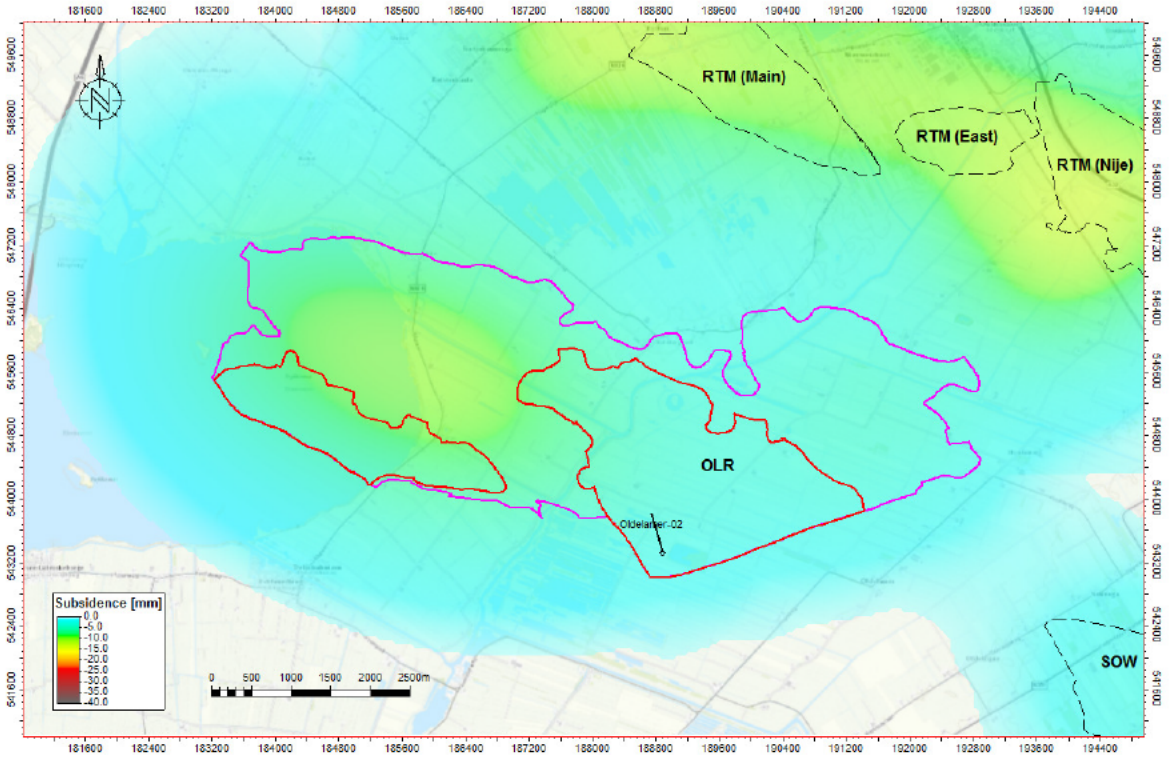
Figuur 6-3 Samengestelde historische daling (van 1993 tot 2018) rondom het Oldelamer voorkomen, in millimeters. De kaart is een modelberekening, gekalibreerd aan de metingen. Zie Bijlage 14 voor een overzicht van de gebruikte contouren en de geologische kaart waarop deze gebaseerd zijn. Omdat de contourafstand 2 cm is, en de bodemdaling minder dan dat, zijn er geen contouren zichtbaar.

6.4 Bodemdalingsvooruitzichten en -onzekerheid

De toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning uit het Oldelamer voorkomen is geschat op maximaal 1 cm, boven het westelijke gedeelte (zie Figuur 6-5). De uiteindelijke (historische plus toekomstige) bodemdaling komt uit op maximaal 3 cm op het diepste punt van de bodemdalingskom, centraal boven het Oldelamer voorkomen (zie Figuur 6-6). Figuur 6-4 geeft de bodemdaling als functie van de tijd, op het diepste punt van de uiteindelijke bodemdalingskom boven het Oldelamer voorkomen.



Figuur 6-4 Uitkomst modelberekening bodemdaling, gekalibreerd aan de gemeten bodemdaling met onzekerheidsmarge.

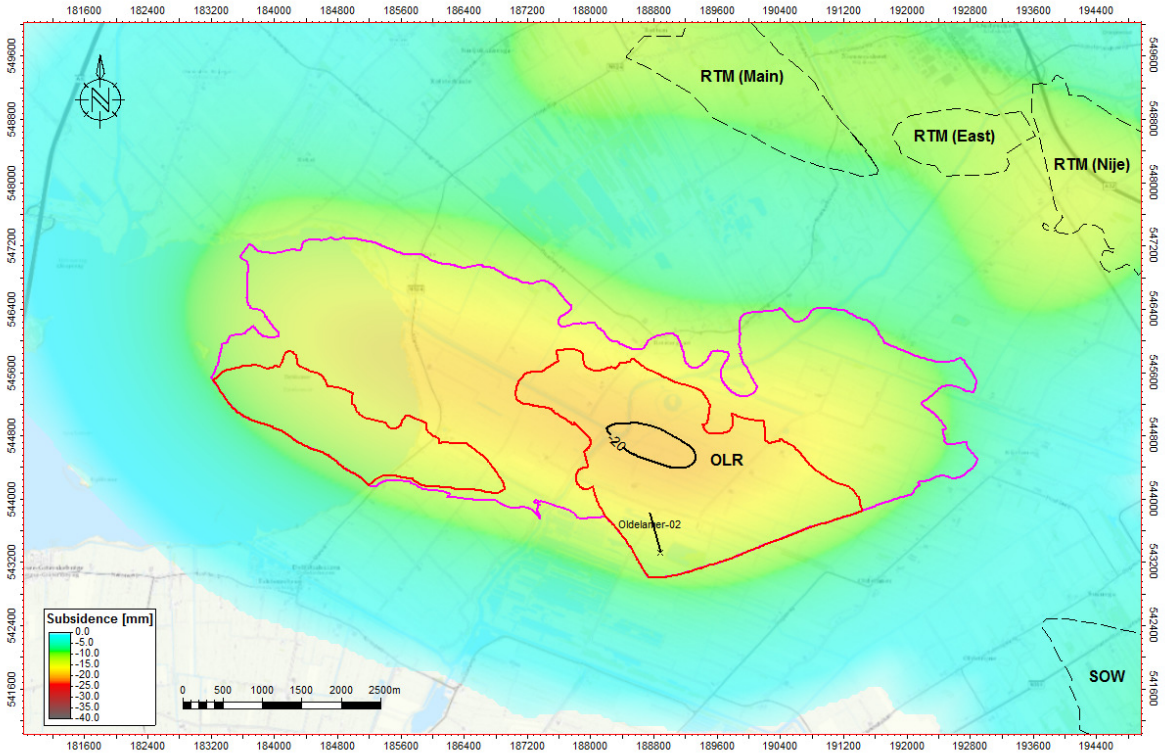


Figuur 6-5 Toekomstige verwachte samengestelde bodemdaling (P10) (na 2018) rondom het Oldelamer voorkomen, in millimeters. Zie Bijlage 14 voor een overzicht van de gebruikte contouren en de geologische kaart waarop deze gebaseerd zijn. Omdat de contourafstand 2 cm is, en de bodemdaling minder dan dat, zijn er geen contouren zichtbaar.

De combinatie van historische (Figuur 6-3) en toekomstige (Figuur 6-5) bodemdaling geeft de uiteindelijke maximale verwachte bodemdaling zoals weergegeven in Figuur 6-6.

Merk op dat de geschatte gasdalings-meetonnauwkeurigheid in dit gebied wat hoger is dan in sommige andere gebieden, ongeveer 0.5-1 cm (ref. 17, par. 15.2). Met andere woorden, dalingsverschillen van minder dan 0.5-1 cm kunnen niet eenduidig worden vastgesteld.

Merk op dat bij de bodemdalingsprognoses wordt een zogenaamde “P10” waarde gehanteerd. Dat betekent dat de overschrijdingskans op 10% wordt geschat. Indien de toekomstige bodemdaling groter is dan de verwachte P10 daling, maar binnen de marge van de meetonnauwkeurigheid, dan wordt niet verwacht dat dat tot andere effecten aanleiding kan geven.



Figuur 6-6 Uiteindelijke verwachte maximale samengestelde bodemdaling (P10, historisch + toekomstig) rondom het Oldelamer voorkomen, in millimeters.

6.5 Monitoring van bodemdaling

Het monitoren van bodemdaling gebeurt door een vlakdekkende waterpasmeting uit te voeren zoals opgenomen in het meetplan Oldelamer (Ref. 16).

Het meetnet van dit meetplan zal aangepast worden voor het grotere winningsgebied; het aangepaste meetnet is ter goedkeuring aan SodM. Voor de uitbreiding zal een bodemdalingsnulmeting worden uitgevoerd voor aanvang van de productie uit de aftakking.

De resultaten van de meetplannen, de meetregisters, worden gedeeld en besproken met SodM, en dat geldt ook voor de analyses die Vermilion van de resultaten maakt.

6.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

6.6.1 Gevolgen voor gebouwen en infrastructuur

Of een gebouw, of infrastructuur, schade oploopt door bodemdaling wordt vooral bepaald door de afstands-schaal waarop die daling verloopt. Bodemdaling heeft nauwelijks invloed als ze gelijk is over het hele funderingsoppervlak. Ook een beperkte scheefstand heeft meestal geen gevolgen. Schade aan gebouwen door bodemdaling ontstaat wanneer er verschilzakking optreed, i.e. als de zakking ongelijkmatig is, en daardoor leidt tot kromming van een gebouw.

De bodemdalingskom door aardgaswinning is regelmatig. De dalingen verlopen geleidelijk, over meerdere kilometers. Er treden dus aan het terreinoppervlak uiterst geringe hellingen op (<1 cm per km), en nog veel geringere ongelijkmatigheden. De daling komt bovendien zeer langzaam tot stand, over een periode van jaren.

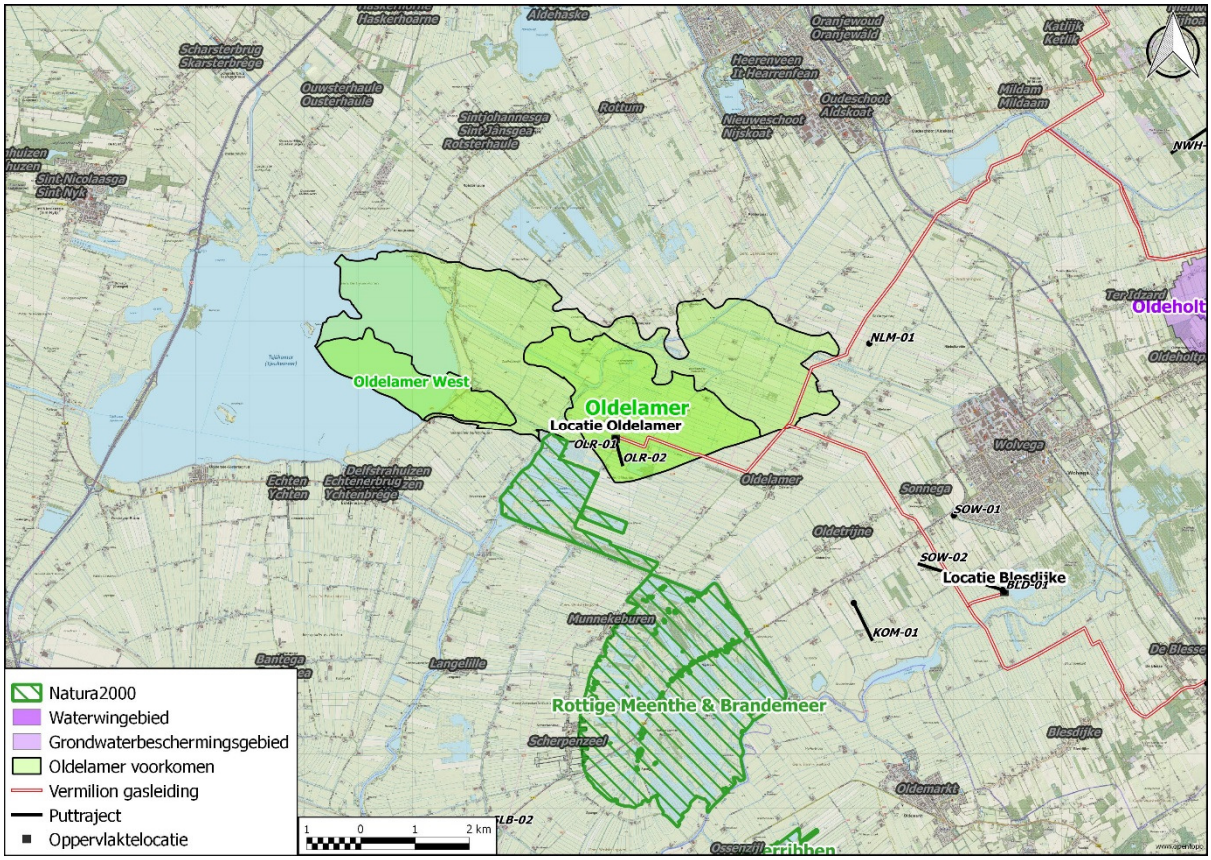
Daarom zal een gebouw geen schade oplopen, of het nu midden in de dalingskom staat of meer naar de rand. Uit tot op heden uitgevoerd onderzoek is dan ook steeds geconstateerd dat er geen gebouwschade ter verwachten is door bodemdaling als gevolg van gaswinning (Ref. 20, Ref. 21).

*6.6.2 **Gevolgen voor natuur en milieu***

De bodemdaling verloopt zeer geleidelijk, met een uiterst geringe hellingshoek, en de opbouw duurt jaren zodat er geen plotselinge veranderingen plaatsvinden. Zo'n helling is niet merkbaar, en heeft geen effecten op natuur of milieu.

Het relatieve waterpeil wordt beïnvloed door de bodemdaling, en het is mogelijk dat er op zeker moment aanpassingen nodig zijn om vernatting te voorkomen.

Bij de beoordeling van bodemdalingsgevolgen hanteert Wetterskip Fryslân i.h.a. een kritische grens van vijf centimeter. Bij bodemdaling tot 5 centimeter is geen compensatie voor het watersysteem noodzakelijk, tenzij de veiligheid in het geding is. De gevolgen van de bodemdaling op het water peil zullen besproken worden met het Wetterskip Fryslân.



Figuur 6-7 Ligging van het Oldelamer voorkomen ten opzichte van waterwingebieden en Natura-2000 gebieden.

De locatie 'OLR-01/-02' is gelegen buiten Natura-2000 gebied (Figuur 6-7). Naar verwachting zal een gedeelte van de bodemdaling optreden binnen het Natura-2000 gebied. Daarom is een uitgebreide natuurtoets aan dit winningsplan toegevoegd, waarin de effecten op natuur en milieu zijn onderzocht (zie Bijlage 18, waarin de P10 dalingskom als uitgangspunt gebruikt wordt). Hieruit blijkt dat negatieve effecten op beschermde natuurwaarden op voorhand zijn uit te sluiten. Er is geen nader onderzoek in het kader van de Wet natuurbescherming noodzakelijk.

6.7 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken

Vanwege de geringe maximale bodemdaling, worden geen nadelige gevolgen voorzien, en wordt niet voorzien in (extra) maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken, anders dan het periodiek monitoren van de bodemdaling volgens het meetplan.

De afhandeling van eventuele schade wordt besproken in paragraaf 8.2.

7 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat het Oldelamer voorkomen in de laagste seismische risicocategorie valt. De kans op een geïnduceerde beving met een magnitude groter dan 1.5 wordt verwaarloosbaar geacht.

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

Als gevolg van de compactie, het inzakken van het reservoir-gesteente door druk-daling, ontstaan er kleine verplaatsingen (zettingen) in de diepe ondergrond. Als deze bij een breuk plaatsvinden, kunnen er zettingsverschillen aan weerszijden van de breuk optreden. Door de zettingsverschillen gebeurt het soms dat het gesteente aan weerszijden van de breuk t.o.v. elkaar beweegt. Dit veroorzaakt een trilling. Zo'n trilling wordt een geïnduceerde beving genoemd om aan te geven dat hij door menselijk handelen is veroorzaakt. Als gevolg van het feit dat deze trillingen ontstaan door bewegingen langs de breukvlakken in of nabij aardgasreservoirs, zal het bronpunt van de beving, het zogeheten *hypocentrum,* op enkele kilometers diepte liggen. Natuurlijke bevingen hebben over het algemeen een veel dieper hypocentrum.

Voor de kans op bevingen is het dus van belang of en wat voor breuken in de gesteentelagen in (de buurt van) het reservoir aanwezig zijn. Tevens geldt: hoe groter de compactie van het reservoir, hoe groter de kans dat er significante zettingsverschillen over een breuk plaatsvinden.

Bij de afschatting van de kans op bevingen wordt dan ook naar de drukdaling en de daaropvolgende compactie gekeken. Daarnaast wordt de breuk-configuratie geanalyseerd, en de stijfheid van het gesteente. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een analyse-protocol dat door SodM in samenwerking met TNO ontwikkeld is (ref. 5).

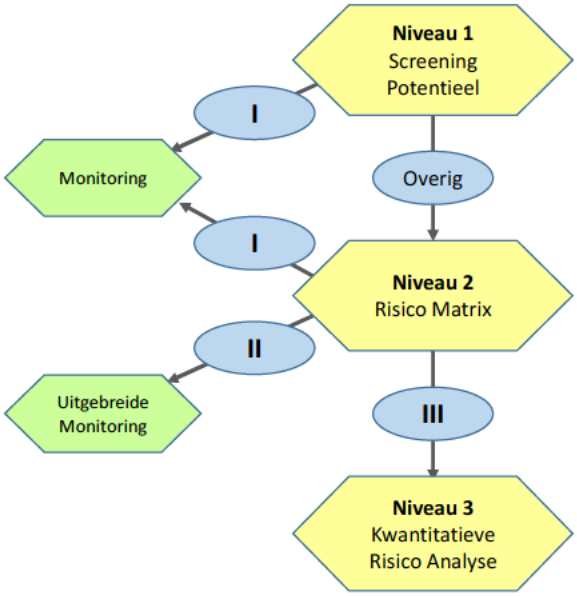
Naast de ondergrond-situatie, wordt in dat protocol ook de situatie aan het oppervlak bekeken. De aard van de bebouwing en infrastructuur in de omgeving van het voorkomen wordt meegewogen. Bij de effecten die aan de oppervlakte merkbaar zijn, speelt niet alleen de sterkte en de diepte van de beving een rol, maar ook de samenstelling van de ondiepe ondergrond. Met name bepaalde zand/veen combinaties kunnen extra gevoeligheid veroorzaken. Als de kans op significante bevingen aanwezig is, dan wordt dus ook met de grondsamenstelling rekening gehouden bij de afschatting van aardbevingsrisico's.

7.2 Historische bevingen in de voorkomens van dit winningsplan

Er zijn geen bevingen boven of in het Oldelamer voorkomen geweest. De meest nabije geïnduceerde beving vond plaats in 2009 bij het dorp De Hoeve (tien kilometer ten oosten van het Oldelamer voorkomen). Deze werd veroorzaakt door injectie van water in WSF-01 (zie ref. 7, 22). Die beving was niet gerelateerd aan de winning bij De Hoeve, deze winning bestond toen nog niet.

7.3 Seismische Risico Analyse

Het kader en de hier beschreven methodiek is gebaseerd op: *Methodiek Voor Risicoanalyse Omtrent Geïnduceerde Bevingen Door Gaswinning*; Tijdelijke Leidraad Voor Adressering Mbb. 24.1.p, Versie 1.2, 1 februari 2016, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) (ref. 5).



Figuur 7-1: Weergave van de verschillende stappen in de seismische risico analyse (SRA).

In de eerste stap (Niveau 1) wordt eerst gekeken naar de kans op een trilling (met een magnitude groter dan 1.5 op de schaal van Richter). Daarbij wordt gekeken naar de breuk-configuratie in het voorkomen, en naar de stijfheidsverhouding tussen de reservoir-lagen en het afdekkende gesteente. Als er meer breuken zijn, neemt de kans toe. Hetzelfde geldt als het afdekkende gesteente stijver is ten opzichte van het reservoir.

Tenzij de resulterende kans verwaarloosbaar is, wordt vervolgens de maximale magnitude uitgerekend. Daarbij speelt de lengte van de breuken waarlangs differentiële zettingen kunnen optreden, de breukhoogte, en de hoeveelheid compactie een rol. Als de maximale magnitude onder de 2.5 ligt, is een analyse op Niveau 2 niet nodig, en volgt een indeling in Categorie I. Er hoeven dan geen verdere maatregelen genomen te worden bovenop monitoring van het voorkomen met het bestaande KNMI seismometer-meetnet.

Bij een Niveau-2 analyse wordt ook gekeken naar de effecten van een eventuele trilling aan het oppervlak, op gebouwen en infrastructuur. Als de kans/gevolg combinatie daartoe aanleiding geeft, zal het voorkomen in Categorie-II worden ingedeeld. In Categorie-II worden extra eisen aan de monitoring gesteld, en moet een (generiek) beheersplan worden opgesteld.

Het resultaat van het doorlopen van deze methodiek voor het Oldelamer voorkomen, is dat de kans op een beving (met een magnitude groter dan 1.5) verwaarloosbaar is.

De analyse wordt in meer detail in de bijlage (hoofdstuk 17) uitgewerkt.

Volgens de hierboven beschreven methodiek is een Niveau 2 analyse niet nodig voor Oldelamer.

7.4 Monitoring van bodemtrillingen

Het monitoren van de seismische activiteit rondom het Oldelamer voorkomen zal worden gerealiseerd met behulp van het huidige KNMI netwerk (Figuur 17-6). Vermilion is, in overleg met KNMI, bezig om de dekkingsgraad van het seismometer-netwerk te verbeteren. Een aantal additionele stations zijn al gerealiseerd, waarmee de dekkingsgraad bij het voorkomen Oldelamer ruim voldoende is.

7.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning

7.5.1 Schade openbare infrastructuur door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning

Omdat de kans op bevingen verwaarloosbaar is, wordt geen of zeer beperkte schade aan infrastructuur verwacht (zie ook Ref.8).

7.5.2 Schade aan bouwwerken door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning

Omdat de kans op bevingen verwaarloosbaar is, wordt geen of zeer beperkte schade aan gebouwen verwacht (Ref. 9, 10,11).

7.5.3 Gevolgen voor natuur en milieu door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning

Er is geen oorzaak-effect relatie bekend waarmee bodemtrillingen kunnen leiden tot schade aan natuur of milieu (anders dan schade aan infrastructuur en bouwwerken, waarop hierboven is ingegaan). Daarom worden schadelijke effecten op natuur en milieu ten gevolge bodemtrillingen niet verwacht.

7.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemtrillingen te voorkomen of te beperken

Gezien de indeling in categorie I (omdat de maximale sterkte te klein is om significante oppervlakte-impact te hebben) voorziet het productieproces niet in maatregelen om trillingen te voorkomen of te beperken.

De afhandeling van eventuele schade wordt besproken in paragraaf 8.2.

8 Overige Omgevingsaspecten

8.1 Inleiding

De opsporing, winning en opslag van aardgas kan mogelijke gevolgen vanwege activiteiten aan het oppervlak hebben, anders dan bodemdaling en trillingen zoals omschreven in dit winningsplan. Deze mogelijke gevolgen worden beoordeeld door het bevoegd gezag in andere vergunningen dan het winningsplan.

De gevolgen voor de leefomgeving van de productie, zoals emissies naar de lucht, geluid, externe veiligheid, bodemverontreiniging en grond- en oppervlaktewaterverontreiniging worden beoordeeld in de omgevingsvergunning milieu van de mijnbouwlocatie. 'Oldelamer-01/-02' is een bestaande mijnbouwlocatie. De vigerende omgevingsvergunning is DGETM-EO/18031972 d.d. 22.02.2018. De productie zoals omschreven in dit winningsplan valt onder deze vergunning.

Als activiteiten, zoals onderhoudsactiviteiten, op de mijnbouwlocatie negatieve effecten zouden kunnen hebben op de aanwezige flora en fauna dan dient een ecologisch onderzoek uitgevoerd te worden. Indien effecten niet uitgesloten kunnen worden dan dient een ontheffing aangevraagd te worden. Dit wordt beoordeeld ten tijde van de voorbereiding van de betreffende activiteiten.

Indien activiteiten op de mijnbouwlocatie invloed kunnen hebben op de instandhoudingdoelstellingen van aangewezen Natura 2000-gebieden dan dienen de effecten en gevolgen onderzocht te worden en eventueel een passende beoordeling opgesteld te worden. Indien hieruit blijkt dat er negatieve effecten kunnen optreden, dan is een vergunning nodig. Een en ander wordt geregeld in de Wet Natuurbescherming. \ Dit wordt opnieuw beoordeeld bij een eventuele wijziging van de vergunning.

Voor het uitvoeren van een boring wordt eveneens een omgevingsvergunning milieu aangevraagd, waarin de gevolgen voor de leefomgeving worden beoordeeld. De omgevingsvergunning wordt voorafgegaan door een m.e.r.-beoordeling. De eventuele effecten op de natuur van de boring worden hierin behandeld.

8.2 Schade-afhandeling

Indien als gevolg van bodemtrillingen of bodemdaling door gaswinning toch schade ontstaat, dan zal deze worden vergoed overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht. Vermilion heeft een schadeprotocol opgesteld, dat op de website van Vermilion Nederland te vinden is (https://www.vermilionenergy.nl/onze-verantwoordelijkheid/vermilion-en-schade-door-aardgaswinning/schade-melden.cfm). Voor bodemdaling in Fryslân is er een specifieke regeling waarbij de afhandeling wordt uitgevoerd door de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân (http://www.bodemdalingfryslan.nl/).

8.3 Gedragscode

Vermilion is een van de ondertekenaars van de Gedragscode Gaswinning Kleine Velden. De gedragscode geeft algemene richtlijnen aan voor het zorgvuldig betrekken van de omgeving bij olie en gasprojecten uit kleine velden op land. Hierin hebben wij vastgelegd wat de omgeving van ons mag verwachten (https://www.onsaardgas.nl/nogepa/gedragscode/).

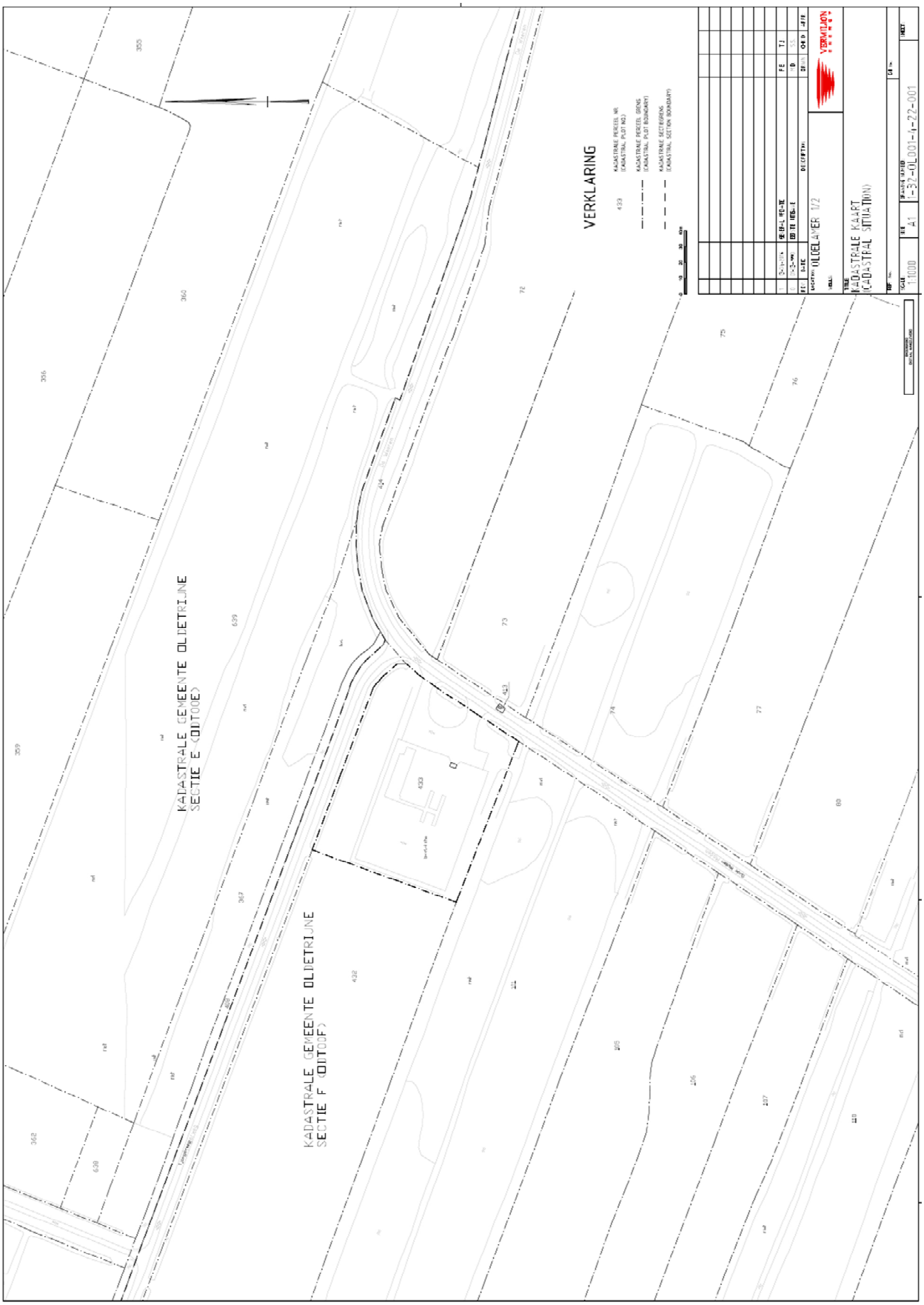
9 Verklarende woordenlijst

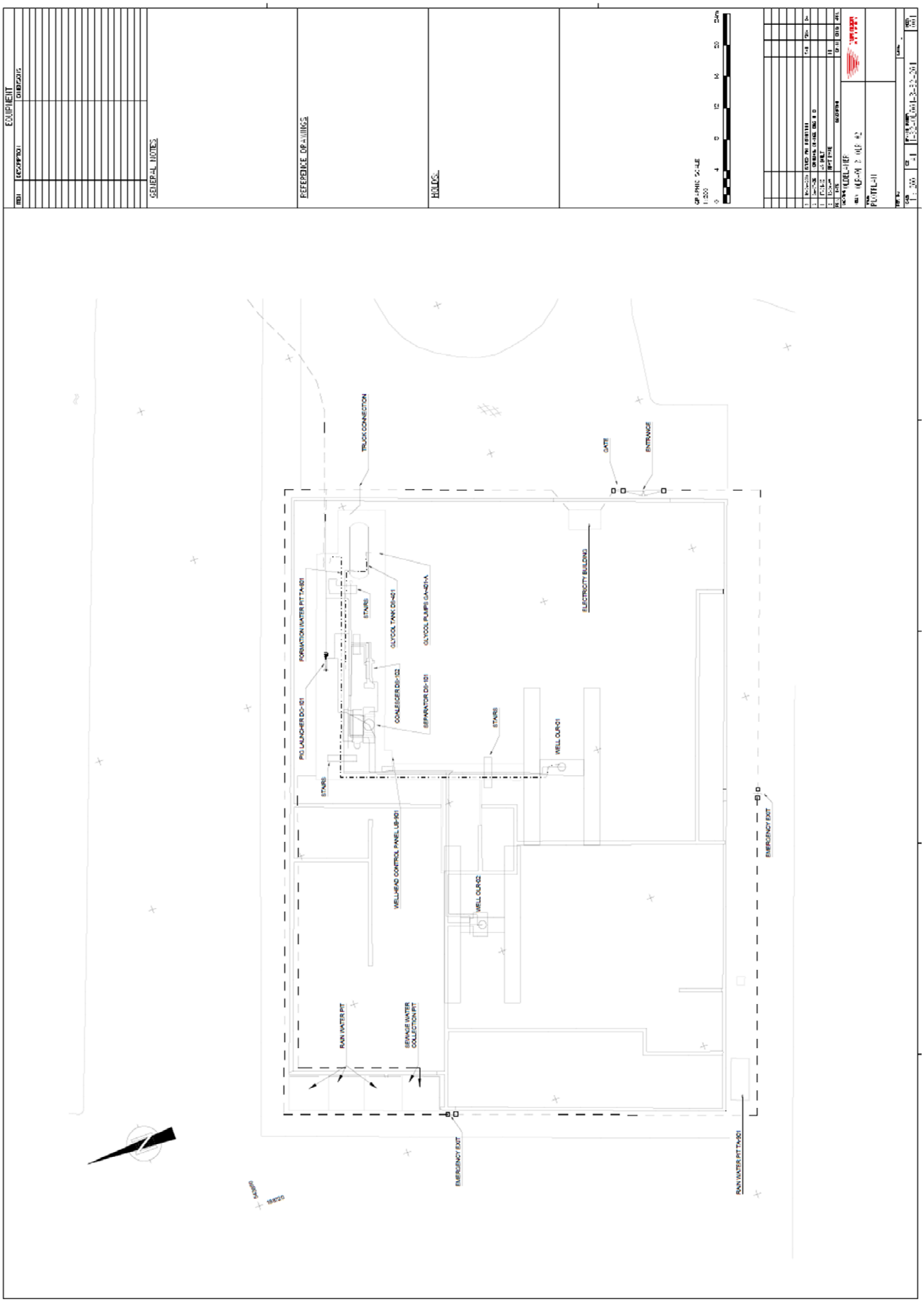
Aquifer	Watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
C_m	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente (eenheid: 1/bar).
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Completeren	Het (na de boring) geschikt maken van een (geboorde) put voor productie uit een specifieke geologische laag
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIIP *(of IGIP)*	Volume gas initieel aanwezig in het voorkomen (in nm^3)
GPS	Global Positioning System: systeem voor plaats- en hoogtebepaling met behulp van satellieten
GTC	Garijp Treating Centre
GWC	Gas-water contact diepte (in m onder NAP)
Kern	Gesteentemonster uit de ondergrond verkregen bij het boren van een put
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
mRT	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	m^3 bij 0 ^{0}C en 1.01325 bara (ref. 19)
OLR	Oldelamer voorkomen
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
RTM	Rottum voorkomen (nog niet aangeboord)
Seal	Afsluitende laag bovenop het gesteente dat het gas bevat
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SOW	Sonnega-Weststellingwerf voorkomen
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
VEN	Vermilion Energy Netherlands B.V.
Vermilion	Vermilion Energy Netherlands B.V.

10 Referenties

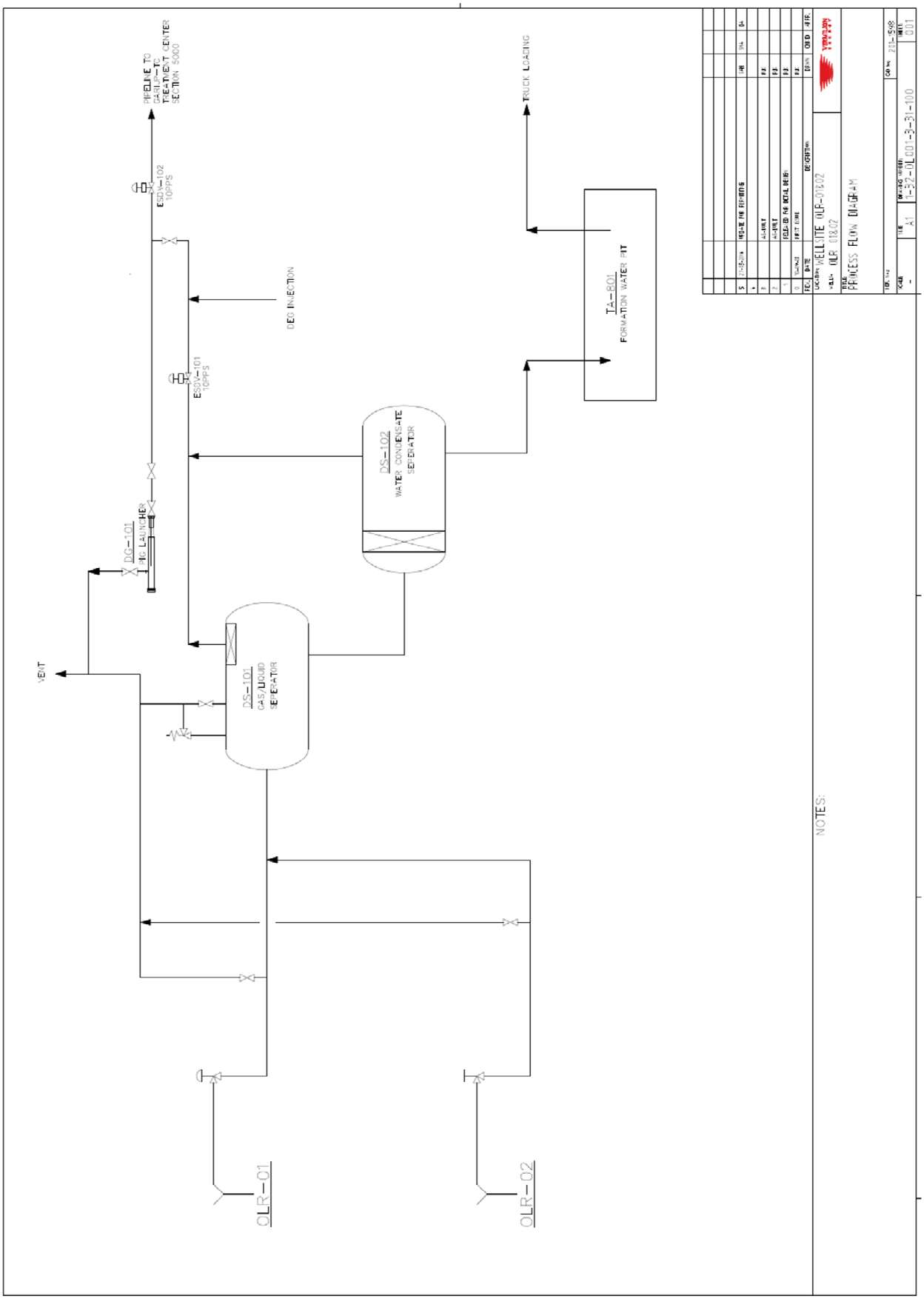
1. Deltares, *Bodemdalingskaarten*, 2011.
2. TCBB, *Industrieleidraad ter Geodetische bepaling van bodembeweging als gevolg van mijnbouwactiviteiten*, 2014.
3. TNO, *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland*, 2004 (NITG 04-171-C),
4. TNO, *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland*, update 2012 (R10198).
5. SodM, *Methodiek voor Risico-Analyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning* (Tijdelijke Leidraad), Februari 2016.
6. M. Leonard, "Earthquake Fault Scaling", *Bull. Seis. Soc. Am.*, **100** (2010), p. 1971
7. TNO, *Seismiciteit onshore gasvelden Nederland*, 2016 (R10164).
8. *Schade aan buisleiding door aardbeving, fase 1 inventarisatie*, Deltares Project report 1001649-000, 2010.
9. *Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen Integratie van deelstudies*, Wassing, B.B.T. (TNO) & Dost, B. (KNMI), Report nummer TNO 2012 R11139, 24 december 2012.
10. *De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte, ondiepe aardbevingen in Nederland: inventarisatie*, TNO Rapport 97-CON-R1523-1, door Van Staalduinen & Geurts, 1998.
11. *Seismisch Risico in Noord-Nederland*, Th. de Crook & H.W. Haak & B. Dost, februari 1998, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Afdeling Seismologie
12. *Modelling of stress development and fault slip in and around a producing gas reservoir*, F. Mulders, PhD thesis TU Delft, 2003
13. G.H.C. van Opstal: "The effect of base-rock rigidity on subsidence due to reservoir compaction". *Proc. 3rd Congress. Int. Soc. Rock Mech.*, Denver Colorado, September 1974, vol 2, part B
14. Nederlands Aardolie Maatschappij, *Bodemdalingsrapport Noord-Nederland*, 2015
15. *Geology of the Netherlands,* Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007
16. *Meetregister bij het meetplan Oldelamer*, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Oldelamer 2016, projectnummer 413398, 27 februari 2017
17. *Bodemdaling Statusrapport 2018 – Drenthe, Overijssel Friesland*, Vermilion, 2018
18. *NAP database GeoWeb, Rijkswaterstaat (https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb51/index.html?viewer=NAPinfo)*
19. *Physical Properties of Natural Gases*, Nederlandse Gasunie, 1988
20. TCBB, *Jaarverslag,* 2015
21. www.commissiebodemdaling.nl
22. KNMI, *Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010,* Scientific report WR 2012-03, 2012
23. Schadeprotocol Vermilion (https://www.vermilionenergy.nl/onze-verantwoordelijkheid/vermilion-en-schade-door-aardgaswinning/schade-melden.cfm)
24. Gedragscode Gaswinning Kleine Velden, NOGEPA, September 2017 (https://www.onsaardgas.nl/nogepa/gedragscode/)
25. Website Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân: http://www.bodemdalingfryslan.nl/

11 Bijlage: Plattegrond aardgaswinningslocatie




EQUIPMENT
GENERAL NOTES
REFERENCE DRAWINGS
HOLDS
TRUCK CONNECTION
GATE
ENTRANCE
ELECTRICITY BUILDING
FORMATION WATER PIT TK-601
PIG LAUNCHER DS-101
GLYCOL TANK DS-401
GLYCOL PUMPS GA-401A
COALESCER DS-102
SEPARATOR DS-101
STAIRS
WELL CLR-01
WELLHEAD CONTROL PANEL UE-901
WELL CLR-02
RAIN WATER PIT
SEWAGE WATER COLLECTION PIT
EMERGENCY EXIT
RAIN WATER PIT TK-901

12 Bijlage: Proces-stroomdiagram van aardgaswinningslocatie



13 Bijlage: Detailschema putverbuizingen

Het detailschema van de geplande aftakking is nog in de ontwerpfase.Verwacht wordt dat dat zeer vergelijkbaar zal zijn (afgezien van de precieze dieptes) aan de schema's van de bestaande putten hieronder.

VERMILION | **FIELD : GORREDIJK** | **WELL : OLDELAMER 1**

RT/TH : 4.95 m.
COMPLETION DATE : W.O. MAY 97

ANNULUS FLUID :
INHIBITED FRESH WATER

VOLUMES
TUBING : 13.7 m3
ANNULUS : 18 m3
HOLE : 40 m3

DRILLING DEPTHS / RKB
7" CSG SHOE 1946.45 MTR.

Xmas TREE

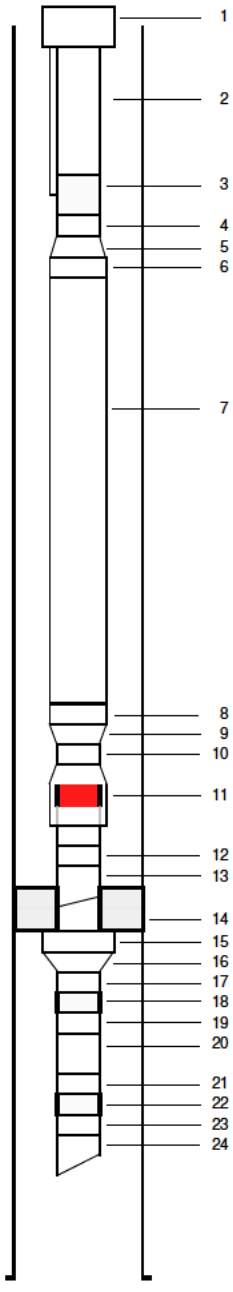
TUBING HEAD	TCMOO 11-5000 X 7 1/16-5000
TUBING HANGER	FMC TC 1 A
L MASTER VALVE	FMC MOD. 120 GATE VALVE 3 1/8"-5000
U MATER VALVE	FMC MOD. 120 GATE VALVE 3 1/8"-5000 WITH OOW AVA ACT.
SWAB VALVE	FMC MOD. 120 GATE VALVE 3 1/8"-5000
WING VALVES	FMC MOD. 120 GATE VALVE 3 1/8"-5000
TOP CAP	MOTI 3 1/8"-5000 X 6 1/2"-4 ACME

STRING

ITEM	QTY	DESIGNATION	Depth/Th	ID/in
1	1	TUBING HANGER TC1A WITH 3" CAMERON BPV PROFILE.	.15	3.000
2	5	TUBING 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	30.97	2.992
3	**1**	**BAKER TE-5 TRSCSSSV WITH 2.81 BA PROFILE**	**32.68**	**2.813**
4	1	TUBING 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	34.16	2.992
5	1	XOVER 3 1/2" NEW VAM X 4 1/2" NEW VAM	34.52	2.992
6	1	PUP JOINT 4 1/2" NEW VAM 12.6# N80		3.958
7		TUBING 4 1/2" NEW VAM 12.6# L80		3.958
8	1	PUP JOINT 4 1/2" NEW VAM 12.6# N80	1719.62	3.958
9	1	XOVER 4 1/2" NEW VAM X 3 1/2" NEW VAM	1720.26	2.992
10	3	TUBING 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1732.62	2.992
11	**1**	**BAKER LONG DIVIDER BELL WITH 2.75 " F PROFILE**	**1739.90**	**2.750**
12	1	TUBING 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1742.73	75.90
13	1	BAKER K22 ANCHOR	1743.01	2.992
14	1	BAKER 84 SAB PACKER 40X32	1744.51	3.250
15	1	5" VAM MILLOUT EXTENSION	1746.12	
16	1	XOVER 5" VAM X 3/2" VAM	1746.36	2.992
17	1	TUBING 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1749.21	2.992
18	**1**	**BAKER 2.75" F NIPPLE**	**1749.56**	**2.750**
19	1	PUP JOINT 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1750.44	2.992
20	1	TUBING 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1760.01	2.992
21	1	PUP JOINT 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1761.94	2.992
22	**1**	**BAKER 2.75" R NIPPLE**	**1762.33**	**2.697**
23	1	PUP JOINT 3 1/2" NEW VAM N 80 9.2#	1763.25	2.992
24	1	TUBING SHOE 3 1/2" VAM	1763.55	2.992

PERFORATIONS / RKB

FROM 1784.05 TO 1793.05 mTH (1789-1798 mRKB)



NORM CLASSIFIED : YES

DEVIATION :
VERTICAL

28.10.02

Figuur 13-1 Detailschema putverbuizing Oldelamer-01. Rood geeft de huidige situatie aan, waar een plug geplaatst is om de put tijdelijk af te sluiten.

VERMILION - FIELD : GORREDIJK - WELL : OLD2

NORM CLASSIFIED : YES

N°	Bottom hole equipment	ID	OD	Depth	Length
	ITAG 110 elevation to tubing head spool top flange				4.50
1	Tubing hanger FMC type 7"TC1AEN - 3.50"EUE box u	2.992	6.929	0.15	0.15
	3.50"NVAM box down w/ 3" CIW "H" BPV profile				
2	4 Pup joints 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	6.90	6.75
3	4 Tubings 3.50"New Vam9.20# L80	2.992	3.500	45.15	38.25
4	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	46.64	1.49
5	Baker TE-5 TRSCSSV 2.81 x 3.50" New vam9.20# l	2.810	5.354	48.35	1.71
6	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	49.81	1.46
	slack off			49.51	-0.30
7	170 Tubings 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1664.44	1614.93
8	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1665.93	1.49
9	Flow coupling 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	4.457	1666.45	0.52
10	Baker SSD 2.75" CMU 3.50" New Vam9.20# L80	2.750	4.228	1667.69	1.24
11	Flow coupling 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	4.457	1668.21	0.52
12	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1669.70	1.49
13	1 Tubing 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1679.25	9.55
14	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1680.74	1.49
15	Baker KC-22s anchor size 81-47 3.50" New Vam9	2.992	4.433	1681.45	0.71
16	Baker Packer SAB3 size 84SAB-40x32	3.252	5.610	1682.95	1.50
17	Baker Millout Extension 5" New Vampin x pin 15#	4.272	4.984	1684.54	1.59
18	X-over 5" New Vam box 15# x 3.50" New Vam pin 9	2.992	5.575	1684.88	0.34
19	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1686.37	1.49
20	1 Tubings 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1695.92	9.55
21	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1697.41	1.49
22	Baker 2.75 R seating nipple 3.50" New Vam9.20# L	2.697	3.850	1697.86	0.45
23	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1699.35	1.49
24	1 Tubing 3.50 " New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1708.90	9.55
25	1 Pup joint 3.50" New Vam9.20# L80	2.992	3.500	1710.39	1.49
26	Half mule shoe 3.50" New Vam box	2.992	4.998	1710.60	0.21

	Miscellaneous (Casing, Plug, Fish...)	ID	Lbs/ft	Bot depth	Top depth
I	24" CP			54.00	8.60
II	9 5/8" New Vam K55		43.50	100.45	5.83
	9 5/8" New Vam P110		43.50	1184.82	100.45
III	7" New Vam P110	6.366	23.00	304.55	4.93
	7" New Vam P110	5.960	32.00	1818.00	304.55
IV	4 1/2" liner New Vam L80	3.833	12.60	1889.00	1713.39
V	Top cement inside 4"1/2 liner				1884.00

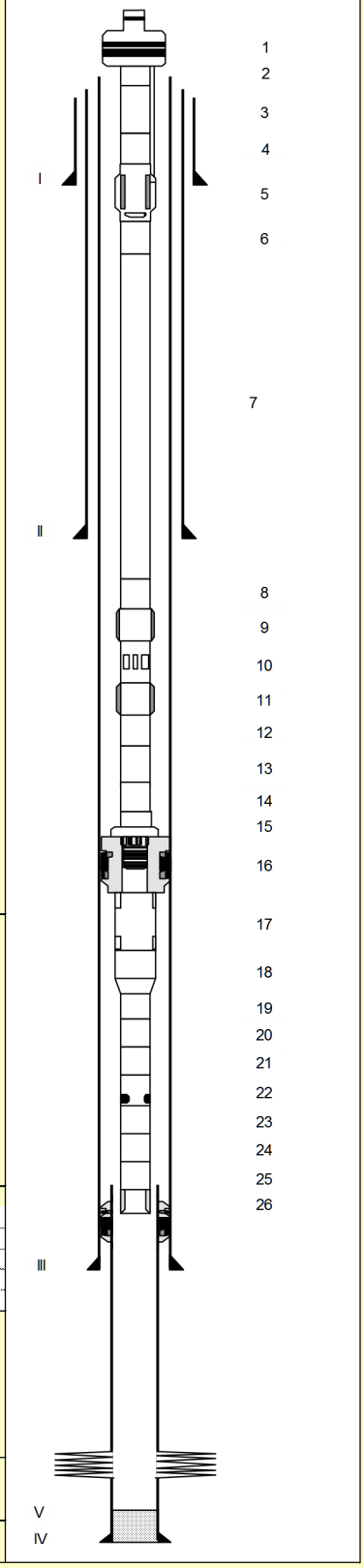
Perforation intervals				
	Depth		Type	Status
A	1858.00	1866.00	Enerj.	Open

Comments

Tbg depth / drilling depth = + 0.77m
Log depth/ drilling depth = +0.40m
Reference =rig 110 ITAG RKB = 4.60m/ ground
7CLP on coupling, 6 CLP on tubing
Half mule shoe 0.94m inside 4"1/2 PBR (length=1.88m)

Type of SCSSV	Tubing retrievable valve
Type of Packer	Permanent
Bottom gauge	○ Yes ◉ No
Tubing OD	3.500
Production casing OD	7"
Activation type	Eruptive

Max inclination	20° at 1645m
Packer fluid Type	DRW
SG	1.02
Completion type	Simple
Weight ↗	27ton
↘	26ton
Weight/Height on PKR	4 T - Slack off=0.30n
Rig	ITAG RIG 110
Reference depth	ITAG RIG 110 RKB
Final depth	1890m



Figuur 13-2 Detailschema putverbuizing Oldelamer-02.

14 Bijlage: Geologische kaarten en depletiecontouren

In deze bijlage zijn de geologische kaarten van de top van de Zechstein ZEZ2C en de Vlieland zandsteen KNNS weergegeven, en wordt beschreven welke contouren gebruikt zijn voor de bodemdalingsberekening.

Zechstein (ZEZ2C)
Op basis van de breuken is de structuur op het ZEZ2C niveau onderverdeeld in drie deelstructuren (OLR-West, -Centre en –Oost). Omdat het waarschijnlijk is dat door de gasproductie een gedeelte van het watervoerende gesteente wordt gedepleteerd, zijn de contouren van deze drie deelstructuren in hun geheel meegenomen in de bodemdalingsberekening.

Voor het centrale breukblok komt het GWC-contour ruwweg overeen met de begrenzing van het breukblok. Daarom is hier voor de bodemdalingsberekening enkel het breukblok-contour gebruikt. In het oostelijke breukblok is de ZEZ2C niet gasvoerend, maar volgens de gemeten bodemdaling heeft er toch mogelijk enige depletie plaatsgevonden, en daarom is ook dit breukblok meegenomen in de bodemdalingsberekening. Een groter depletiegebied richting het noordoosten is tegenstrijdig met de gemeten bodemdaling, en is daarom niet meegenomen in de bodemdalingsberekening. Voor het westelijke gedeelte is naast de GWC-contour ook het gehele breukblok meegenomen als mogelijk depletiegebied. Een nog groter depletiecontour richting het noordwesten is onwaarschijnlijk, gebaseerd op observaties in analoge voorkomens, en is daarom niet meegenomen in de bodemdalingsberekening.

De gebuikte ZEZ2C contouren/polygonen gebruikt voor de bodemdalingsberekeningen zijn samengevat in Tabel 14-1.

Tabel 14-1 Zechstein (ZEZ2C) polygonen gebruikt voor bodemdalingsberekeningen

		Small	Medium	Large	Notitie
Zechstein (ZEZ2C)	West	OLR-WEST_ZEZ2C_GWC	OLR-WEST_FB	-	Onzekerheid in grootte van depletiegebied, groter depletiegebied dan OLR-WEST_FB onwaarschijnlijk.
	Centre	OLR-CENTRE_FB			Op basis van metingen één contour gebruikt, breukblok contour gelijk aan GWC
	East	OLR-EAST_FB			Op basis van metingen één contour gebruikt

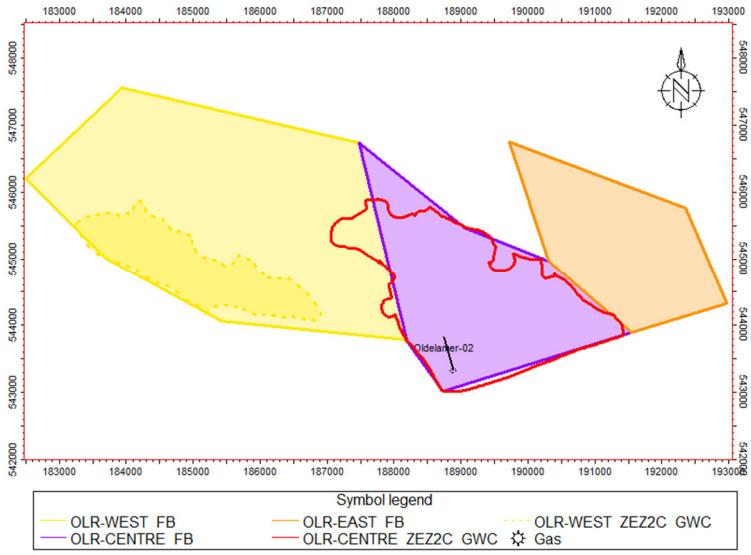
Vlieland zandsteen (KNNS)

Voor het Vlieland zandsteen deelvoorkomen zijn, naast de GWC-contour, ook een mogelijk kleiner en groter depletiegebied meegenomen. Voor het kleine depletiegebied is hetzelfde breukblok gebruikt als voor de ZEZ2C-Centre. Voor het grote gebied is aangenomen dat ook een deel van de watervoerende laag buiten de GWC contour in de Vlieland Zandsteen gedepleteerd raakt. Aan de noordoost zijde wordt dit gebied begrensd door breuken met een verzet groter dan de dikte van de Vlieland zandsteen.

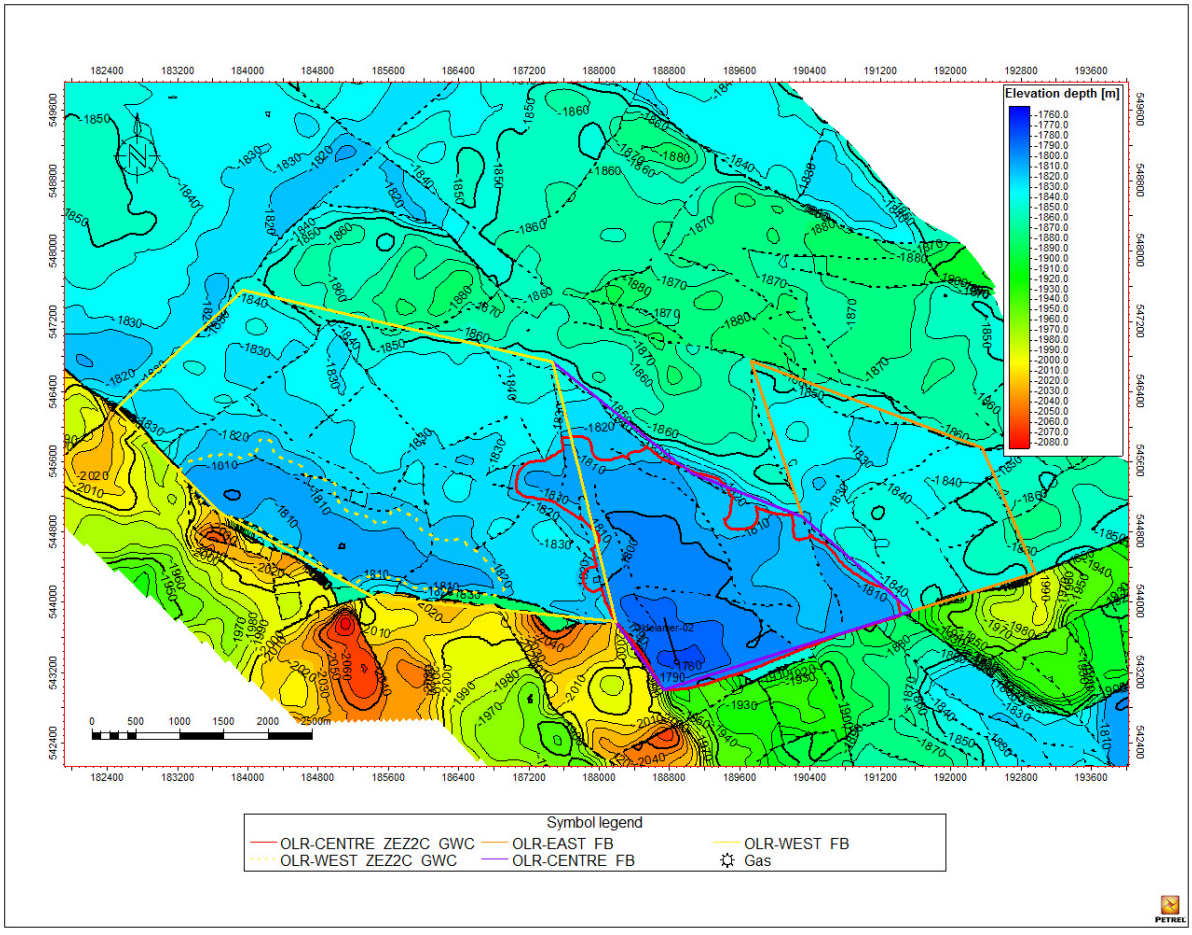
De gebuikte KNNS contouren/polygonen gebruikt voor de bodemdalingsberekeningen zijn samengevat in Tabel 14-2.

Tabel 14-2 Vlieland (KNNS) polygonen gebruikt voor bodemdalingsberekeningen

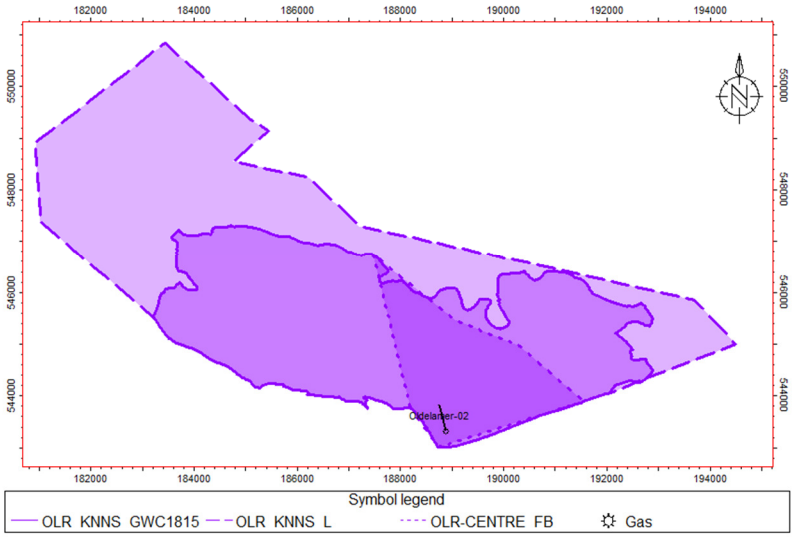
	Small	Medium	Large
Vlieland (KNNS)	OLR-CENTRE_FB	OLR_KNNS_GWC1815	OLR_KNNS_L



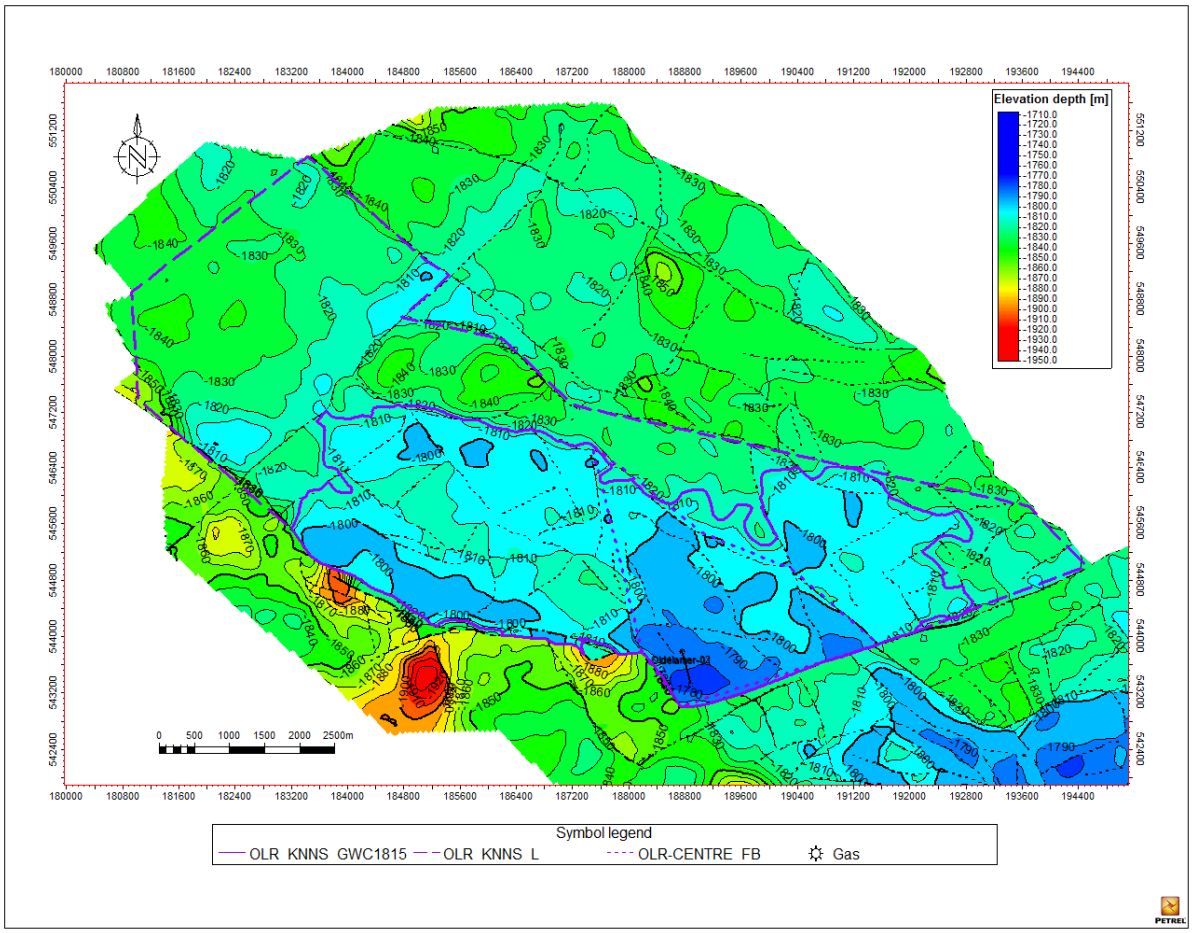
Figuur 14-1 Depletiecontouren voor de Zechstein (ZEZ2C). De ingekleurde gebieden zijn gebruikt voor de bodemdalingsberekening.



Figuur 14-2 Kaart van diepte van de top Zechstein (ZEZ2C) met veld- en depletie-contouren.



Figuur 14-3 Gebruikte depletiecontouren voor de Vlieland zandsteen (KNNS).



Figuur 14-4 Kaart van diepte van de top van Vlieland (KNNS) met veld- en depletie-contouren.

15 Bijlage: Analyse en Berekening Bodemdaling

Hieronder wordt allereerst het bodemdalingsmodel beschreven, gevolgd door een analyse van de gemeten bodemdaling en de berekende historische en toekomstige bodemdaling ter plaatse van het Oldelamer voorkomen.

15.1 Bodemdalingsmodel

Het bodemdalingsmodel wordt zowel gebruikt om de historische (gemeten) bodemdaling te reproduceren met de modelberekening als de toekomstige bodemdaling te voorspellen. Het model wordt gekalibreerd aan de gemeten historische bodemdaling, waardoor de nauwkeurigheid van de geschatte toekomstige bodemdaling toeneemt.

Productie uit een voorkomen leidt tot drukdaling (dp), wat vervolgens compactie (dh) van het gesteente veroorzaakt:

$$dh = C_m * h * dp$$

Hierin is h de (depleterende) hoogte en C_m de compactie-coëfficiënt van het gesteente.

Compactie leidt vervolgens tot bodemdaling. De modellering van dit proces is gedaan conform de methode van Van Opstal (ref. 13). Naast de hierboven genoemde parameters worden meegenomen in de berekening: het depletiegebied (zie paragraaf 6.2), de Poisson's ratio, de diepte van het voorkomen, de 'rigid basement factor', de vertraging van de bodemdaling ten gevolge van gasproductie en de verwachte productiesnelheid.

Het gesteente onder het reservoir wordt ook beïnvloed door de compactie, maar dat zal maar in beperkte mate gebeuren. Dit wordt door het concept '*rigid basement*' gemodelleerd. Hierbij wordt aangenomen dat vanaf een zekere diepte onder het reservoir, het gesteente niet meer zal vervormen als gevolg van de gaswinning.

Voor elke hierboven genoemde invoer-parameter is de onzekerheid gerepresenteerd door 2-3 waarden mee te nemen (zie Tabel 15-1 t/m Tabel 15-4). Bij de bepaling van de mogelijke waarden zijn eerdere ervaringen in analoge Vermilion voorkomens gebruikt, en ook gerapporteerde NAM waarden (2015, ref. 14). De bodemdaling is vervolgens voor alle parametercombinaties uitgerekend, en aan alle combinatie-realisaties is een kans toegekend conform de kansen in de tabellen.

De tijdsafhankelijkheid van de bodemdaling is meegenomen door de verwachte toekomstige productie-profielen (zie paragraaf 5.5) mee te nemen in de modelberekening. De bodemdaling ijlt over het algemeen na bij de drukdaling. Dit wordt gemodelleerd door middel van een zogenaamde 'eerste orde' (of 'time decay') correctie. Een analyse van NAM (ref.14) laat een vertraging (τ) van ongeveer 3 jaar zien. Dat is in overeenstemming met de ervaringen van Vermilion.

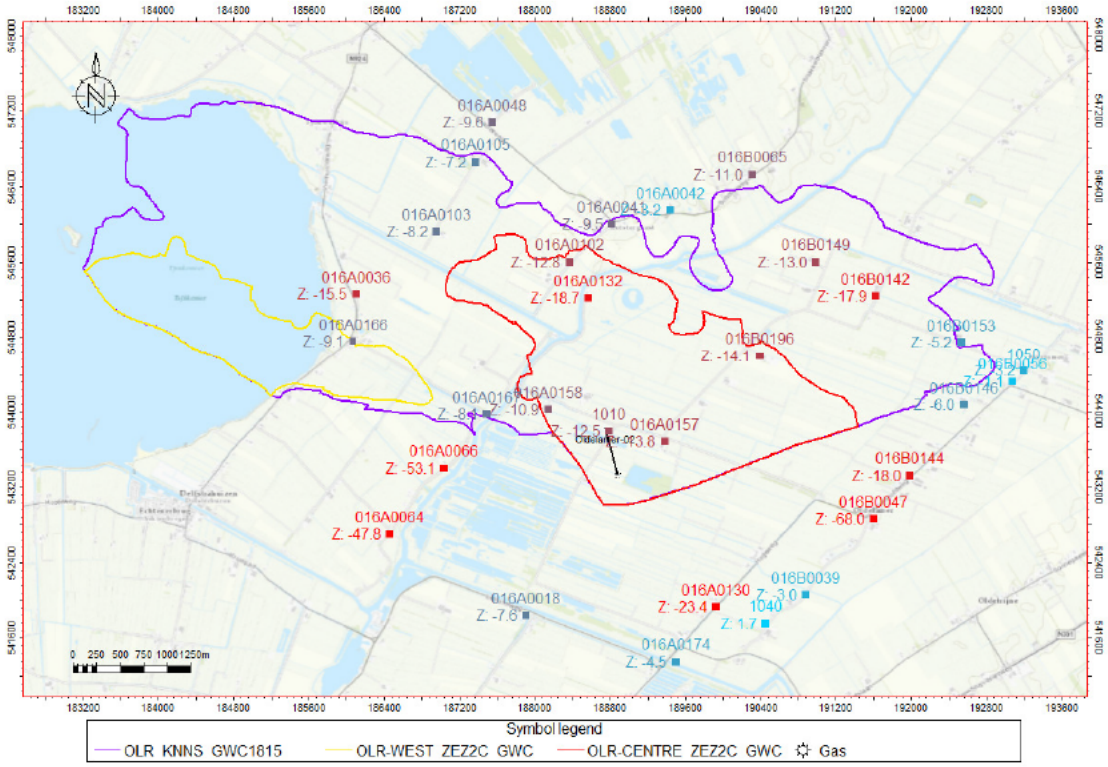
Het uiteindelijke resultaat is de bodemdaling als functie van de tijd, gekalibreerd aan de gemeten bodemdaling, zoals weergegeven in Figuur 15-3.

15.2 Analyse bodemdalingsmetingen

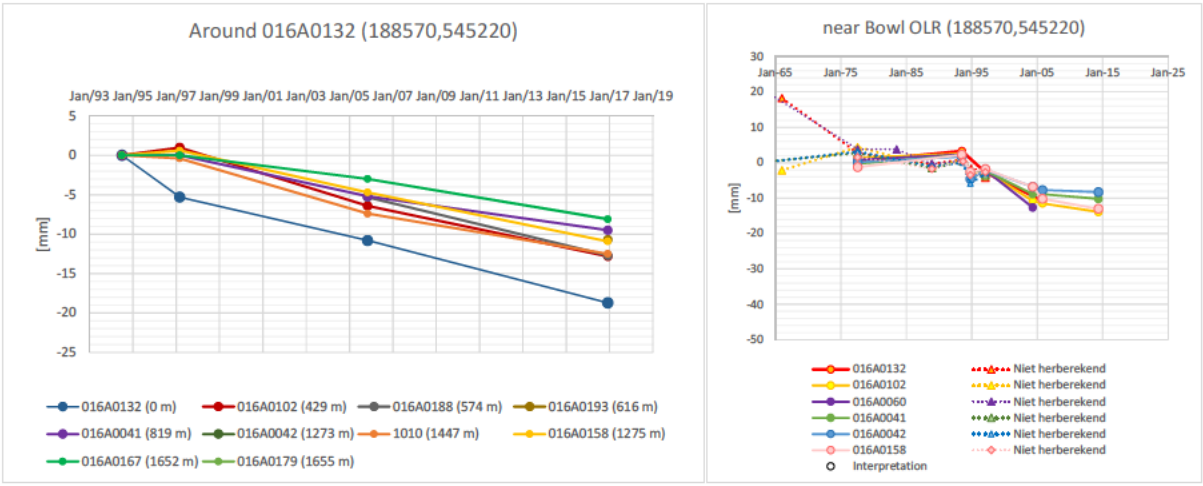
De bodemdaling boven het Oldelamer voorkomen wordt gemonitord binnen het meetplan Oldelamer (Ref.16). De nulmeting vond plaats in 1993, en in 1997, 2005 en 2016 zijn herhalingsmetingen uitgevoerd. Een kaart van het meetnet is weergegeven in Hoofdstuk 16. Een analyse wordt besproken in ref. 17. Bij de analyse zijn ook gegevens van Rijkwaterstaat gebruikt (ref. 18), omdat die het mogelijk maakt verder terug in de tijd te kijken, en verder weg van het voorkomen.

Figuur 15-1 geeft de gemeten bodemdaling over de periode 1993 – 2016 weer, Figuur 15-2 geeft de bodemdaling over de tijd weer van de peilmerken rondom peilmerk 16A132. De meeste punten geven een daling weer van tussen de 0 – 20 mm. Maar er zijn een aantal uitschieters. Zo vertoond het peilmerk 016B047 al sinds 1977, dus ruim voordat de gaswinning begon, een daling van -1.5 mm/jaar. Ook het peilmerk 16A132 daalde ook al voordat de gaswinning begon. Het afwijkend zettingspatroon van de peilmerken 016A064 en 016A066 wordt mogelijk verklaard door de ligging nabij het riviertje de Tjonger. Deze peilmerken zijn beschouwd als onstabiel door de uitvoerder van de waterpasmetingen (Ref. 16). Het netto resultaat is dat er in dit gebied een wat grotere onnauwkeurigheid is bij de schatting van de

bodemdaling door gaswinning, dan bijvoorbeeld in de gebieden meer naar het zuidoosten. Die onnauwkeurigheid wordt geschat op ~0.5-1 cm.



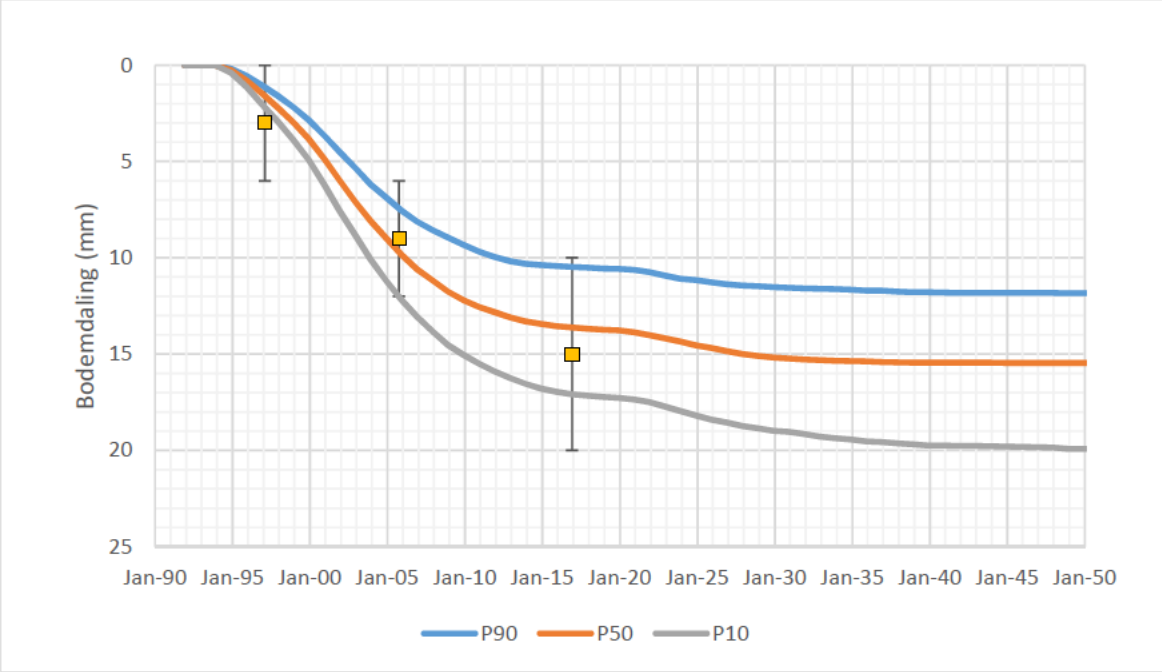
Figuur 15-1 Gemeten bodemdaling meetplan Oldelamer over de periode 1993-2016. Voor de veld-polygonen, zie Bijlage 14.



Figuur 15-2 Gemeten bodemdaling. Links: data meetplan Oldelamer, rechts: Rijkswaterstaat data (Ref. 18). De winning begon in 1993. Het peilmerk 16A132 vertoont in de jaren 1993-1997 afwijkend gedrag, en daalde ook al voordat de gaswinning begon.

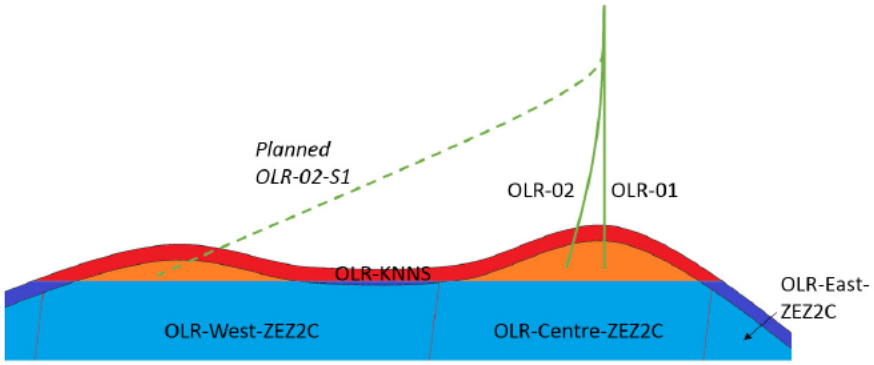
15.3 Resultaten modelberekening bodemdaling

De gemeten bodemdaling is gebruikt voor de kalibratie van het bodemdalingsmodel, zoals weergegeven in Figuur 15-3. Op basis hiervan wordt de historische bodemdaling op het diepste punt van de kom geschat op 1-2 cm, en de uiteindelijke bodemdaling op maximaal (afgerond) 3 cm. De verwachte maximale toekomstige daling in het diepste punt van de kom is minder dan 1 cm.



Figuur 15-3 Uitkomst modelberekening, gekalibreerd aan de gemeten data met onzekerheidsmarge.

De berekende bodemdaling in Figuur 15-3 geldt voor het diepste punt van de bodemdalingskom, centraal gelegen boven het Oldelamer voorkomen zoals te zien in Figuur 15-7. De toekomstige daling is echter groter boven het westelijke gedeelte van het voorkomen, zoals te zien in Figuur 15-6. Dit komt doordat de toekomstige drukdaling in het westelijke gedeelte naar verwachting groter is dan in het centrale gedeelte, doordat de toekomstige winning op het westelijke gedeelte gericht is. De schematische doorsnede in Figuur 15-4 geeft dit weer.



	OLR-KNNS	OLR-West-ZEZ2C	OLR-Centre-ZEZ2C	OLR-East-ZEZ2C
Huidige druk	80	100	80	150
Einddruk	15 - 50	15 - 50	15 - 50	50 - 100

Figuur 15-4: Schematische doorsnede van het Oldelamer voorkomen met de geschatte huidige drukken en einddrukken per deelvoorkomen.

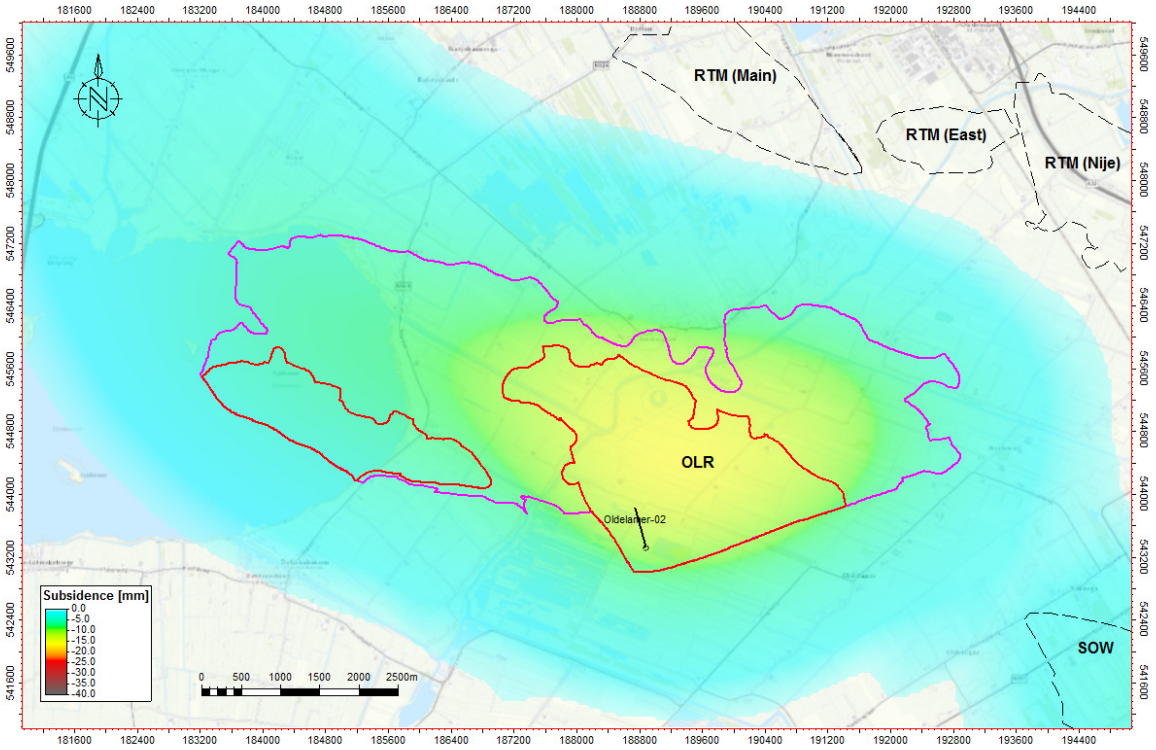
Voor de kalibratie is er rekening mee gehouden dat waarschijnlijk geen van de waterpaspunten op het diepste punt van de bodemdalingskom ligt.

De gebruikte model-input voor de berekening van de uiteindelijke bodemdaling is weergegeven in Tabel 15-1 t/m Tabel 15-4.

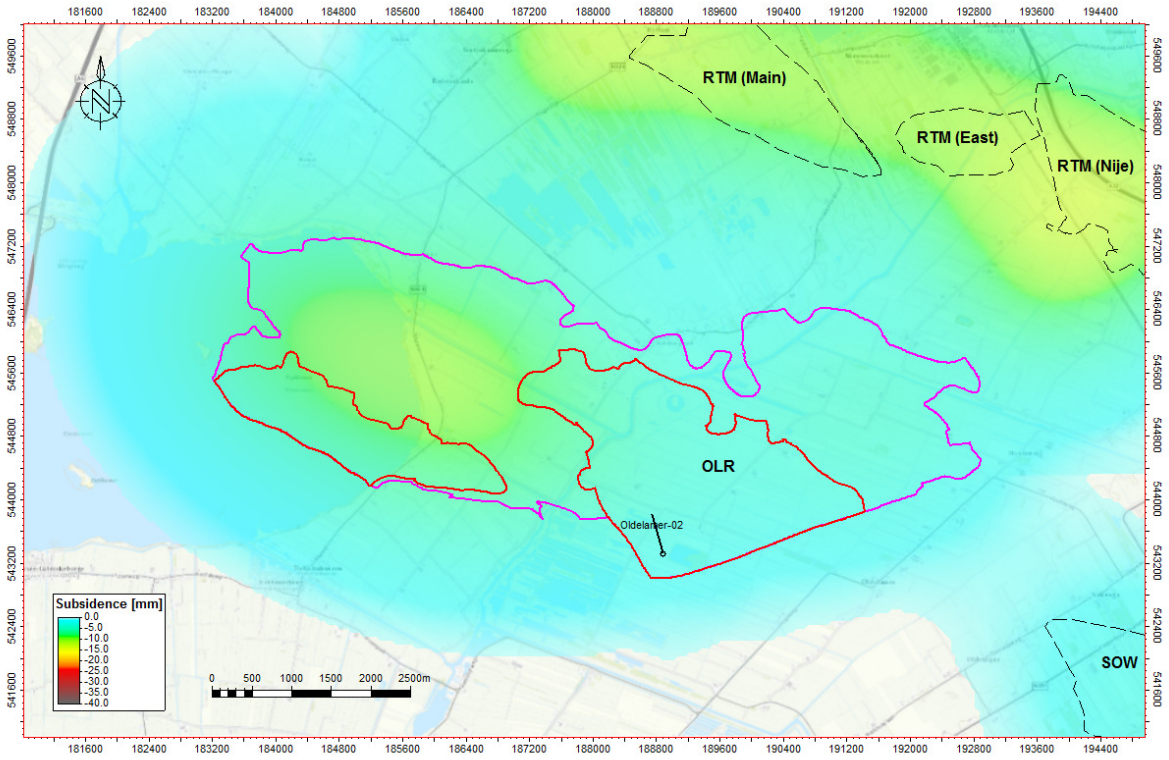
Voor de tijdsafhankelijkheid van de bodemdaling is de voorspelde gasproductie uit het Oldelamer voorkomen meegenomen zoals weergegeven in paragraaf 5.5. Dit resulteert in de bodemdalingsvoorspelling als functie van de tijd zoals weergegeven in Figuur 15-3.

De grootte van het depletiegebied is van grote invloed op de afmetingen, vorm en diepte van de resulterende bodemdalingskom. De depletiegebieden die gebruikt zijn voor de modelberekening zijn weergegeven in Figuur 14-2 en Figuur 14-4.

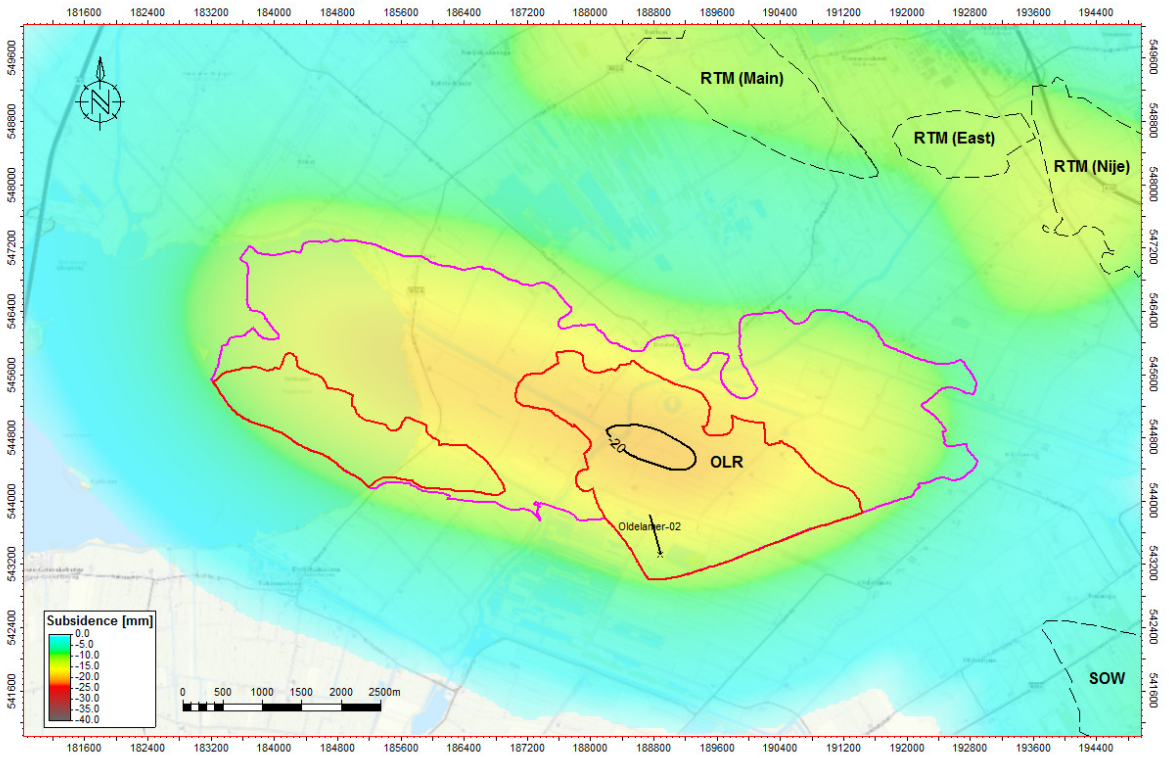
Zoals in paragraaf 15.1 beschreven, wordt voor elke mogelijke combinatie van parameters een bodemdalingskom berekend. Om een kaart te genereren van de vorm en het bereik van de verwachte bodemdalingskom, is een realisatie geselecteerd waarvan de bodemdaling in de buurt van de P10 waarde ligt, op basis van de grootste (meest conservatieve) depletie-contour. De kaart met de resulterende bodemdalingskom is weergegeven in Figuur 15-5 voor de huidige daling, Figuur 15-6 voor de toekomstige daling, en Figuur 15-7 voor de uiteindelijke daling. Alle kaarten geven de samengestelde bodemdaling weer, waarbij er aan de noordoostelijke kant van de toekomstige bodemdalingskom een beperkte invloed is van de Rottum winning.



Figuur 15-5 Samengestelde historische daling (van 1993 tot 2018) rondom het Oldelamer voorkomen in millimeters. De kaart is een modelberekening, gekalibreerd aan de metingen. Zie Bijlage 14 voor een overzicht van de gebruikte contouren en de geologische kaart waarop deze gebaseerd zijn.



Figuur 15-6 Toekomstige verwachte maximale samengestelde bodemdaling (P10) (na 2018) rondom het Oldelamer voorkomen, in millimeters. Zie Bijlage 14 voor een overzicht van de gebruikte contouren en de geologische kaarten waarop deze gebaseerd zijn.



Figuur 15-7 Uiteindelijke verwachte maximale samengestelde bodemdaling (P10) rondom het Oldelamer voorkomen, in millimeters. Zie Bijlage 14 voor een overzicht van de gebruikte contouren en de geologische kaarten waarop deze gebaseerd zijn.

Tabel 15-1 Bodemdalings-parameters gebruikt voor Oldelamer – CENTRE - Zechstein (ZEZ2C)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Middle faultblock				100%			Gas area covers entire faultblock
Virgin Pressure	P_v	206			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	80	50	15	[bar]	30%	40%	30%	Likely future depletion by production of west block
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1800			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	2.5E-6	4.5E-6	7.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	25	30	35	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.01	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

Tabel 15-2 Bodemdalings-parameters gebruikt voor Oldelamer – WEST - Zechstein (ZEZ2C)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Gas area	Fault block			70%	30%		Entire faultblock depletion likely
Virgin Pressure	P_v	206			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	100	50	15	[bar]	30%	40%	30%	Risk of premature watering-out
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1800			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	2.5E-6	4.5E-6	7.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	10	21	36	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.01	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

Tabel 15-3 Bodemdalings-parameters gebruikt voor Oldelamer – EAST - Zechstein (ZEZ2C)

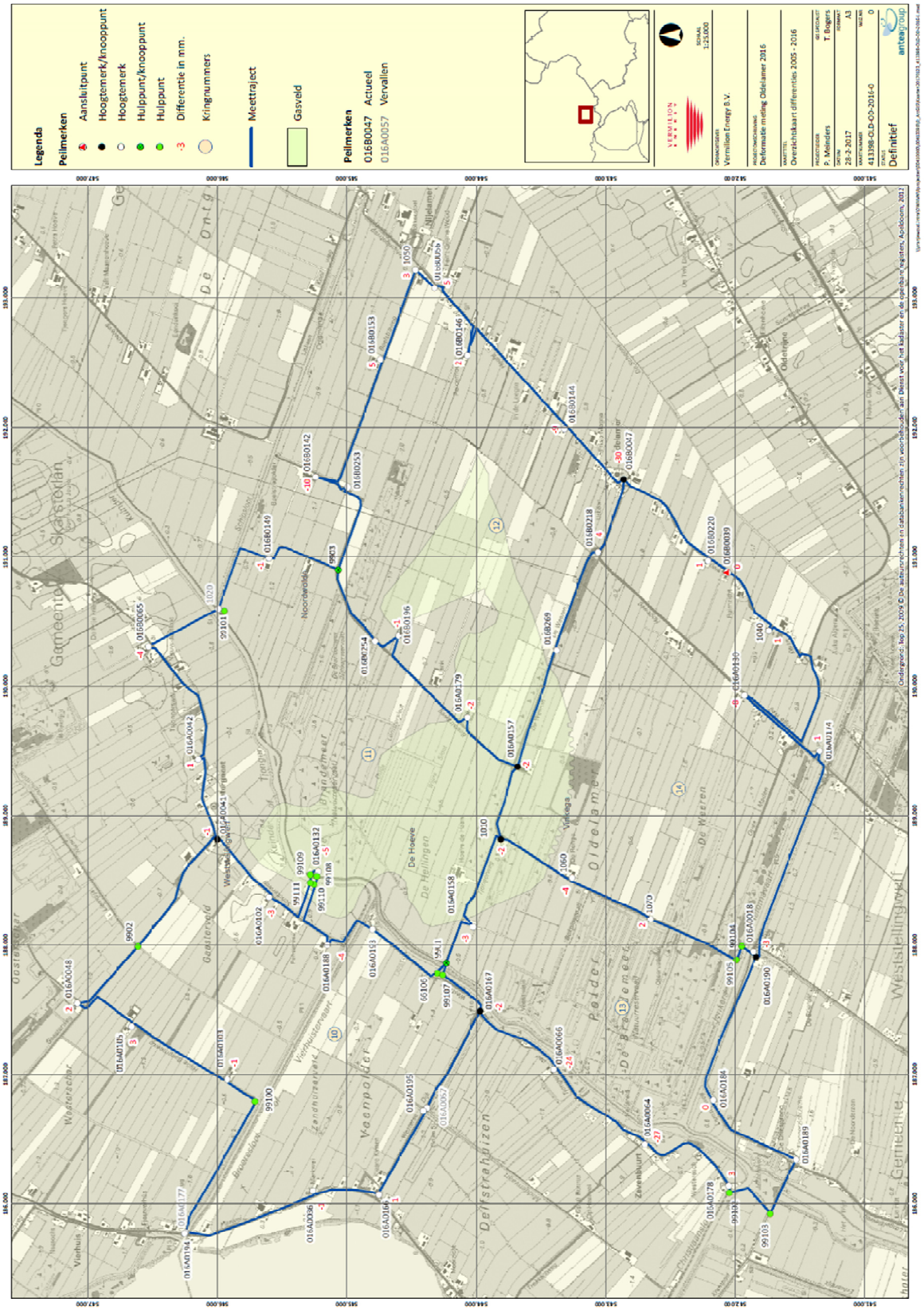
		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Eastern faultblock				100%			Faultblock depletion through water leg
Virgin Pressure	P_v	206			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	150	100	50	[bar]	30%	40%	30%	Some future depletion by OLR-WEST production
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1800			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	2.5E-6	4.5E-6	7.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	25	30	35	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.01	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

Tabel 15-4 Bodemdalings-parameters gebruikt voor Oldelamer – Vlieland (KNNS)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Centre fault-block	Gas area	Incl. Aquifer		30%	40%	30%	Depletion area uncertain
Virgin Pressure	P_v	200			[bar]	100%			Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	80	50	15	[bar]	30%	40%	30%	Further depletion by OLR-WEST production
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1750			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	9.0E-6	1.5E-5	2.3E-5	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	1	2	5	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.05	1.2	1.25	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited, mainly on shape)
Tau	τ	1	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

16 Bijlage: Meetnet Oldelamer

Onderstaand het bestaande meetnet. Het meetnet van dit meetplan zal aangepast worden voor het grotere winningsgebied; het aangepaste meetnet is ter goedkeuring aan SodM.



17 Bijlage: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden

De toekomstige winning uit het Oldelamer voorkomen valt in risico categorie I; dit is de laagste risico-categorie. Dit betekent volgens de gepubliceerde richtlijnen dat alleen monitoring van seismische activiteit via het bestaande seismisch monitoring netwerk van het KNMI noodzakelijk is.

Deze bijlage bevat de details omtrent de seismische risico-analyse. Hierbij is gebruik gemaakt van alle beschikbare reservoir-gegevens die belangrijk zijn bij het inschatten van het seismisch risico.

17.1 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

Het kader en de hier beschreven methodiek is gebaseerd op: *Methodiek Voor Risicoanalyse Omtrent Geïnduceerde Bevingen Door Gaswinning*; Tijdelijke Leidraad Voor Adressering Mbb. 24.1.p, Versie 1.2, 1 februari 2016, Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) (ref. 5)..

Om het seismisch risicoprofiel vast te stellen van een voorkomen wordt een risico-analyse uitgevoerd voor het voorkomen volgens een getrapt model dat bestaat uit drie stappen. Deze drie stappen worden weergegeven in Figuur 7-1. Op basis van de uitkomsten van de verschillende individuele stappen worden vervolgstappen genomen.

Niveau 1: Screening Potentieel
In deze stap wordt het potentiele vermogen van het gasvoorkomen om aardbevingen te genereren bepaald. Dit potentiële vermogen wordt bepaald aan de hand van de correlatie die is opgesteld door TNO in de studie *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland* (ref. 3 en 4).

Voor voorkomens die op basis van deze initiële analyse een verwaarloosbare kans hebben om geïnduceerde bevingen te genereren, is het niet noodzakelijk om aansluitende niveaus 2 en 3 te doorlopen.

Indien de kans op een geïnduceerde beving niet verwaarloosbaar is, zullen er aanvullende berekeningen worden uitgevoerd om de sterkte van een potentiële geïnduceerde beving te kunnen bepalen. Als de sterkte (seismisch moment, M) van een potentiële geïnduceerde beving boven de 2.5 ligt, dan zal de risico analyse verder worden uitgebreid met de risico matrix (niveau 2).

Niveau 2: Risico Matrix
In deze stap wordt op basis van een risicomatrix-benadering het risico ten gevolge van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd.

De inschattingen van het risiconiveau (I, II, III) bepaalt of er aanvullende monitoringsverplichtingen of maatregelen moeten worden genomen met betrekking tot de productie uit het voorkomen.

Niveau 3: Kwantitatieve Risico Analyse
Er zal een aanvullende kwantitatieve risico-analyse worden uitgevoerd in het geval dat een voorkomen op basis van de risicomatrix als categorie III wordt gekwalificeerd.

17.2 Seismische Risico Analyse voor de voorkomens in dit winningsplan

17.2.1 Niveau 1: Screening Potentieel

De studie *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland* (TNO, ref. 3 en 4) (*DHAIS)* gebruikt gegevens over seismiciteit (bron: www.knmi.nl), drukdata en eigenschappen van de verschillende voorkomens. Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans bepaald dat zich, op enig moment gedurende de productie van een voorkomen, een beving voordoet:

- $\Delta P/P_{ini}$ = de ratio van drukval (ΔP) en initiële druk (P_{ini}) in het reservoir;
- E = de verhouding tussen de Young's moduli (stijfheidsmoduli) van de 'overburden' en het reservoirgesteente
- Parameter B wordt gedefinieerd door de volgende vergelijking:

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

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);

Merk op dat bij de factor 'E', de relevante *overburden* het gesteente aan de *downthrown* kant van de breuk is, daar treden de spanningen op door compactie als gevolg van gaswinning (bijv. ref. 12). In het geval van een simpele gelaagde opbouw is de laag naast het reservoir aan de downthrown kant van de breuk dezelfde als de laag boven het reservoir. Bij voorkomens die tegen, of over een *unconformity* liggen, zijn die lagen vaak verschillend, zo ook hier.

De DHAIS kans-klassen worden hieronder weergegeven (met P_h de kans op beven van het voorkomen):

Tabel 17-1 DHAIS kans-classificatie (TNO, ref. 3 en 4) voor voorkomens zonder historische bevingen. De kans betreft bevingen met een magnitude M>1.5.

$\Delta P/P_{ini} \geq 28\%$	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P_h = 0.42 ± 0.08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P_h = 0.19 ± 0.05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
$\Delta P/P_{ini} < 28\%$	Verwaarloosbare kans

De grenswaarde voor de drukval als gevolg van gaswinning waaronder geen geïnduceerde bodemtrillingen zijn gemeten, is 28% van de initiële reservoirdruk. De drukval in het Oldelamer voorkomen heeft deze grenswaarde reeds overschreden.

De SRA is doorlopen voor de drie deelvoorkomens in dit winningsplan: Oldelamer-Centre-ZEZ2C, Oldelamer-West-ZEZ2C en Oldelamer Vlieland. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 17-2.

17.2.1.1 Oldelamer-KNNS

Op de doorsnedes in Figuur 4-2, Figuur 4-3 en Figuur 4-4 is te zien dat de KNNS voornamelijk afgesloten wordt door de bovenliggende Vlieland Kleisteen (KNNC) en Holland Formatie (KNGL). Deze combinatie geeft een E-factor van 0.78 (KNNC) of 0.81 (KNGL). De breukdichtheid in de KNNS is lastig in te schatten, doordat de laag dun is in relatie tot de resolutie van de seismiek waarmee de structuur in kaart is gebracht. De gevoeligheid van de B-factor voor de breukdichtheid is getest door, naast de 11 km lange hoofdbreuk, 14 km aan intra-field breuken mee te nemen in de berekening. Dit geeft alsnog een lage B-factor (0.24), voornamelijk doordat de KNNS dun is (ongeveer 2 meter). Zowel E als B zijn dus onder de drempelwaarden, en de laagste risicocategorie resulteert dus.

17.2.1.2 Oldelamer-Centre-ZEZ2C

De geplande aftakking zal niet rechtstreeks uit het Centre blok produceren. Desalniettemin kan niet uitgesloten worden dat door de productie van de aftakking het Centre blok verder zal depleteren. Daarom is de SRA ook voor het Centre block uitgevoerd.

Een doorsnede van de Oldelamer-Centre structuur is weergegeven in Figuur 4-2 en Figuur 4-4. Het gasvoerende gedeelte van de ZEZ2C wordt naar boven niet afgedekt door de ZEZ2A formatie, maar door Vlieland formatie (KNNS/KNNC). De ZEZ2C is aan de zuidkant begrens door een breuk met een verticaal verzet van ongeveer 30 meter. Hierdoor is de ZEZ2C grotendeels tegen de Holland Formatie (KNGL) en de Vlieland Kleisteen (KNNC) komen te liggen aan de andere kant van deze breuk. De stijfheid van deze formaties is relatief laag, wat resulteert in een lage E-factor van 0.27 (KNGL; gebruik van de KNNC zou een nog iets lager getal opleveren).

De breuken aan de noord- en westzijde van het GWC hebben een veel kleiner verzet, waardoor het contactoppervlak met andere formaties minimaal is. Als deze kleine breukjes toch worden meegenomen is de B-factor berekend op 0.87, waardoor deze net boven de grenswaarde van 0.86 uitkomt. Als de kleine breukjes niet worden meegenomen, blijft de B-factor onder de drempelwaarde.

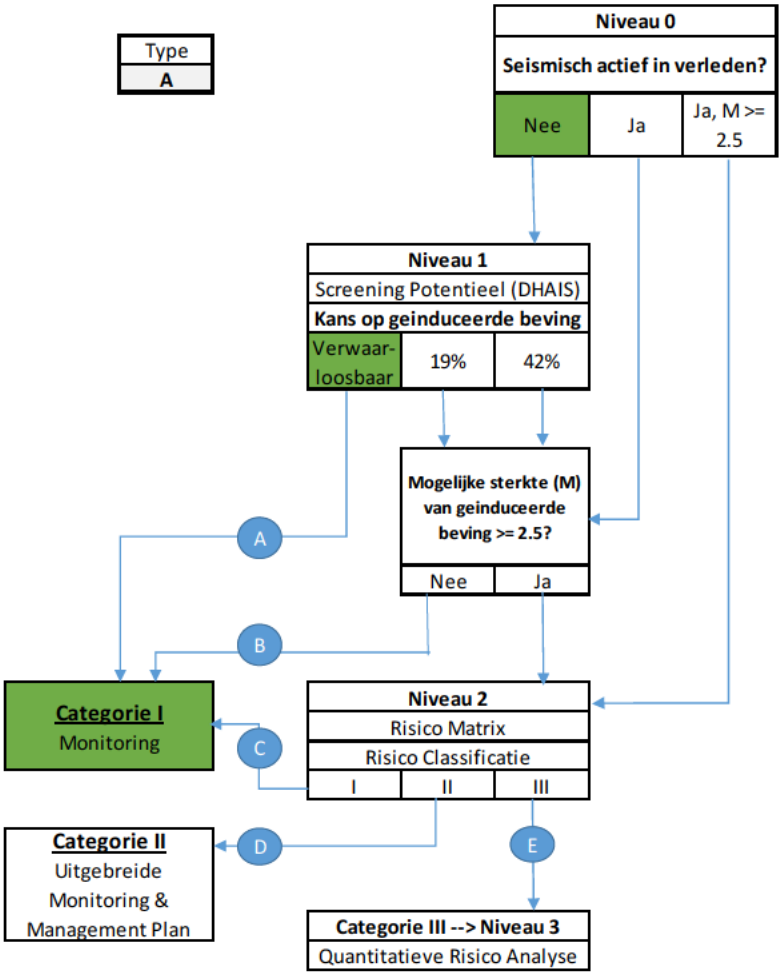
Door de lage E-factor blijft de kans op geïnduceerde bevingen echter verwaarloosbaar, gegeven de opmerkingen hierboven over de stijfheidsratio in deze geologische situatie.

17.2.1.3 Oldelamer-West-ZEZ2C

Een doorsnede van de Oldelamer-West structuur is weergegeven in Figuur 4-3 en Figuur 4-4. Het gasvoerende gedeelte van de ZEZ2C wordt naar boven afgedekt door Vlieland formatie (KNNS/KNNC), en grenst over de zuidwestelijke hoofdbreuk tevens aan de Holland Formatie (KNGL). Hierdoor is de E-factor laag (0.27). In combinatie met een B-factor van 0.49 die ook onder de drempelwaarde ligt, is de kans op geïnduceerde bevingen verwaarloosbaar.

17.2.1.4 Resultaat

De uitkomst van de SRA Niveau 1 analyse voor het Oldelamer voorkomen is dat de kans op een trilling met een magnitude van minimaal 1.5 verwaarloosbaar is. Deze conclusie is schematisch weergegeven in Figuur 17-1.



Figuur 17-1 SRA beslisboom toegepast voor Oldelamer. De uitkomst is Categorie-I.

Tabel 17-2 Parameters voor SRA Oldelamer voorkomen.
(*) Voor de E-waarden, zie de hoofdtekst (par. 17.2.1.2).

		OLR-CENTRE-ZEZ2C	OLR-WEST-ZEZ2C	OLR-KNNS
Depth (GWC)	[mTVDss]	1815	1815	1815
Initial pressure	[bar]	205	205	200
Dp/Pini	[-]	85%	85%	85%
Total Fault Length	[m]	9900	4200	24700
Longest Fault	[m]	3600	2700	5300
Area @ GWC	[km2]	6.18	2.56	23.40
h of gas column	[m]	30.0	21.0	2.1
B factor	**[-]**	**0.87**	**0.49**	**0.24**
Data sources E		BLD-01 ZEZ2C	BLD-01 ZEZ2C	HPS-01 KNNS
		Generic-Holland-Marl-1 KNGL	Generic-Holland-Marl-1 KNGL	Generic-Holland-Marl-1 KNGL
Overburden, Vp	[m/s]	3145	3145	3145
Overburden, Vs	[m/s]	1655	1655	1655
Overburden, rho	[kg/m3]	2516	2516	2516
Reservoir, Vp	[m/s]	5324	5324	3393
Reservoir, Vs	[m/s]	3094	3094	1851
Reservoir, rho	[kg/m3]	2710	2710	2504
Static E Overburden	[GPa]	11.22	11.22	11.22
Static E Reservoir	[GPa]	41.03	41.03	13.83
E factor	**[-]**	**0.27 (*)**	**0.27 (*)**	**0.81**

Historic Seismicity?		N	N	N
Mmax_hist		0	0	0
Num events > 1.5		0	0	0

Height of largest fault	[m]	30.0	21.0	2.1
Compaction for Mmax from		Gross elastic log average	Gross elastic log average	Gross elastic log average
Cm (for Mmax)	[1/bar]	2.05E-06	2.05E-06	5.54E-06
Compacting height	[m]	30	30	3
Poisson Ratio Reservoir	[-]	0.245	0.245	0.288
Mmax	(breuk)	**2.8**	**2.5**	**1.4**
	(comp)	**2.7**	**2.5**	**2.4**

De waarden voor de Young's modulus E zijn gecorrigeerd van dynamisch naar statisch.

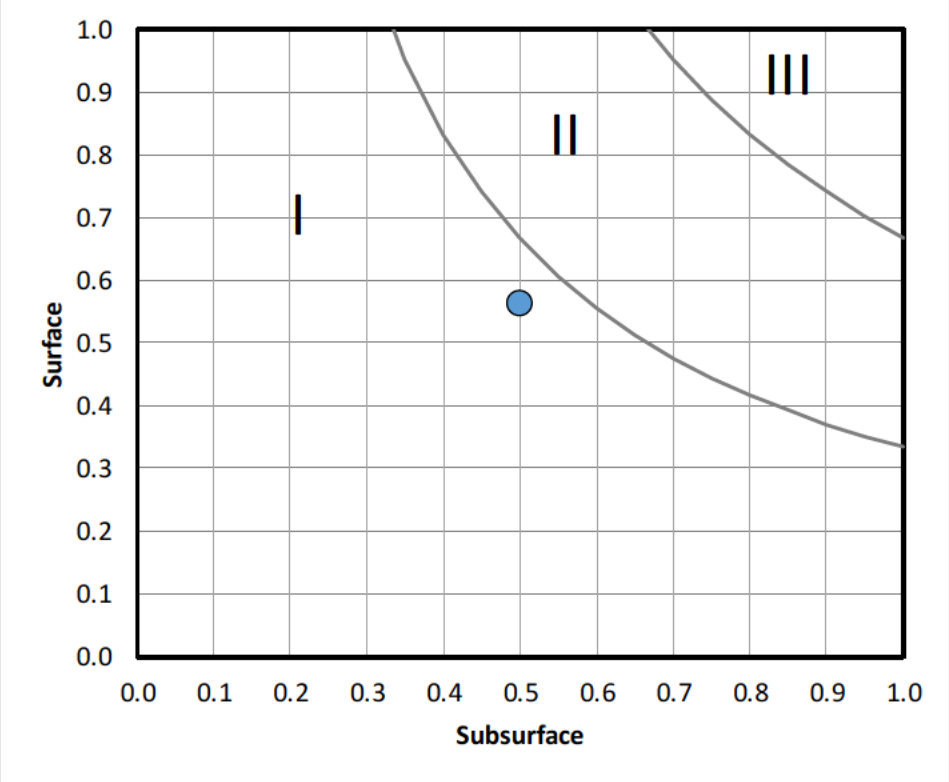
Bij de bepaling van de Mmax is geen rekening gehouden met een aspect-ratio grens (bijv. ref. 6). Zou dat wel gebeuren, dan zou de breuk-Mmax onder de 2.5 uitkomen omdat de lagen in kwestie relatief dun zijn.

17.2.2 ***Niveau 2: Risico Matrix***

De DHAIS geeft een verwaarloosbare kans op geïnduceerde seismiciteit aan, door de lage stijfheid van de afsluitende laag.

Volgens het SRA stappenplan is daarom een Niveau-2 analyse niet nodig. Omdat er de definitie van de afsluitende laag in deze geologische situatie niet standaard is (par. 17.2.1.2), is hieronder toch de Niveau-2 analyse uitgewerkt *voor* het Centre deelvoorkomen *alsof de bevingskans 19% zou zijn*. Voor de andere deelvoorkomens is ook de B-factor onder de drempel, en beïnvloedt de stijfheid afsluitende laag het eindresultaat niet.

De Niveau-2 analyse leidt tot een indeling van het voorkomen Oldelamer in Categorie I. Dit betekend dat de kans op een trilling met significante schade zeer klein is. Het monitoren van bodemtrillingen gebeurd via het huidige KNMI meetnetwerk (Figuur 17-6).



Figuur 17-2: Niveau-2 analyse voor Oldelamer-Centre

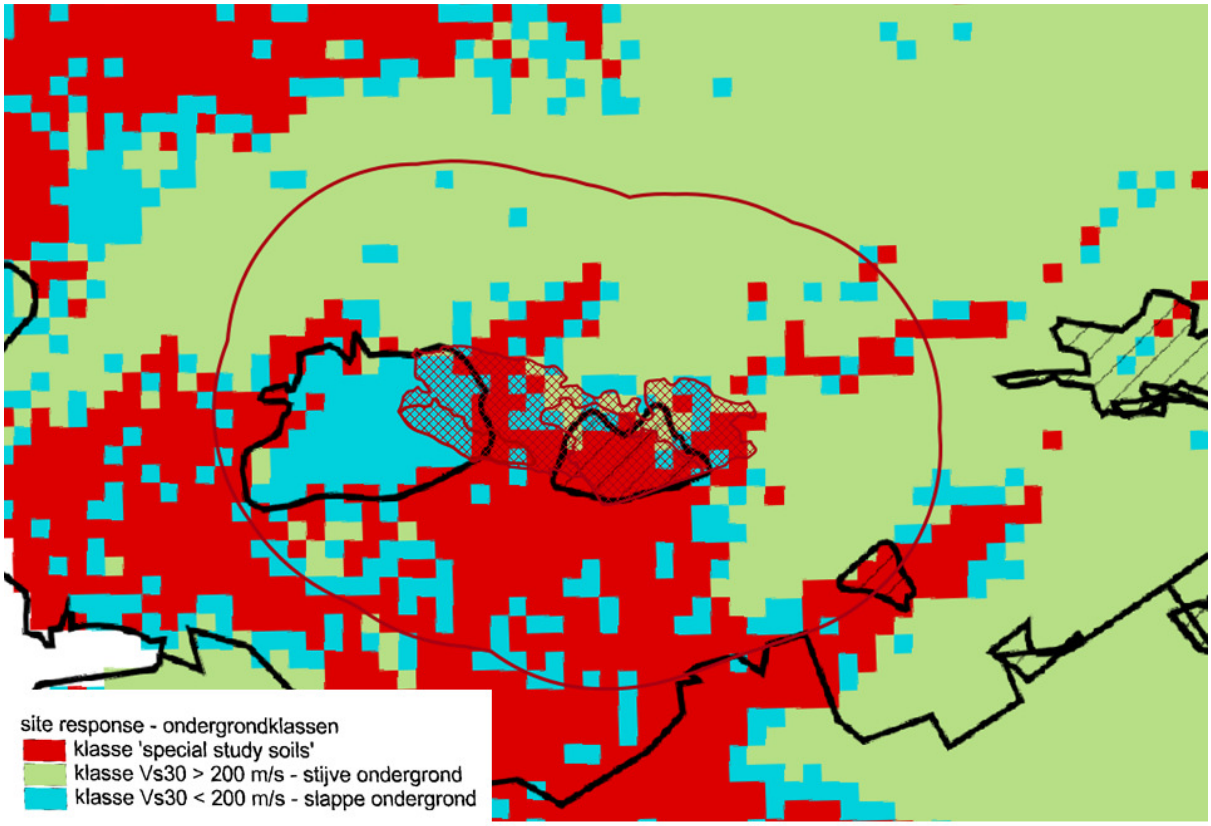
Tabel 17-3 en **Error! Reference source not found.**geven de Niveau-2 analyse input van de ondergrondse parameters en Tabel 17-4 voor de bovengrondse. De kaarten voor de Niveau-2 analyse zijn weergegeven in Figuur 17-3 t/m Figuur 17-5.

Tabel 17-3: Ondergrondse factoren van SRA Niveau-2 Oldelamer-Centre-ZEZ2C. Zie hoofdtekst (hierboven en par. 17.2.1.2) voor de behandeling van de DHAIS kolom.

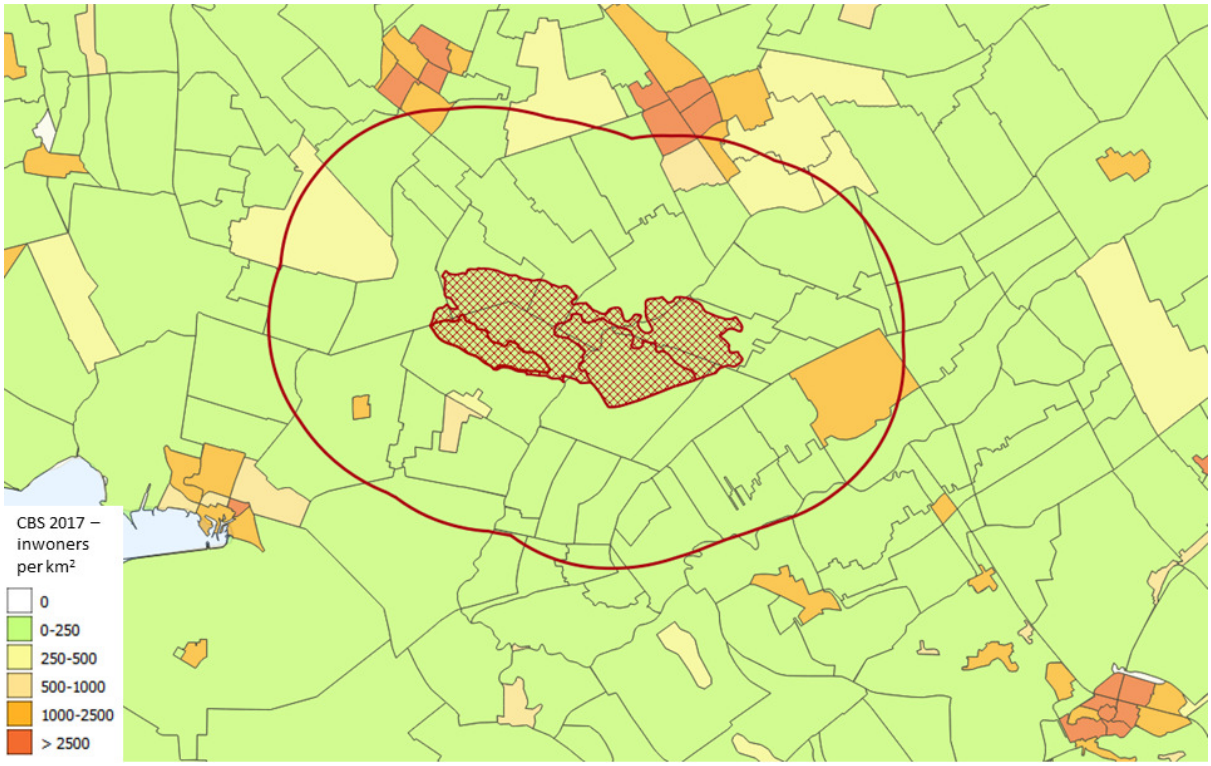
Score	DHAIS	M	Ligging voorkomen	Opslingering
5		Alle methodes > 4.5		
4	Bevend veld; > 5 bevingen per jaar van M > 1.5	1 methode > 4.5 en/of alle methodes 4.1-4.5		
3	Bevend veld; < 5 bevingen per jaar van M > 1.5	1 methode 4.1-4.5 en/of alle methodes 3.6-4.0		>60% slappe grond (Vs,30 =< 200m/s) en/of >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 en/of alle methodes 3.1-3.5	Boven de lijn Amsterdam-Arnhem	30-60% slappe grond (Vs,30 =< 200m/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 en/of alle methodes 2.6-3.0		10-30% slappe grond (Vs,30 =< 200m/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	Verwaarloosbaar	1 methode 2.6-3.0 en/of alle methodes <= 2.5	Onder de lijn Amsterdam-Arnhem	<10 % slappe grond (Vs,30 =< 200m/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.

Tabel 17-4: Bovengrondse factoren van SRA Niveau-2 Oldelamer (alle drie de deelvoorkomens)

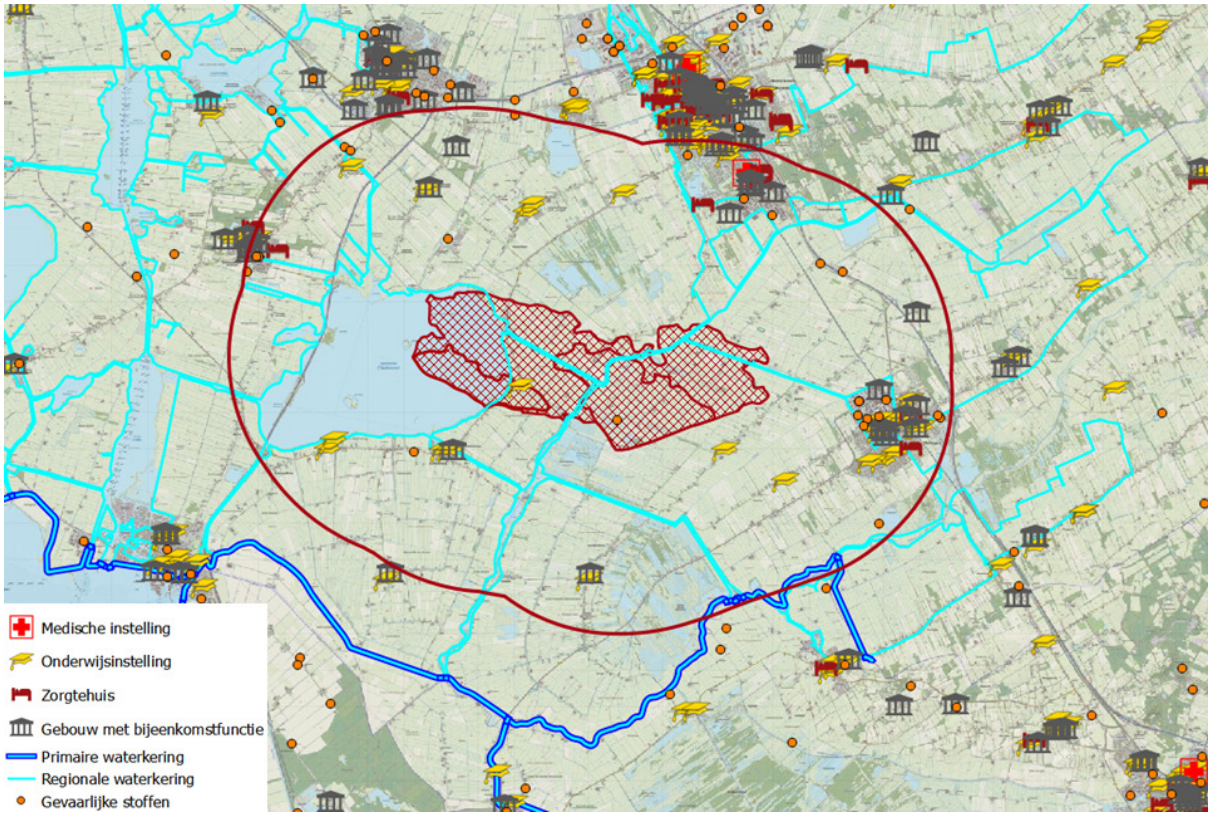
Score	Bevolkings-dichtheid	Industriele inrichtingen	Speciale gebouwen en vitale infrastructuur	Dijken
4	>2500 inwoners/km2	Meerdere direct boven het veld	Meerder ziekenhuizen en/of energievoorzieningen direct boven het veld	Primaire dijken boven het veld
3	1000-2500 en/of 500-1000 met wijken bestaande 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, tehuizen 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



Figuur 17-3: Grondsoorten rondom het Oldelamer voorkomen (Bron: TNO NITG 03-186-C). De rode cirkel geeft de 5 km straal aan rondom het voorkomen. De zwarte contouren zijn veldcontouren uit het brondocument.

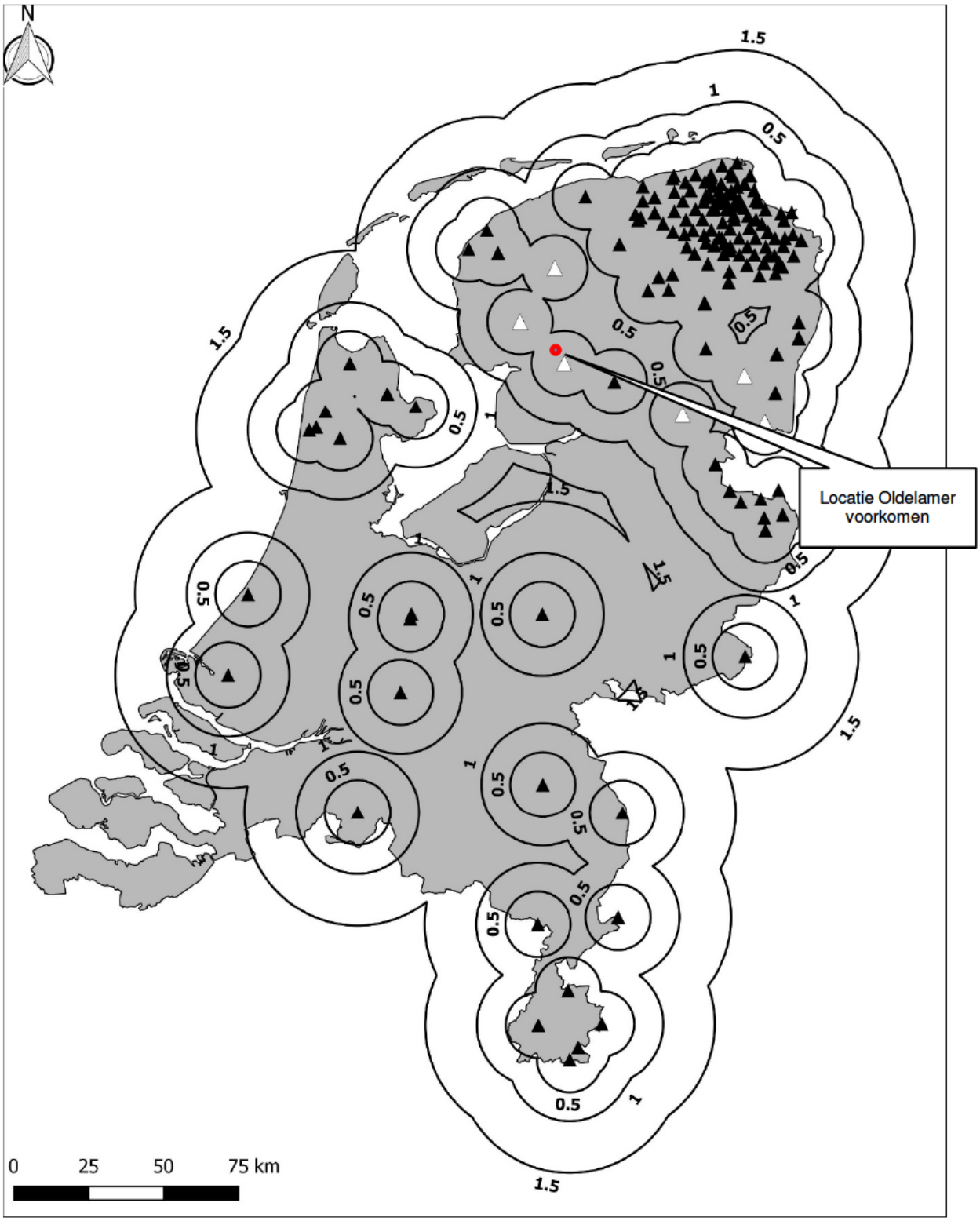


Figuur 17-4: Bevolkingsdichtheid op buurtniveau rondom het Oldelamer voorkomen (Bron: CBS). De rode cirkel geeft de 5 km straal aan rondom het voorkomen.



Figuur 17-5: Overzicht van waterkeringen, speciale gebouwen en industriële inrichtingen (Bron: risicokaart.nl) rondom het Oldelamer voorkomen. De rode cirkel geeft de 5 km straal aan rondom het voorkomen.

17.3 Overzicht Seismische Detectoren



Figuur 17-6 Seismische detectie-stations en detectie-drempel-magnitude. Aangepast in 2018 (met stations na 2010) naar Fig. 2a uit KNMI Ref. 11. De witte driehoeken zijn door Vermilion geplaatste stations die zeer binnenkort (begin 2019) op het KNMI netwerk zullen worden aangesloten.

18 Bijlage: Gedetailleerde impactanalyse bodemdaling

<<Separate bijlage BA5753WATNT1810041111>>