VERMILION ENERGY

Vermilion Energy Netherlands B.V.

Aanvraag Instemming De Blesse - Blesdijke Winningsplan

Versie 3.0

13-Jul-18

Samenvatting

Dit document betreft het winningsplan 'De Blesse - Blesdijke'. Vermilion Energy Netherlands B.V. produceert sinds 1999 uit het voorkomen door middel van put BLS-01. Daarnaast heeft er productie plaatsgevonden door middel van de putten BLS-02 en BLD-01, respectievelijk sinds 2008 en 2009.

Sinds eind 2013 heeft er geen productie plaatsgevonden uit het voorkomen ten gevolge van beperkingen in de gastransportfaciliteiten. Deze beperkingen zijn eind 2017 verholpen. Vermilion is daarom van plan de productie voort te zetten door middel van de bestaande drie putte.

Daarnaast is Vermilion van plan om een nieuwe put te boren om hiermee gas uit het voorkomen te winnen. Mogelijk wordt deze nieuwe put geboord als aftakking vanuit een van de drie bestaande putten vanaf de locatie 'Blesdijke-01' of 'De Blesse-01/-02'.

De onderstaande tabel geeft de ligging van het voorkomen in dit winningsplan aan ten opzichte van provincies, waterschappen en gemeentes.

Voorkomen	Provincie	Waterschap	Gemeente
De Blesse - Blesdijke	Friesland Overijssel	Wetterskip Fryslân Drents Overijsselse Delta	Weststellingwerf Steenwijkerland

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

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

Voorkomen (deelvoorkomens)	De Blesse – Blesdijke (De Blesse, Blesdijke, Blesdijke-East)	
Productie tot uiterlijk (*)	2036	
Hoeveelheid productie:	1717	miljoen nm^3
(waarvan na 1-1-2019:	480	miljoen nm^3
Seismisch Risico Categorie:	Cat. I	
Verwachte maximale bodemdaling:	5.0	cm
(waarvan na 1-1-2019 verwacht maximaal:	1.2	cm
Samengestelde bodemdaling verwacht maximaal:	5.0	cm
(waarvan na 1-1-2019 verwacht maximaal:	1.2	cm

(*) Uitgaande van goedkeuring van de extensieverzoeken voor De Blesse en Blesdijke in 2018. Bij goedkeuring in 2019 wordt productie tot uiterlijk 2037 verwacht

De historische winning heeft tot op heden een maximale bodemdaling van naar schatting 3.8 cm veroorzaakt. De verwachte toekomstige samengestelde daling is 1.2 cm. Hiermee is de verwachte (historische plus toekomstige) maximale samengestelde bodemdaling op het diepste punt van de bodemdalingskom 5.0 cm.

De daadwerkelijke bodemdaling wordt gemonitord via de meetnetten De Blesse en Blesdijke van Vermilion. Deze meetplannen worden 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, of bij het Landelijk Loket Mijnbouwschade.

Inhoud

Samenvatting 2
Inhoud 3
Formulier aanvraag instemming winningsplan 6
1 Inleiding 9
1.1 Doel van het Winningsplan 9
1.2 Leeswijzer 9
2 Plaats van winning 11
2.1 Voorkomen in dit winningsplan 11
2.2 Overzicht ligging voorkomens en putten 11
2.3 Schematische weergave gas-behandeling en afvoer 14
3 Boringen 16
3.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put 16
3.2 Overzicht boringen in voorkomen 17
3.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en) 18
3.4 Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden 19
3.5 Putbehandelingen 19
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 21
4.2.3 Structuur van het voorkomen 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 26
5.4 Winningsstrategie en reservoir-management 27
5.5 Gasproductievooruitzichten 27
5.6 Duur van de winning 30
5.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning 30
5.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen 30
5.9 Gassamenstelling en stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd 31
5.10 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen 31
6 Bodemdaling 32
6.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand 32
6.1.1 Gaswinning 32
6.1.2 De oorzaken van bodemdaling 32
6.1.3 Autonome bodemdaling 33

6.1.4 Meten en voorspellen van bodemdaling 33
6.2 Bodemdalingsmodel 34
6.3 Historische bodemdaling 34
6.4 Bodemdalingsvooruitzichten en -onzekerheid 35
6.5 Monitoring van bodemdaling 37
6.6 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling 37
6.6.1 Gevolgen voor gebouwen en infrastructuur 37
6.6.2 Gevolgen voor natuur en milieu 38
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 Bodem / Grondwaterverontreiniging 42
8.3 Luchtverontreiniging 42
8.4 Oppervlaktewaterverontreiniging 43
8.5 Externe veiligheid 43
8.6 Natuur 43
8.7 Locaties 43
8.8 Schade-afhandeling 43
8.9 Gedragscode 44
9 Verklarende woordenlijst 45
10 Referenties 46
11 Bijlage: Plattegrond Winningslocaties 47
12 Bijlage: Proces-stroomdiagram van aardgaswinningslocaties 49
13 Bijlage: Detailschema putverbuizing 50
14 Bijlage: Geologische kaart 53
15 Bijlage: Analyse en Berekening Bodemdaling 56
15.1 Bodemdalingsmodel 56
15.2 Analyse bodemdalingsmetingen 56
15.3 Resultaten modelberekening bodemdaling 58
16 Bijlage: Meetnetten De Blesse en Blesdijke 64
17 Bijlage: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden 66
17.1 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse 66

17.2 Seismische Risico Analyse voor de voorkomens in dit winningsplan 66
17.2.1 Niveau 1: Screening Potentieel 66
17.2.2 Niveau 2: Risico Classificatie 70
18 Bijlage: Vertrouwelijke Gegevens De Blesse-Blesdijke 73
18.1 Volumeschattingen 73
18.2 Bedrijfsvoering 75

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
mijnbouwaanvragen@minez.nl

Artikel 1)	***Onderwerp***	***Beschrijving***
Mw 34 lid 1	**Verzoek om instemming voor een wijziging / actualisatie van het winningsplan** De Blesse - Blesdijke	☐ 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]
	A1.5) Telefoon	+31 (0) 517 493 333
Mw 34 lid 2 en Mw 22	***A1.6) Indiener***	☐ is houder van de vergunning ☒ is uitvoerder cf artikel 22 Mw
	A2) Winningsvergunningsgebied(en)	• Steenwijk • Gorredijk
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	**A2.1) Voorkomen(s) koolwaterstoffen**	De Blesse, Blesdijke, Blesdijke-East
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	18.2 (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 Naam: [redacted] Functie: Commercial Manager	*Datum: 13-Jul-18* *Plaats: Amsterdam*	

1 Inleiding

Dit document betreft het winningsplan 'De Blesse - Blesdijke'. Vermilion Energy Netherlands B.V. produceert sinds 1999 uit put BLS-01. Daarnaast heeft er productie plaatsgevonden door middel van de putten BLS-02 en BLD-01, respectievelijk sinds 2008 en 2009.

Sinds eind 2013 heeft er geen productie plaatsgevonden vanuit het voorkomen door beperkingen in de gastransportfaciliteiten. Deze beperkingen zijn eind 2017 verholpen. Vermilion is daarom van plan de productie voort te zetten door middel van de bestaande drie putten. Daarnaast is Vermilion van plan om een nieuwe put te boren om hiermee gas uit het voorkomen te winnen. Mogelijk wordt deze nieuwe put geboord als aftakking vanuit een van de drie bestaande putten vanaf de locatie 'Blesdijke-01' of 'De Blesse-01/-02'.

1.1 Doel van het Winningsplan

Vermilion Energy Netherlands B.V. (Vermilion, VEN) is uitvoerder van de winningsvergunningen Steenwijk en Gorredijk. 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.

Dit winningsplan omvat het gasvoorkomen De Blesse – Blesdijke.

De reden voor de indiening van dit winningsplan is tweevoudig:

- Verlenging van de productieduur: De productie vanuit het voorkomen ligt sinds eind-2013 stil, doordat de reservoir-druk te laag was ten opzichte van de systeemdruk in het exportleidingnetwerk. Door middel van een aanpassing in de exportpijpleiding is de systeemdruk verlaagd, waardoor de productie hervat kan worden. De vigerende winningsplannen van De Blesse en Blesdijke hebben als einddatum 31-12-2016; deze einddatum dient dus te worden verlengd. Het maximaal produceerbare volume volgens de vigerende winningsplannen is wel toereikend.
- Vergroting van de hoeveelheid productie: ten behoeve van het boren en in productie nemen van een nieuwe put in het voorkomen. Het aan te boren deelvoorkomen is tot op heden nog niet aangeboord.

Omdat de nieuwe put een blok aanboort dat tussen de gebieden van de winningsplannen 'Blesdijke' en 'De Blesse' inligt, zijn deze twee winningsplannen samengevoegd.

Tabel 1-1 Geschiedenis Winningsplan De Blesse (BLS) en Blesdijke (BLD). Tot dusver waren dit twee aparte winningsplannen.

Datum	Versie	Versie
2003	BLS 1.0	Winningsplan De Blesse
Jul-2008	BLD 1.0	Winningsplan Blesdijke
Dec-2008	BLS 2.0	Actualisatie De Blesse (na boring BLS-02)
Jan-2018	BLD 1.1	Verzoek wijziging instemmingsbesluit BLD (duur)
Mei-2018	BLS 2.1	Verzoek wijziging instemmingsbesluit BLS (duur)
Jul-2018	3.0	Actualisatie BLS+BLD (dit document)

1.2 Leeswijzer

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

Gasproductie uit het voorkomen vindt plaats vanaf de locaties 'De Blesse-01/-02' en 'Blesdijke-01'. Vanaf beide locaties wordt het geproduceerde gas via een pijpleiding naar het Garijp gasbehandelingsstation (GTC) getransporteerd. Paragrafen 2.2 en 2.3 geven aan waar de productielocaties en de producerende/geplande putten zich bevinden.

Hoofdstuk 6 beschrijft de bodemdaling in de omgeving van het voorkomen, en geeft een overzicht van de reeds opgetreden bodemdaling en de verwachte toekomstige bodemdaling. Daarnaast wordt er toegelicht hoe bodemdaling tot stand komt, hoe deze gemeten en voorspeld wordt en wat de mogelijke gevolgen zijn.

De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens de meetplannen van De Blesse en Blesdijke conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM). De volgende meting vindt plaats in 2019, waarbij de twee meetplannen worden samengevoegd tot een gecombineerd meetplan De Blesse-Blesdijke.

De seismische risicoanalyse laat zien dat de gaswinning volgens dit winningsplan in de laagste seismische risicocategorie valt (categorie I). Hoofdstuk 7 gaat verder in op de seismische risico analyse.

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. Op de voorbereiding van dit instemmingsbesluit is de uniforme openbare voorbereidingsprocedure van toepassing. Dat betekent onder andere dat iedereen zienswijzen naar voren kan brengen op het ontwerpbesluit van de minister. Op het definitieve besluit van de Minister is beroep mogelijk bij de afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State

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, waarvoor weer de uniforme openbare voorbereidingsprocedure wordt gevolgd, 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 het Ministerie van 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 concurrentie-gevoelige details over de geplande put(aftakking) en gasvolume berekeningen.

2 Plaats van winning

2.1 Voorkomen in dit winningsplan

Dit winningsplan beschrijft de gasproductie uit voorkomen De Blesse - Blesdijke. Voorheen zijn De Blesse en Blesdijke behandeld als twee aparte winningsplannen. Omdat de nieuwe put een blok aanboort dat tussen de gebieden van de winningsplannen 'Blesdijke' en 'De Blesse' inligt, zijn deze twee winningsplannen samengevoegd.

2.2 Overzicht ligging voorkomens en putten

Het gasvoorkomen ligt onder de provincies Friesland en Overijssel, in de winningsvergunningen Gorredijk en Steenwijk (zie Figuur 2-1). Figuur 2-2 is een topografische kaart met de locatie van het voorkomen, de oppervlakte-locaties, de putten, en pijpleidingen. Figuur 2-3 is een kaart op iets grotere schaal, die ook de omliggende gasvoorkomens weergeeft. Tabel 2-1 geeft de ligging ten opzichte van provincies, waterschappen en gemeentes weer.

Tabel 2-1 Ligging van het voorkomen ten opzichte van gemeenten, provincies en waterschappen

Voorkomen	Provincie	Waterschap	Gemeente
De Blesse-Blesdijke	Friesland/Overijssel	Wetterskip Fryslân/ Drents Overijsselse Delta	Weststellingwerf/ Steenwijkerland

Het voorkomen is aangeboord met drie putten, zoals weergegeven in Tabel 2-2. Het voorkomen kan worden onderverdeeld in vijf deelvoorkomens, afhankelijk van de gesteentelaag en de structuur waarin het gas zich bevindt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie gesteentelagen (VL = Vlieland formatie, ZE3/2 = Zechstein formatie) en drie structuren (BLD=Blesdijke, BLD-E=Blesdijke-East en BLS=De Blesse). De geologische opbouw wordt nader toegelicht in sectie 4.2.

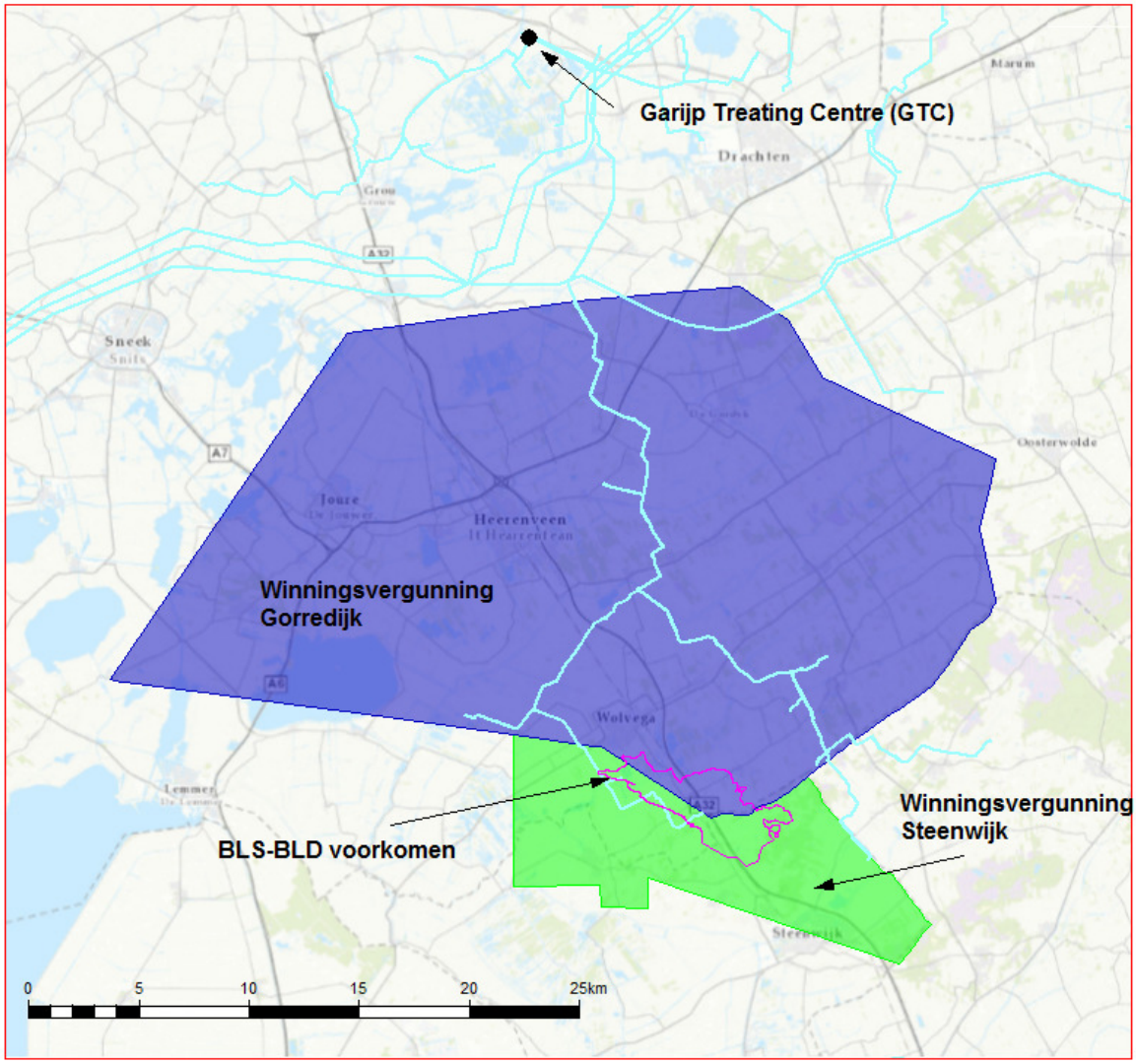
Tabel 2-2 Nomenclatuur van de deelvoorkomens (blauw) op basis van gesteentelagen (rood) en structuren (groen). Ook is aangegeven in welke structuur de bestaande putten geboord zijn, en in welke de geplande put geboord zal worden.

		Structuur		
		BLD	**BLD-E**	**BLS**
Laag	VL	BLD_VL	BLS_BLDE_VL	
	ZE3	BLD_ZE	BLDE_ZE	BLS_ZE
	ZE2			
	Put(ten)	BLD-01	*BLD-01-S1 (gepland)*	BLS-01, BLS-02

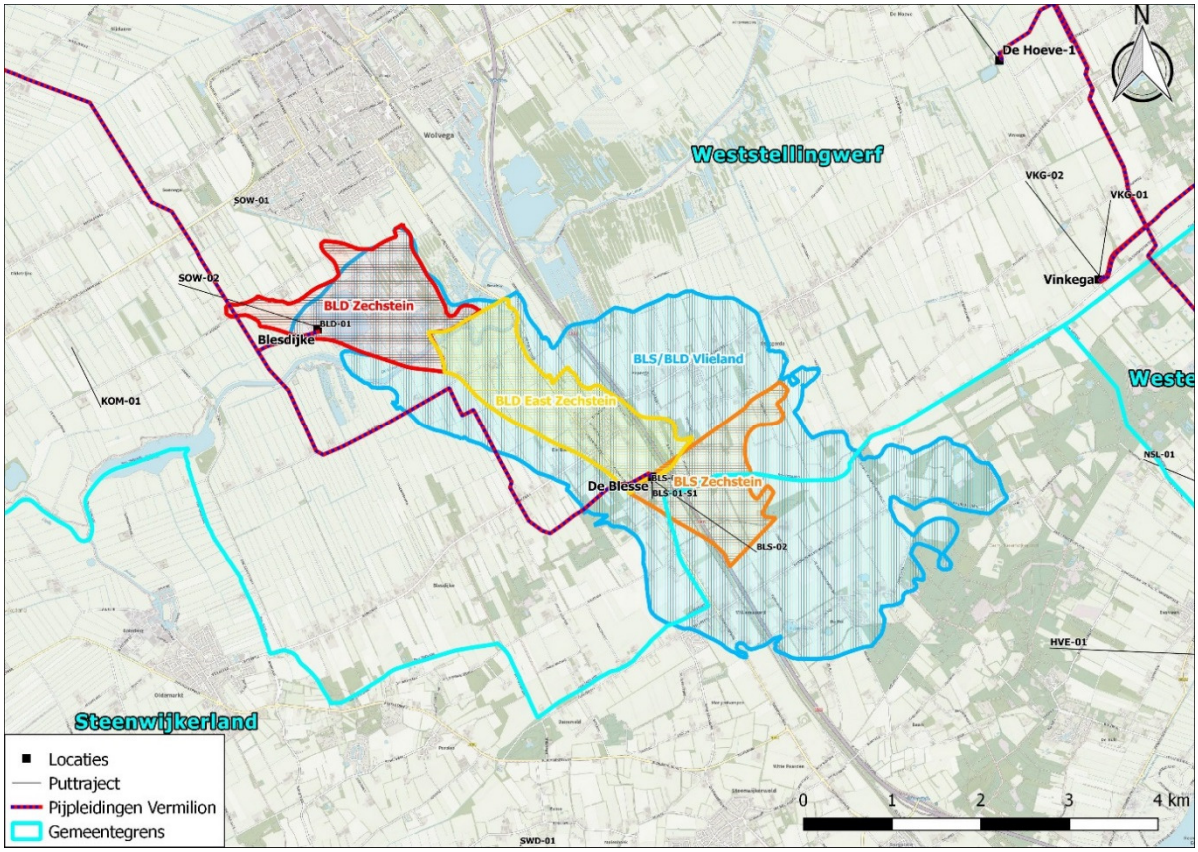
De kadastrale informatie van de aardgaswinningslocaties is gegeven in Tabel 2-3 In de bijlage, hoofdstuk 11, zijn plattegronden van de winningslocaties 'De Blesse-01/-02' en 'Blesdijke-01' opgenomen.

Tabel 2-3 Kadastrale informatie winningslocaties

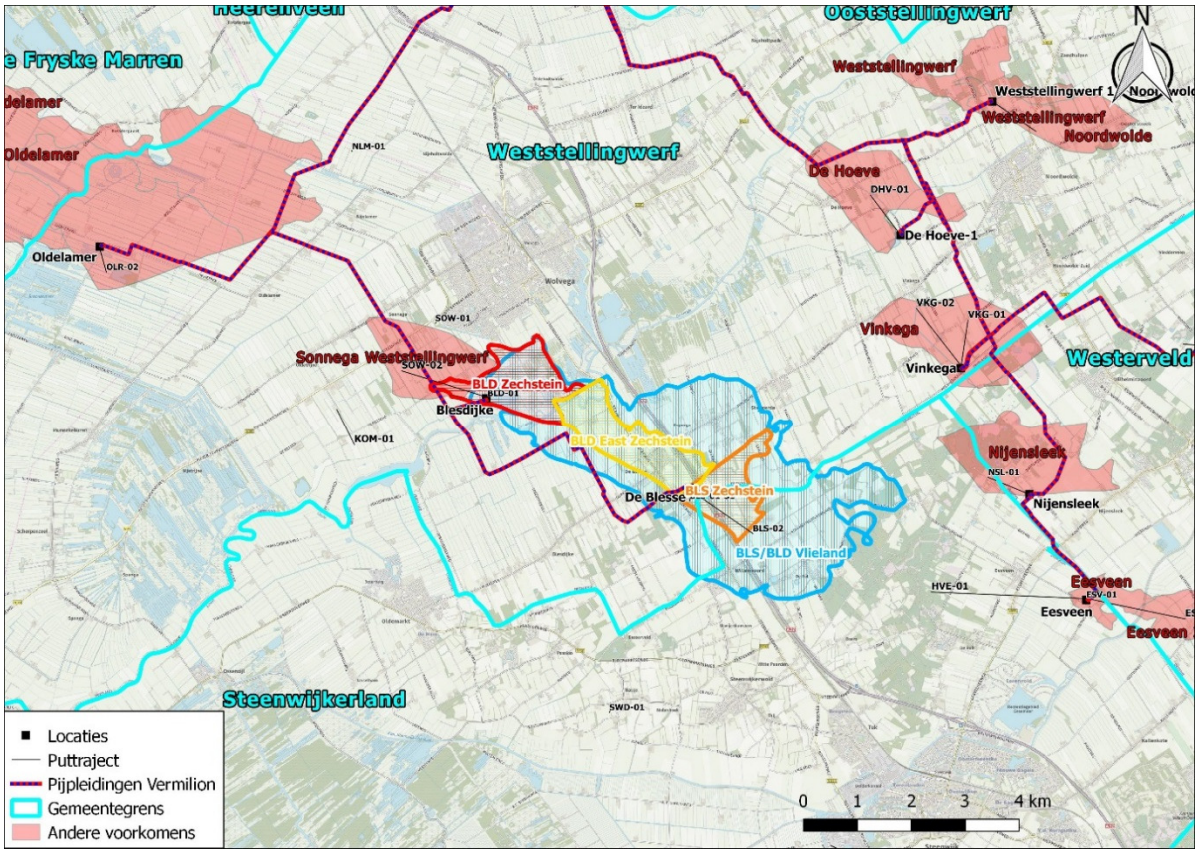
Mijnbouwlocatie	'De Blesse-01/-02'	'Blesdijke-01'
Gemeente	Weststellingwerf	Weststellingwerf
Sectie	C	H
Nummer	709 + 1213	488 + 489
Plaatselijk bekend als	Steenwijkerweg 99a, De Blesse	De Meenthe (naast nr. 13), Wolvega



Figuur 2-1: Topografische kaart met voorkomen, Garijp gasbehandelings-station (GTC), winnings-vergunningen en pijpleidingen (blauw).



Figuur 2-2:Topografische kaart van de (deel)voorkomens, met putten en mijnbouwlocaties. De Vlieland deelvoorkomens (Tabel 2-2) zijn als één polygon afgebeeld.



Figuur 2-3: Topografische kaart van de (deel)voorkomens met omliggende voorkomens, mijnbouwlocaties, putten en pijpleidingen. De Vlieland deelvoorkomens (Tabel 2-2) zijn als één polygon afgebeeld.

2.3 Schematische weergave gas-behandeling en afvoer

Op de locaties ‘De Blesse-01/-02’ (Figuur 2-4) en ‘Blesdijke-01’ (Figuur 2-5) wordt het gas van de mee-geproduceerde vloeistoffen gescheiden. Water wordt via vrachtwagens afgevoerd en op een externe locatie teruggevoerd in de diepe ondergrond.

In de bijlage, hoofdstuk 12, is het proces-stroomdiagram van de aardgaswinningslocaties weergegeven.

Het voorbehandelde aardgas wordt, samen met het condensaat, via een ondergrondse transportleiding getransporteerd naar aardgasbehandelingsstation Garijp (GTC – Garijp Treating Centre) (Figuur 2-6). Hier wordt het gas na behandeling en meting via een ondergrondse transportleiding aan de afnemer geleverd.

De aardgaswinningslocaties worden op afstand gecontroleerd en gemonitord vanuit een permanent bemande controlekamer te GTC. Operators bezoeken regelmatig de locatie voor controles en onderhoud.

Figuur 2-4: Luchtfoto van productielocatie 'De Blesse-01/-02'.

Figuur 2-5: Luchtfoto van productielocatie 'Blesdijke-01'.

Figuur 2-6: Luchtfoto van het Garijp Gasbehandeling Station (GTC).

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 afgewerkt (*gecompleteerd*). Bij het completeren worden er gaten gemaakt in de metalen verbuizing ter hoogte van het gasreservoir. Dit worden *perforaties* genoemd. Door deze perforaties stroomt het gas van het reservoir de productieput in.

Binnenin de put wordt 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.

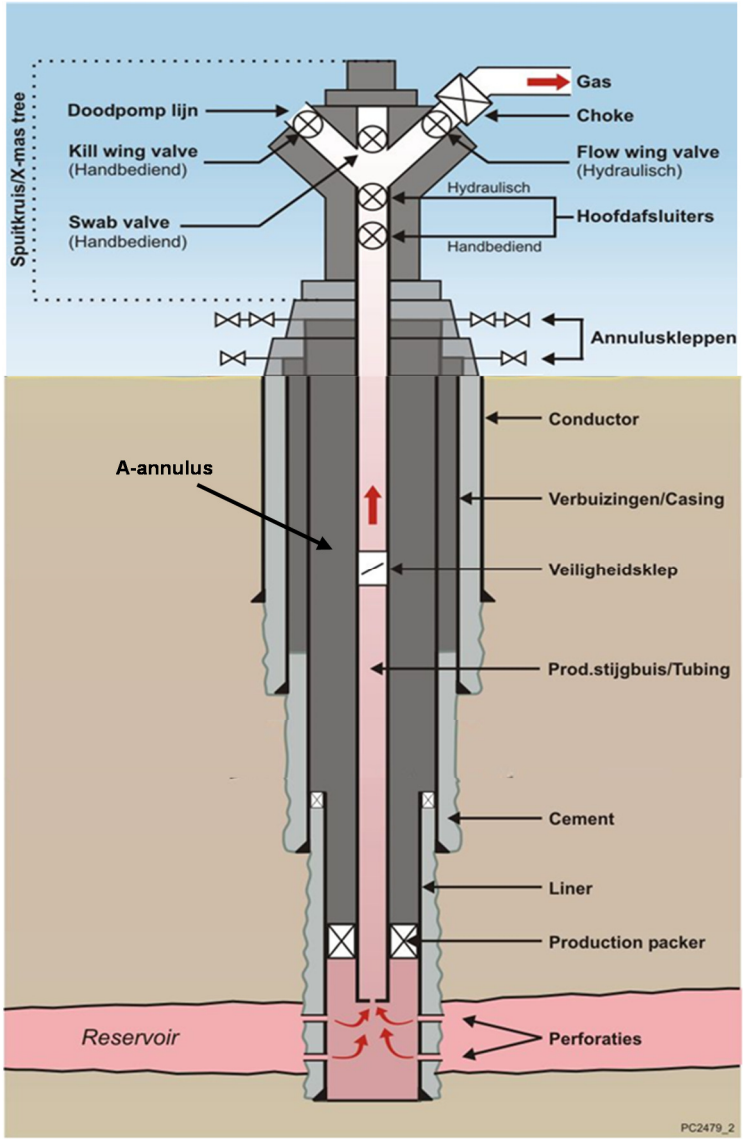
De put is voorzien van beveiligingskleppen. Die kunnen met behulp van hydraulische druk worden geopend, opengehouden en dicht gezet. In de put zijn de volgende beveiligingskleppen aanwezig:

- 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 algemeen zullen in het spuitkruis, en in de installatie op de put-locatie, meters aanwezig zijn 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 4-2 voor een 1:1 schaal van de doorsnede.

3.2 Overzicht boringen in voorkomen

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de geboorde en nog actieve putten in De Blesse - Blesdijke. De geologische formaties worden later in dit document nader besproken (Paragraaf 4.2).

Momenteel vindt er geen productie plaats uit de De Blesse - Blesdijke, als gevolg van beperkingen van de bovengrondse productiefaciliteiten.

Op de locatie Blesdijke bevindt zich ook de put Sonnega-Weststellingwerf-02 (SOW-02), maar deze put wint gas uit een voorkomen dat onder het winningsplan ‘Sonnega-Weststellingwerf’ valt.

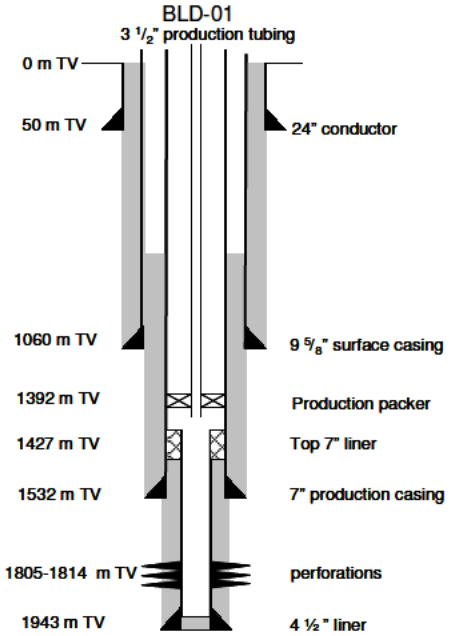
Tabel 3-1: Status putten in De Blesse - Blesdijke voorkomen. 'Gedevieerd' betekent dat het boortraject niet recht naar beneden is maar gebogen.

Locatie	Put	Jaar boring	Vorm	Formatie	Cumulatieve gasproductie per 1/Jul/2017 [x10^6 nm^3]	Status (1-Jul-2017)
De Blesse-01/-02	BLS-01	1987	Gedevieerd	Vlieland en Zechstein	949	Tijdelijk Ingesloten
De Blesse-01/-02	BLS-02	2007	Gedevieerd	Vlieland	251	Tijdelijk Ingesloten
Blesdijke-01	BLD-01	1998	Verticaal	Zechstein	37	Tijdelijk Ingesloten

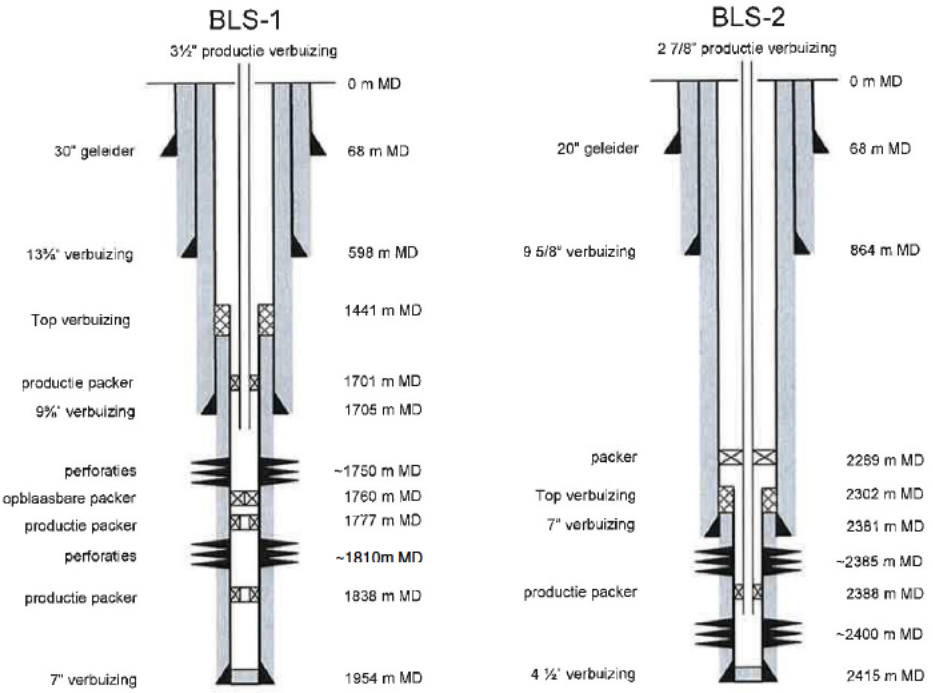
3.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)

In de onderstaande figuren is schematisch de verbuizing van de putten weergegeven. De weergegeven afstanden zijn indicatief. Voor BLD-01 zijn de afstanden verticaal gemeten ten opzichte van de boortafel (de put is nagenoeg verticaal). Voor BLS-01 en -02 zijn de afstanden gemeten door het boorgat, ten opzichte van de boortafel, omdat deze putten gedevieerd zijn, d.w.z. geboord in een hoek ten opzichte van de verticaal. Gedetailleerde tekeningen zijn in hoofdstuk 13 te vinden.

De geplande putaftakking in het Blesdijke-East deelvoorkomen zal, net als de De Blesse putten, gedeeltelijk gedevieerd geboord worden, d.w.z. onder een hoek ten opzichte van verticaal. Het definitieve putontwerp is nog niet bekend, echter, het ontwerp zal lijken op dat van BLS-01 en -02.



Figuur 3-2: Schematische weergave putverbuizing en -completie van put BLD-01. De tekening is niet op schaal (sterk verticaal gekrompen). Een gedetailleerde tekening is in hoofdstuk 13 te vinden.



Figuur 3-3: Schematische weergave putverbuizing en -completie van putten BLS-01 en -02. De tekeningen zijn niet op schaal (sterk verticaal gekrompen). Gedetailleerde tekeningen zijn in hoofdstuk 13 te vinden.

3.4 Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden

De completering van de put bestaat uit perforaties door de casing die de formatie in verbinding stellen met de productie-verbuizing ('production *tubing*'). Via de productie-verbuizing 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). Ook kan de put met andere stoffen behandeld worden, zoals zeep.

Daarnaast kan het voorkomen dat er nieuwe perforaties gemaakt worden om een iets groter deel van de formatie met de put in communicatie te 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 de putten meetinstrumenten in de boorgaten 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.

Het voorkomen in dit winningsplan bestrijkt een oppervlakte van zo'n 7 bij 2 km. Een boorgat heeft een diameter van gemiddeld 8½ inch of 22 cm, van waaruit de instrumenten ongeveer een decimeter ver kunnen meten. In totaal zijn er 3 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 de 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 bijvoorbeeld gevonden worden in Ref. 15.

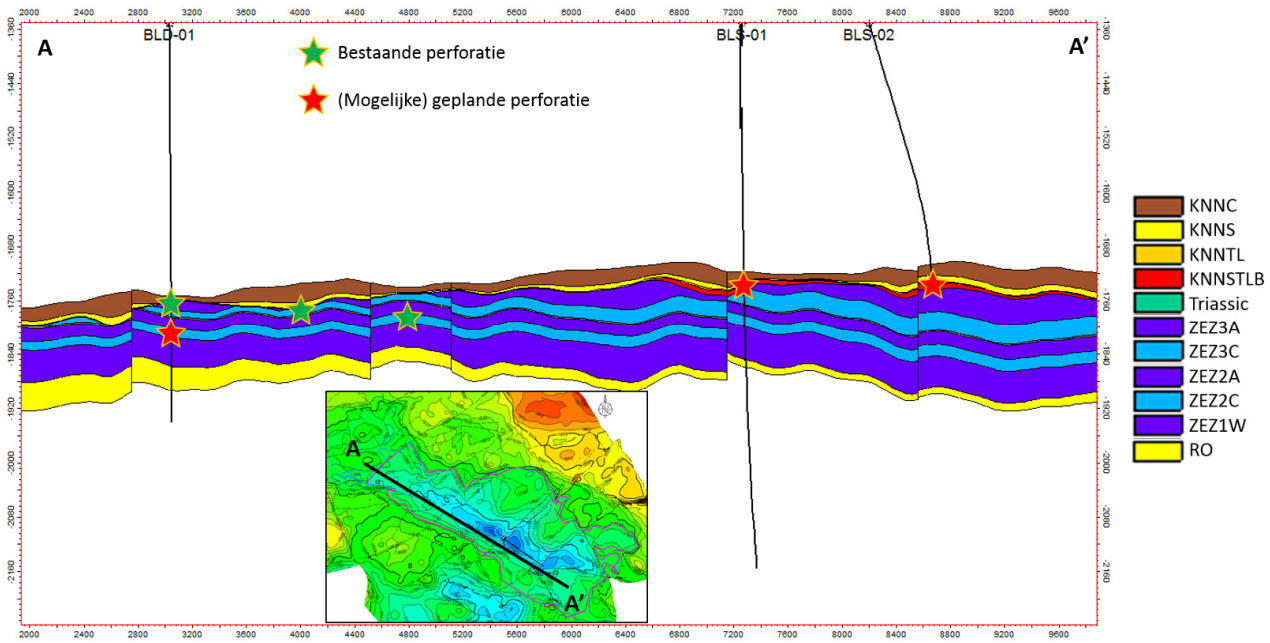
4.2.1 Geologische doorsnede van voorkomen

Figuur 4-1 geeft een schematische doorsnede van het De Blesse - Blesdijke voorkomen weer, grofweg parallel aan de hoofdbreuk in noordwest-zuidoostelijke richting.

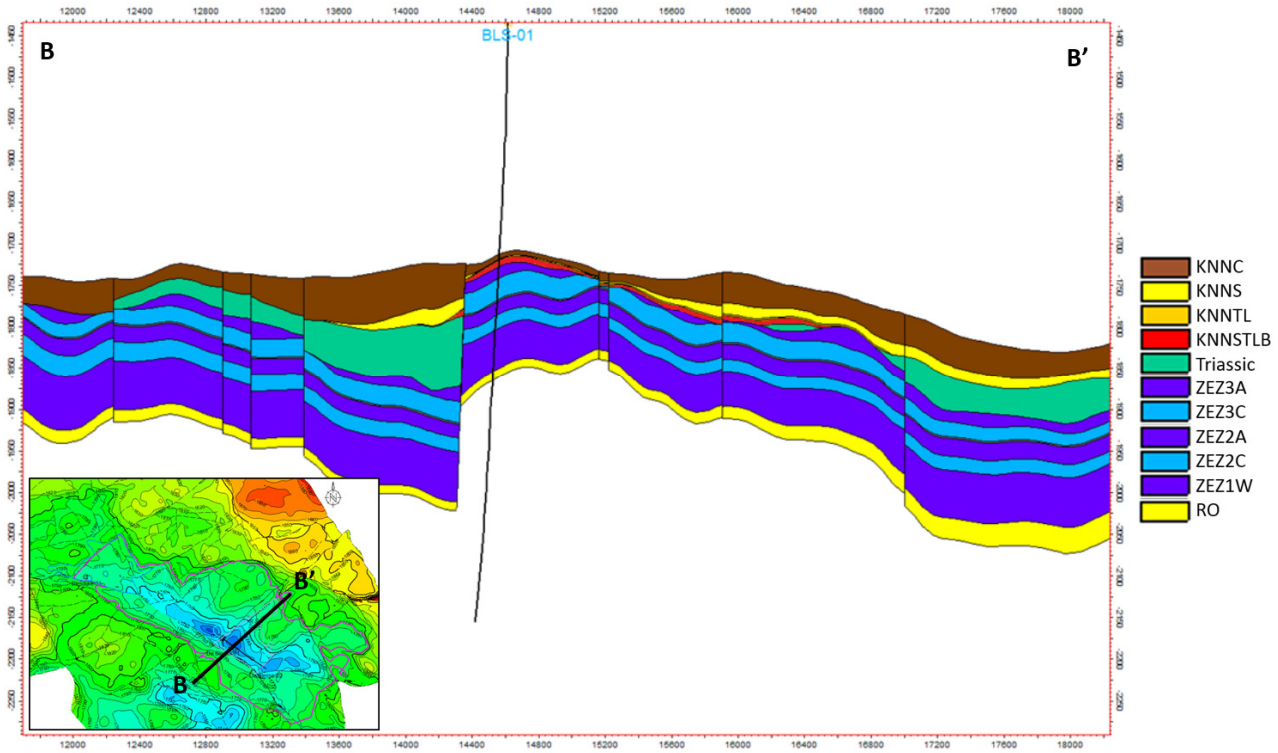
Figuur 4-2 geeft een doorsnede van de De Blesse structuur, haaks op de hoofdbreuk. Dit geeft weer hoe de Zechstein 3 (ZEZ3C) ten noordoosten van de breuk in contact is (juxtapositie) met de Vlieland (KNNSF) ten zuidwesten van de breuk.

De Rotliegend formatie (onderste gele laag in Figuur 4-2), gelegen onder de Zechstein, is hier niet gashoudend aangetroffen.

Geologische kaarten van de top van de Zechstein (ZEZ2C) en de Vlieland (KNNS) zijn gegeven in de bijlage, Hoofdstuk 14.



Figuur 4-1: Doorsnede van het De Blesse - Blesdijke voorkomen (ruwweg noordwest→ zuidoost) met projecties van de putten BLD-01, BLS-01 en BLS-02. Aardgas bevindt zich in de Vlieland ('KNNSF', 'KNNSTLB' en 'KNNTL'), Zechstein-2 (ZEZ2C) en een kleine hoeveelheid in de Zechstein-3 (ZEZ3C).



Figuur 4-2: Doorsnede van de De Blesse structuur (ruwweg noordoost - zuidwest) haaks op de hoofdbreuk. Aardgas bevindt zich in de Vlieland ('KNNSF', 'KNNSTLB' en 'KNNTL'), Zechstein-2 (ZEZ2C) en een kleine hoeveelheid in de Zechstein-3 (ZEZ3C).

4.2.2 ***Reservoir-formaties en afsluitende lagen***

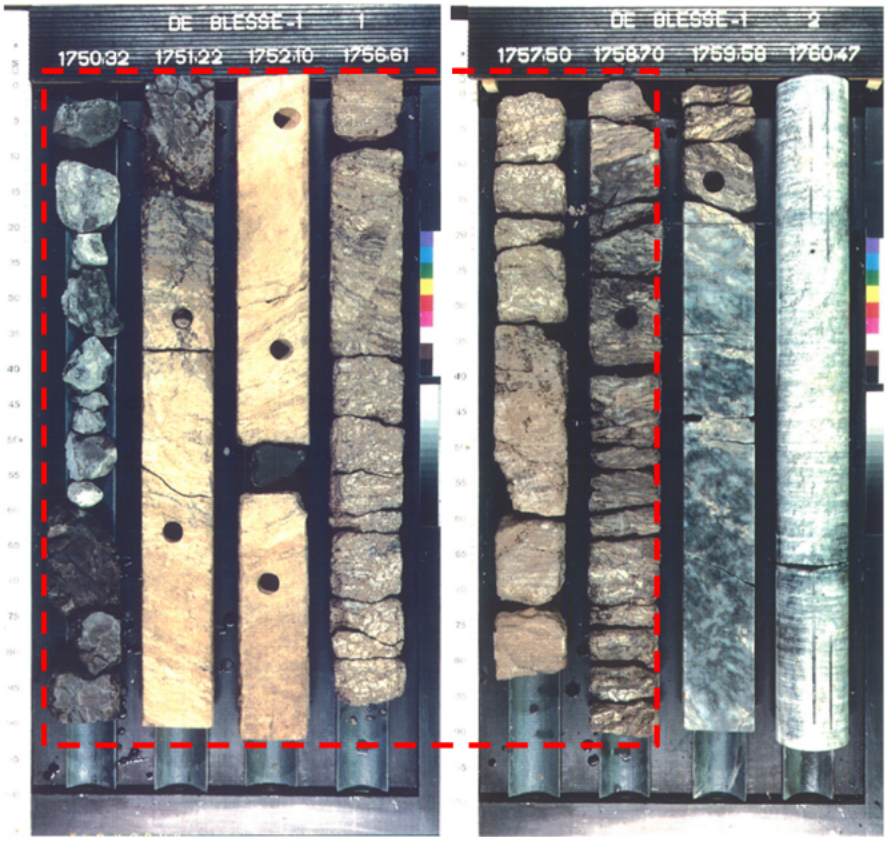
De Zechstein Groep (ZE), waaronder de Zechstein Formaties ZEZ2 en ZEZ3 vallen, bestaat uit gelaagde pakketten van evaporieten (zoutlagen), carbonaten (kalksteen) en kleisteen. Het gas van de De Blesse - Blesdijke zit voornamelijk in de carbonaten. De Zechstein is afgezet tijdens het Perm, 250 – 260 miljoen jaar geleden.

De Vlieland formatie (KNNS) bestaat voornamelijk uit zandsteen, afgezet in het Krijt, zo'n 120 – 140 miljoen jaar geleden. De Vlieland is discordant afgezet op de Zechstein formatie (zie Figuur 4-1, de gelaagdheid is niet parallel, in dit geval is de Zechstein gekanteld voordat de Vlieland werd afgezet).

De Blesse structuur

In de De Blesse structuur zit het gas in de Vlieland (KNNSF/KNNTL/KNNSTLB) en Zechstein (ZEZ3C) 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).

Voorheen werden de reservoir zones van het De Blesse voorkomen aangeduid als Zechstein lagen ZEZ3C en ZEZ4C. Deze "ZEZ4C" laag is echter een latere herdepositie van geërodeerd materiaal bovenop de Base Cretaceous Unconformity (BCU), en maakt daarom in feite deel uit van de Vlieland formatie. De aanduiding is dus gewijzigd in "Vlieland Transgressive Lag (KNNTL)" en "Transgressive Lag Brecchia (KNNSTLB)". Figuur 4-3 *geeft foto's weer van dit gedeelte van de boorkern genomen in BLS-01.*



Figuur 4-3: Foto's van de boorkern uit BLS-01. Het omkaderde gedeelte is de "ZEZ4C" laag, welke bestaat uit geërodeerd Zechstein materiaal afgezet op de BCU, en in feite deel uitmaakt van de Vlieland formatie (Vlieland Transgressive Lag KNNSTL en Transgressive Lag Breccia KNNSTLB).

Blesdijke structuur

In de Blesdijke structuur zit het gas voornamelijk in de Zechstein formatie (ZEZ2C). De ZEZ3C heeft niet geproduceerd, omdat hij grotendeels watervoerend is. De ZEZ2C wordt aan de bovenkant afgesloten door de Zechstein Anhydriet (ZEZ2A). Mogelijk bevindt er zich ook gas in de Vlieland formatie. Deze is echter dun ter plaatse van put BLD-01, wat de interpretatie van de metingen bemoeilijkt. De afsluitende laag van de Vlieland wordt gevormd door de Vlieland Kleisteen (KNNC).

Blesdijke-East structuur

De Blesdijke-East structuur is nog niet aangeboord, waardoor het nog niet aangetoond is welke lagen gashoudend zijn. Naar verwachting zit het gas voornamelijk in de Zechstein (ZEZ2C) en in de Vlieland (KNNSF). De afsluitende lagen zijn in dit geval de Zechstein Anhydriet (ZEZ2A) voor de Zechstein en de Vlieland Kleisteen (KNNC) voor de Vlieland.

4.2.3 ***Structuur van het voorkomen***

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 De Blesse-Blesdijke maken we onderscheid in drie gashoudende structuren: De Blesse, Blesdijke-East en Blesdijke. Het is mogelijk 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***

Tijdens de geologische geschiedenis zijn lagen die organische bestanddelen bevatten soms diep begraven. Dat kon leiden tot het genereren van gas of olie. Hier gebeurde het genereren van gas in het *Carboon* pakket dat onder het Zechstein en Rotliegend ligt. Van daaruit is het gas naar boven gestroomd.

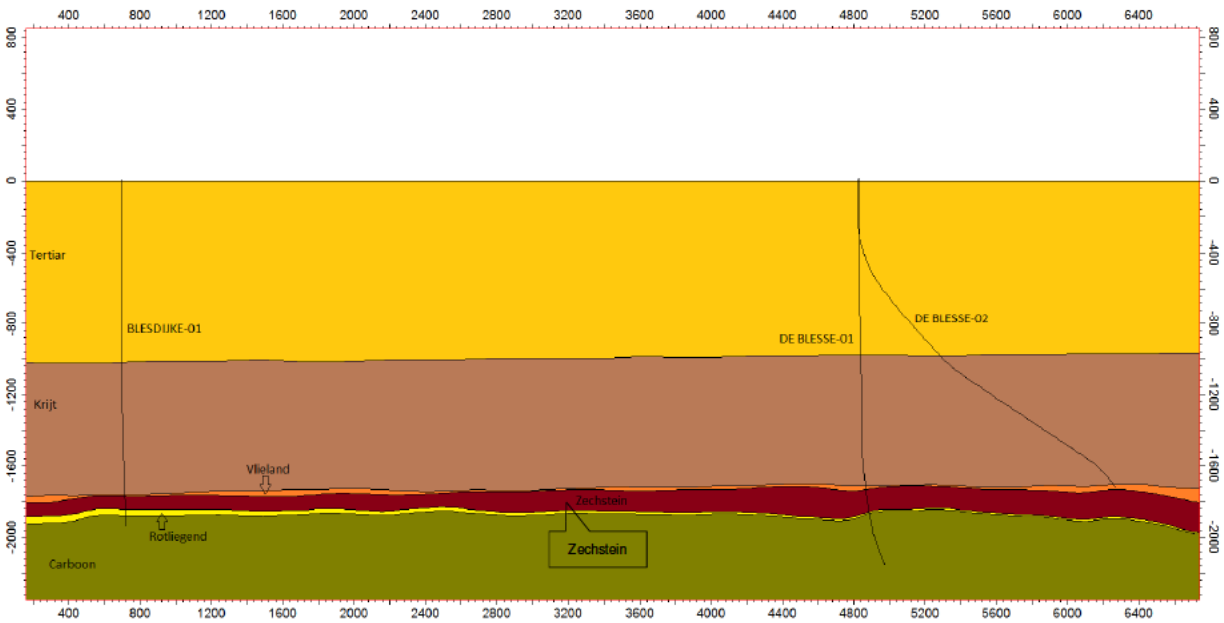
De bron van koolwaterstoffen is het onderliggende Carboon platform. De sedimenten zijn snel begraven onder de laat Perm Zechstein transgressie en het gebied is gaan zakken en is blijven zakken tot aan het Krijt en het Tertiair. Door het snelle begraven, warmde het pakket enorm op, tot aan wel 170°C tijdens de Jura. Hierdoor konden vloeistoffen uit het gesteente van het Carboon wegvloeien, diagenetische processen zoals mineralisatie kwamen op gang waarbij initiële porositeit en permeabiliteit verminderde. Tegelijkertijd konden koolwaterstoffen naar het bovenliggende Zechstein migreren.

4.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Vlieland zandsteen formatie, die hierboven besproken is, bevindt zich nog ongeveer 1700 m gesteente. Dat 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 bestaat uit impermeabele kleisteen en vormt hier de afsluitende formatie. Hieronder bevindt zich de Vlieland zandsteen laag waarin gas voorkomt

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



Figuur 4-4 Schematische weergave van de lagen boven en onder De Blesse - Blesdijke, met puttrajecten. De figuur is op schaal, i.e. niet verticaal uitvergroot.

4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Er is momenteel geen geothermieproject in de directe omgeving van het De Blesse - Blesdijke gasvoorkomen. Gezien de dikte en doorlatendheid van de Zechstein formaties in deze omgeving, is de geschiktheid van de formatie voor geothermische projecten gering. De winning heeft naar verwachting geen effect op de dieper gelegen Rotliegend laag.

Grondwaterwinning vindt plaats op ongeveer 10 km afstand ten zuidoosten van het voorkomen (Figuur 6-7), op 30-70m diepte. Er is geen interactie.

Gasopslag en zoutwinning zijn niet voorzien.

5 Ontwikkelingsvooruitzichten

5.1 Inleiding

Het voorkomen De Blesse - Blesdijke ligt op de grens van de winningsvergunningen Gorredijk en Steenwijk. Het voorkomen is in 1987 aangetoond met de put BLS-01. Sinds 2007 produceert een tweede put (BLS-02) uit het voorkomen. In 1998 is door put BLD-01 aangetoond dat ook de noordwestelijke structuur van het voorkomen gas bevat. Tabel 5-1 geeft een overzicht van de belangrijkste gebeurtenissen in de geschiedenis van het voorkomen.

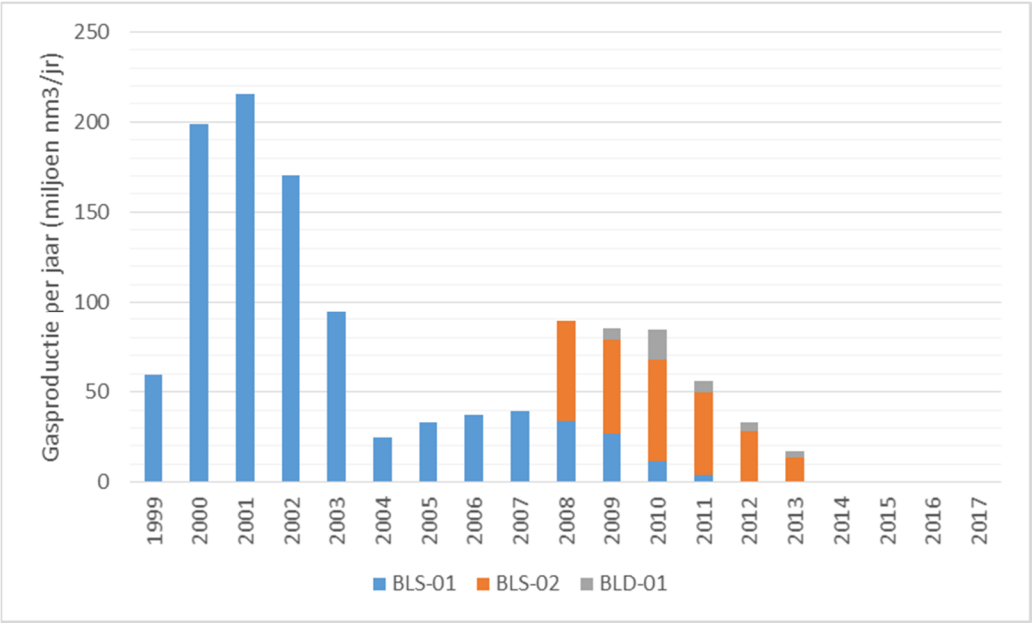
5.2 Historische productie en productie-gedrag

Gasproductie uit De Blesse - Blesdijke vindt plaats sinds 1999 (Tabel 5-1). De totale productie tot 1-Januari-2018 bedraagt 1237 MMnm^3. Figuur 5-1 laat de historische productie per jaar van de putten in het voorkomen zien en Figuur 5-2 geeft de cumulatieve productie weer.

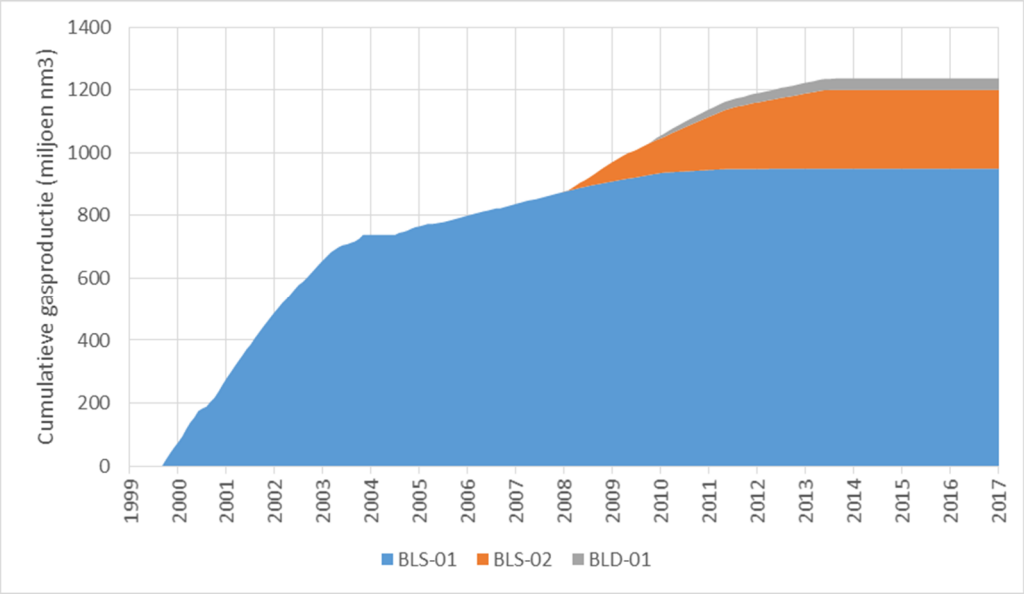
In gaswinningen, en ook deze, wordt de druk in het voorkomen gemonitord. Door gasproductie daalt die druk. Door middel van extrapolatie van die drukdaling kan een schatting gedaan worden van het totale gasvolume waarmee de gasputten in verbinding staan, en daarmee ook van het totale verwachte produceerbare volume. Voor de De Blesse structuur (putten BLS-01 en -02) is het totale volume verbonden met de putten geschat op 1500 – 1800 miljoen Nm^3. Voor de Blesdijke structuur (put BLD-01) is het verbonden volume geschat op 52 – 65 miljoen Nm^3.

Tabel 5-1 Belangrijkste gebeurtenissen in de geschiedenis van De Blesse - Blesdijke

Datum	Gebeurtenis
Dec-1987	BLS-01 toont gas aan in de De Blesse structuur
Dec-1998	BLD-01 toont gas aan in de Blesdijke structuur
Sep-1999	BLS-01 start productie van De Blesse structuur (uit gesteentelagen Vlieland + Zechstein Z3C + Zechstein Z2C)
Jan-2005	BLS-01: Plug geplaatst, onderste perforaties (Zechstein Z3C + Z2C) afgesloten (Zie Figuur 13-1). Vlieland productie gaat door.
Dec-2007	BLS-02 wordt geboord in de De Blesse structuur
Jan-2008	BLS-02 start productie uit de De Blesse structuur (Vlieland formatie)
Nov-2009	BLD-01 start productie van de Blesdijke structuur
Mei-2012	BLS-01 tijdelijk afgesloten d.m.v. plug.
Dec-2013	BLD-01: Onderste perforaties (Zechstein Z2C) afgesloten met packer, nieuwe perforaties geplaatst (Zechstein Z3C). Geen gasproductie uit de nieuwe perforatie.
Dec-2013	Tijdelijke beëindiging productie BLS-BLD in verband met te hoge druk in de gas-pijpleiding



Figuur 5-1: Gasproductiehistorie De Blesse - Blesdijke gasvoorkomen



Figuur 5-2: Cumulatieve gasproductiehistorie De Blesse - Blesdijke gasvoorkomen

5.3 Onzekerheden

Ondanks het feit dat er lang gas geproduceerd is uit het voorkomen, zijn er nog steeds onzekerheden:

1. De gasproductie-snelheid waarmee de productie met de bestaande putten hervat kan worden.
2. De gasproductie-snelheid van de geplande nieuwe put in Blesdijke-East structuur
3. De mate waarin de Blesdijke-East structuur reeds gedepleteerd is ten gevolge van productie in de De Blesse structuur.
4. De hoeveelheid gas die met de putten verbonden is.
5. De mate waarin de aanpalende breukblokken ook gas-gevuld zijn.
6. De mate waarin waterproductie de gasproductie zal hinderen of uiteindelijk stoppen.

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.

5.4 Winningsstrategie en 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 zal zodanig worden gewonnen dat de faciliteiten optimaal worden benut.

De verwachting is dat met de huidige putten (BLS-01 & -02, BLD-01) en de geplande toekomstige put de maximale economisch produceerbare hoeveelheid gas geproduceerd kan worden in het De Blesse - Blesdijke voorkomen.

De totale hoeveelheid geproduceerd gas uit de De Blesse structuur bedraagt 1200 miljoen nm^3 op 1-1-2018. De toekomstige productie (BLS-01/-02) vanaf 1-1-2019 wordt geschat op 117-277 miljoen nm^3, resulterend in een totale productie van 1317 - 1477 miljoen nm^3. Dit correspondeert met een uiteindelijke winningsfactor (geproduceerd gas als percentage van het aanwezige gas op basis van het verbonden volume gededuceerd uit het drukgedrag) van 81% tot 88%. Mogelijk omvat dit volume een gedeelte van het gasvolume in de Blesdijke-East structuur, doordat er communicatie is tussen de twee structuren (op Vlieland niveau).

De totale hoeveelheid geproduceerd gas uit de Blesdijke structuur bedraagt 37 miljoen nm^3 op 1-1-2018. De toekomstige productie (BLD-02) vanaf 1-1-2019 wordt geschat op 9 - 24 miljoen nm^3, resulterend in een totale productie van 46 - 61 miljoen nm^3. Dit correspondeert met een uiteindelijke winningsfactor (geproduceerd gas als percentage van het aanwezige gas [verbonden volume gededuceerd uit het drukgedrag]) van 83% tot 85%.

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 beneden in de verbuizing.
- Als nodig, gas-verzadigings-logs (*saturatie-logs)* om veranderingen in het gas water contact rond de put te monitoren.

Sinds eind 2013 heeft er geen productie plaatsgevonden uit De Blesse en Blesdijke omdat de reservoir druk is te laag was ten opzichte van de systeemdruk van de export-pijpleiding (naar GTC). Door plaatsing van een compressorstation op de locatie 'Mildam' in 2017 is de systeemdruk verlaagd, zodat de productie weer hervat kan worden.

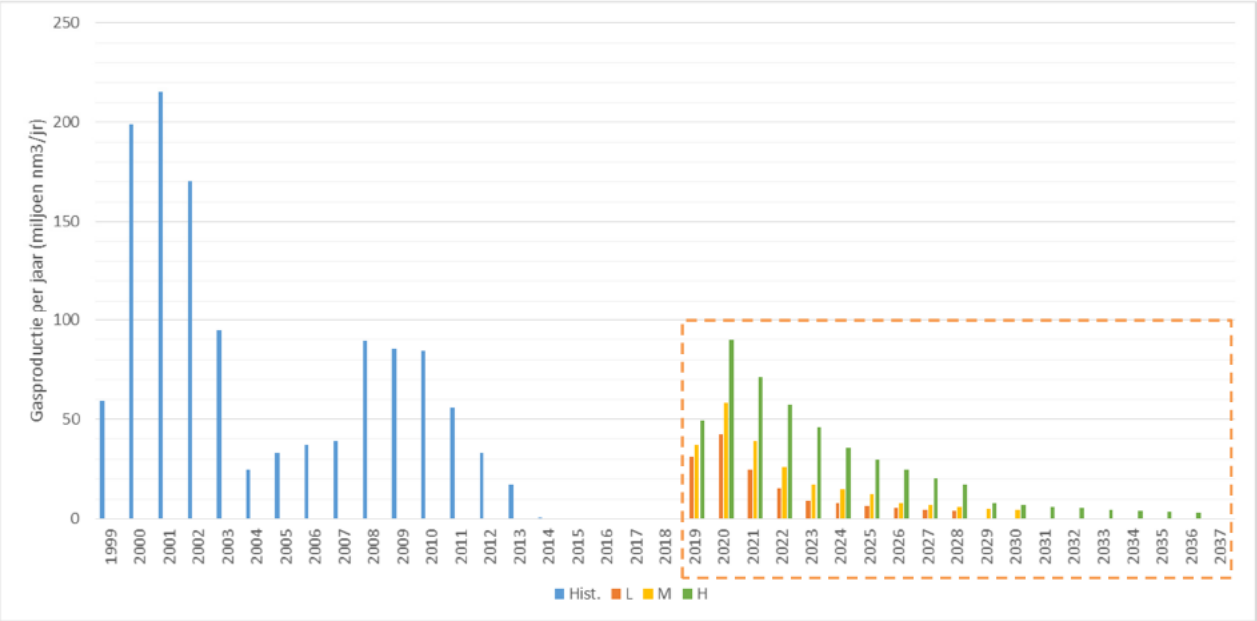
5.5 Gasproductievooruitzichten

Deze paragraaf geeft de verwachte toekomstige productieprofielen weer van verlengde productie uit het De Blesse – Blesdijke voorkomen. Voor de toekomstige productie zijn drie profielen gegeven (Laag, Midden, Hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. Deze profielen zijn indicatief; de werkelijk gerealiseerde productie zal niet precies overeenkomen met (één van) de geschetste profielen.

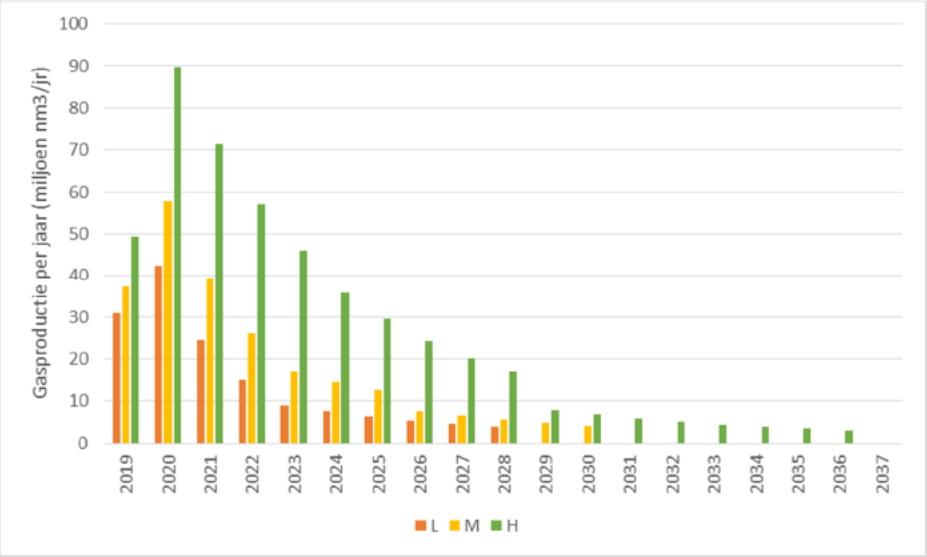
Opgemerkt dient te worden dat de gegeven getallen jaargemiddelden zijn. Op een dag-basis kunnen dus andere waarden voorkomen. Daarnaast is de startdatum van de toekomstige productie afhankelijk van de datum van goedkeuring van het winningsplan. Voor de weergegeven figuren is aangenomen dat de productie met de bestaande putten (BLS-01, BLS-02 en BLD-01) hervat wordt vanaf 1-1-2019, bij goedkeuring in 2018 van de extensieverzoeken die apart van dit winningsplan zijn ingediend. Voor de nieuwe put in de Blesdijke-East structuur is er uitgegaan van productie vanaf 1-1-2020.

In Tabel 5-2 is de toekomstige verwachte productie uitgesplitst per (deel)structuur. Dit is slechts een indicatie van de verwachtte productie per structuur. Omdat er mogelijk gasstroming plaatsvindt tussen de structuren als gevolg van drukverschillen, kan het voorkomen dat gasproductie die is toegewezen aan een put in werkelijkheid door een andere put geproduceerd wordt.

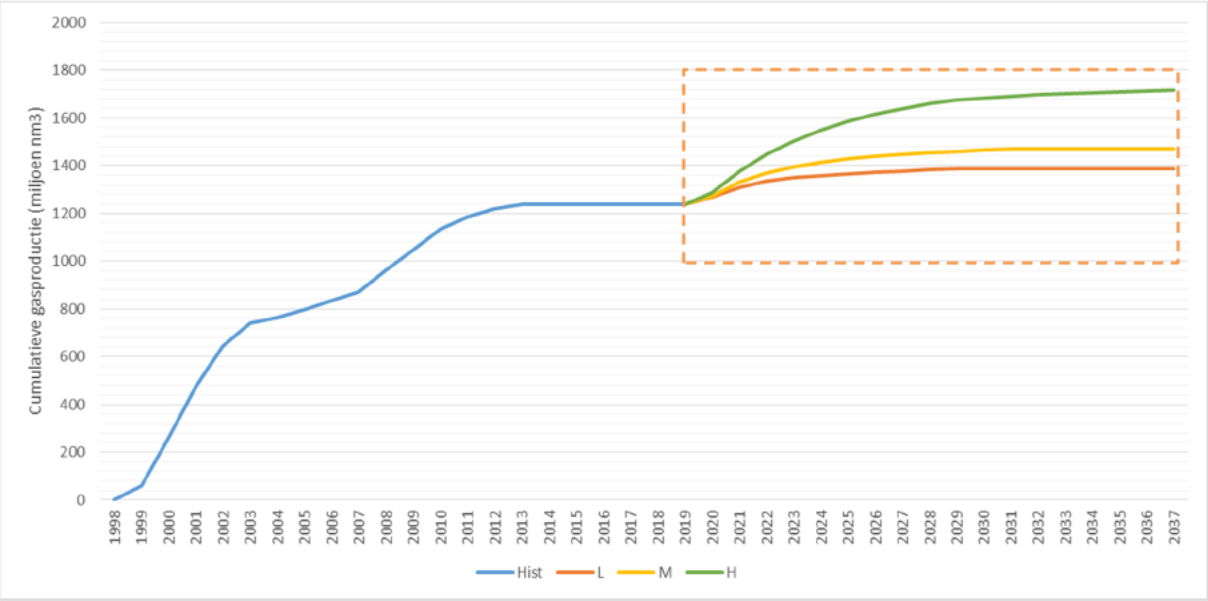
De productie op de productielocaties zal binnen de grenzen blijven die door de relevante vergunningen gesteld zijn. Zo begrenst de Omgevingsvergunning de maximaal toegestane dagproductie (Hoofdstuk 8).



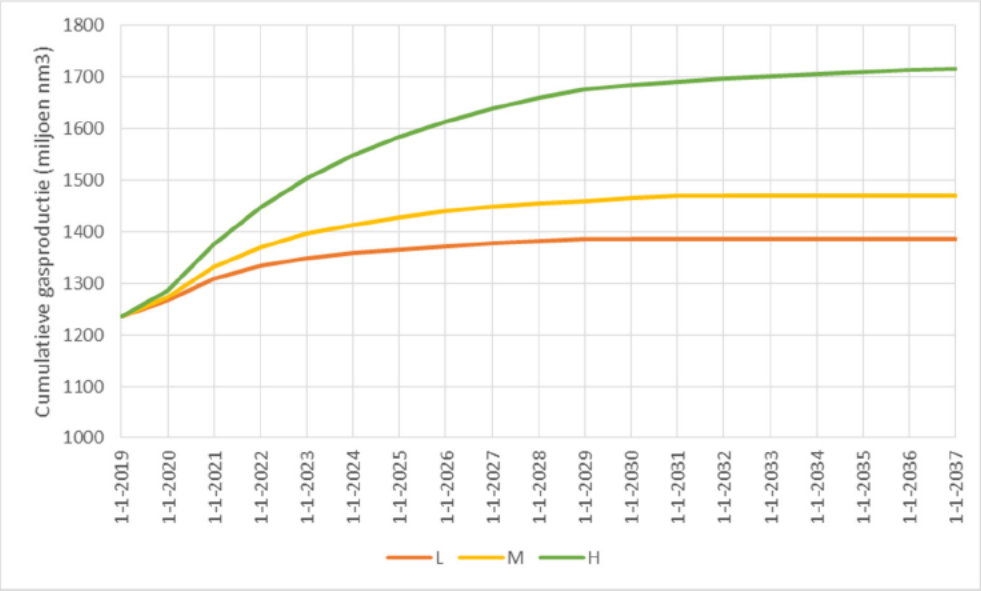
Figuur 5-3: De Blesse - Blesdijke jaarproductie: historisch en voorspellingen. Het toekomstige deel (rood omkaderd) is hieronder apart afgebeeld.



Figuur 5-4: De Blesse - Blesdijke jaarproductie-voorspellingen.



Figuur 5-5: De Blesse - Blesdijke cumulatieve gasproductie: historisch en voorspellingen. Het toekomstige deel (rood omkaderd) is hieronder apart afgebeeld.



Figuur 5-6: De Blesse - Blesdijke cumulatieve productie-voorspellingen.

Tabel 5-2 Productiegetallen, conform Figuur 5-3 en Figuur 5-4, uitgesplitst per structuur.

Voorspelling jaarlijkse productie miljoen nm³												
	De Blesse			***Blesdijke***			***Blesdijke-East***			**Totaal**		
Jaar	***L***	***M***	***H***	***L***	***M***	***H***	***L***	***M***	***H***	**L**	**M**	**H**
2019	*26*	*31*	*40*	*5*	*6*	*9*				31	37	49
2020	*21*	*27*	*35*	*4*	*4*	*6*	*17*	*27*	*48*	42	58	90
2021	*18*	*23*	*31*		*3*	*4*	*7*	*13*	*36*	25	39	71
2022	*15*	*20*	*27*			*3*		*6*	*27*	15	26	57
2023	*9*	*17*	*24*			*2*			*20*	9	17	46
2024	*8*	*15*	*21*						*15*	8	15	36
2025	*6*	*13*	*18*						*11*	6	13	29
2026	*5*	*8*	*16*						*9*	5	8	24
2027	*5*	*7*	*14*						*6*	5	7	20
2028	*4*	*6*	*12*						*5*	4	6	17
2029		*5*	*8*								5	8
2030		*4*	*7*								4	7
2031			*6*									6
2032			*5*									5
2033			*5*									5
2034			*4*									4
2035			*3*									3
2036			*3*									3
2037												
Totaal	***117***	***173***	***277***	***9***	***14***	***25***	***24***	***46***	***178***	**150**	**233**	**480**

5.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productieopbrengsten zullen overstijgen. Verwacht wordt dat dit voor De Blesse - Blesdijke uiterlijk in 2041 zal zijn, uitgaande van een productie-herstart in 2019 (BLS-01/-02 en BLD-01) en productiestart van de geplande put in 2020. Indien deze startdatum uitgesteld wordt, verlaat dit de uiterlijke productiedatum met eenzelfde duur.

Het einde van de productie zou eerder of later kunnen plaatsvinden als gevolg van onverwachte technische of andere oorzaken. In het bijzonder kan de productie uit andere, toekomstige, voorkomens in de pijpleiding naar GTC de gasstroom van de gasproductielocaties naar GTC hinderen, waardoor de jaarlijkse productie lager wordt, en waardoor de uiteindelijke productie-beëindiging vertraagd 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.

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

De gedetailleerde gassamenstelling in het voorkomen wordt weergegeven in Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Samenstelling van De Blesse - Blesdijke gas.

Gas Component	De Blesse (Vlieland+Zechstein 3)	Blesdijke (Zechstein 2)
N_2	8.02%	1.83%
CO_2	0.19%	0.60%
CH_4	88.34%	94.88%
C_2H_6	2.57%	1.99%
C_3 +	0.88%	0.70%

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. Het is mogelijk dat op het eind van het veld-leven meer formatie water mee-geproduceerd wordt.

	De Blesse - Blesdijke
Waterproductie (m^3/d)	10 - 50
Aardgascondensaat (Nm^3/MNm^3)	5 - 10

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

Op de locaties ‘De Blesse-01/-02’ en ‘Blesdijke-01’ worden geen stoffen in de ondergrond terug-gebracht.

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 verwachte toekomstige maximale bodemdaling is 1.2 cm op het diepste punt van de bodemdalingskom. Naar schatting is de reeds opgetreden bodemdaling sinds de start van de gaswinning in De Blesse - Blesdijke 3.8 cm. De uiteindelijke verwachte bodemdaling komt daarmee op maximaal 5.0 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. Hier zit, zoals besproken, het gas in de Zechstein en Vlieland lagen afgesloten door de Vlieland kleisteenlagen.

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.

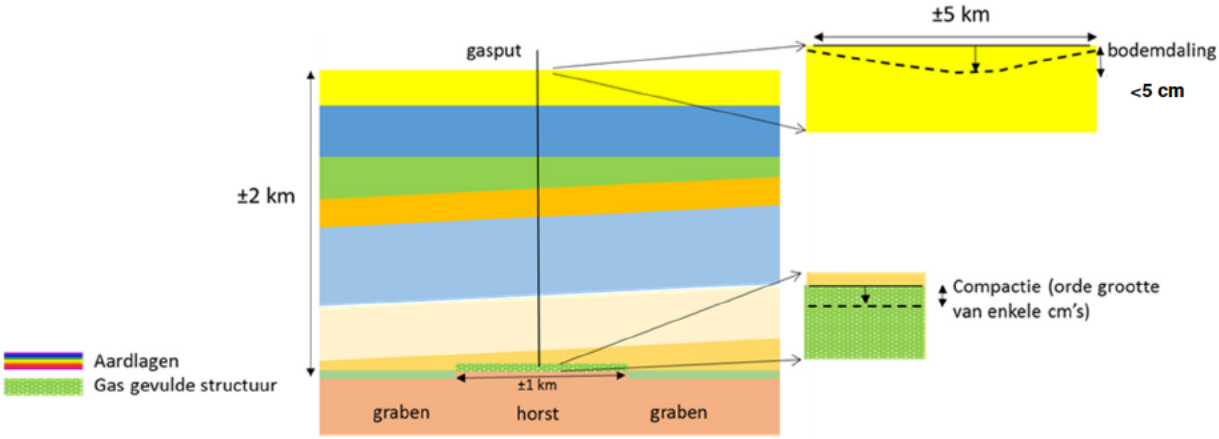
Bij gaswinning laat men het gas ontsnappen door een put die in het hoogste punt van het reservoir geplaatst wordt. Als gevolg van het ontsnappen van het gas zal de druk in het reservoir dalen. De winning stopt als de druk zo laag is dat er onvoldoende gas door de put naar boven stroomt, of als de drukdaling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

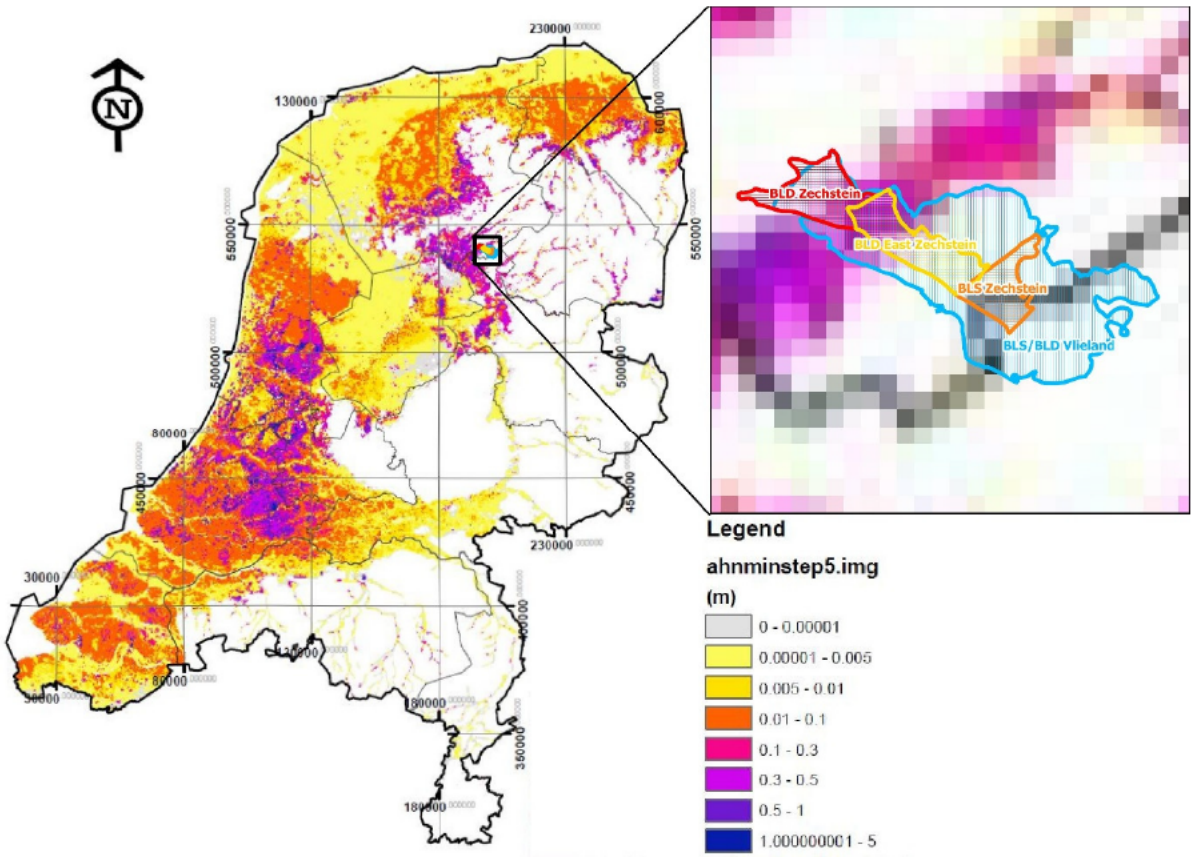
Als het reservoir compacteert op ±2km diepte, zullen ook de lagen erboven een beetje inzakken. Bij dat dalingsproces verdeelt het volume van de compactie zich, zodat aan de oppervlakte een bodemdalingskom ontstaat. De dalingskom heeft de vorm van een heel platte schotel. Aan de randen gaat de daling 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.



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

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 maaiveldaling in heel Nederland in kaart gebracht (ref. 1). Die bodemdaling is gerelateerd aan de samenstelling van de ondiepere ondergrond (bijvoorbeeld aan de aanwezigheid van veen en klei). Rond het De Blesse - Blesdijke voorkomen komen waarden van 0 tot 30 cm over een periode van 50 jaar voor (Figuur 6-2).



Figuur 6-2: Maaiveldaling 50 jaar na 2011 (Deltares, ref. 1), schaal in m. De locatie van het voorkomen 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 er 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 (EZK). De meetnetten die gebruikt zijn in dit winningsplan zijn die van De Blesse (Figuur 16-1) en Blesdijke (Figuur 16-2).

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.

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 hoofdstuk 15 wordt het bodemdalingsmodel in meer detail besproken.

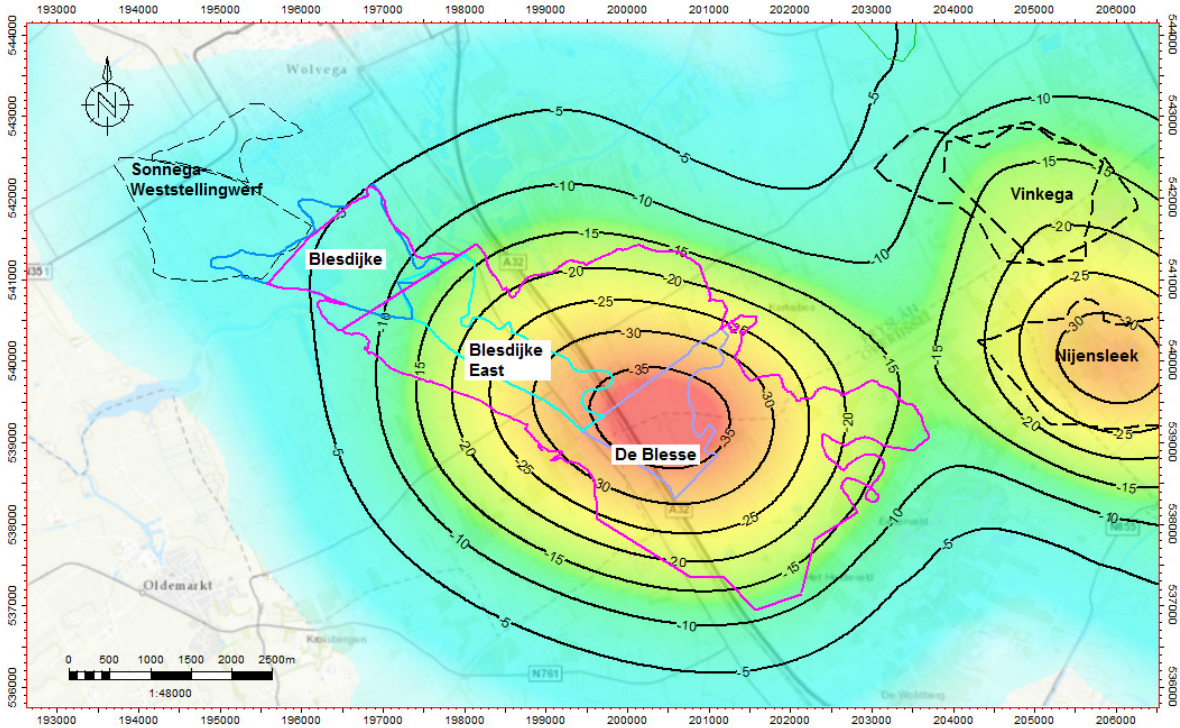
De bodemdaling wordt berekend rekening houdend met de onzekerheid van de model-input. Met de onzekerheidsmarge wordt als volgt omgegaan: om een conservatieve (ongunstige) schatting te geven, is het gebruikelijk de zogenaamde *P10* waarde te gebruiken. Dat is de waarde die met een 90% zekerheid niet overschreden wordt. De getallen die in dit winningsplan vermeld worden en de bodemdalingskaarten (Figuur 6-5) zijn gebaseerd op een realisatie die tot zo'n conservatieve P10 daling leidt.

6.3 Historische bodemdaling

De bodemdaling wordt gemonitord volgens het meetplan De Blesse (ref. 16) en het meetplan Blesdijke (ref. 17). Daarnaast is er data beschikbaar van peilmerken in de NAP database van Rijkswaterstaat (ref. 19). De analyse van de gemeten bodemdaling, en de hierop gebaseerde modelberekening, is uitgewerkt in hoofdstuk 15.

Op basis van de metingen en de modelberekeningen is de geschatte historische daling (1-1-2018) ongeveer 3.8 cm op het diepste punt van de bodemdalingskom (Figuur 6-4).

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



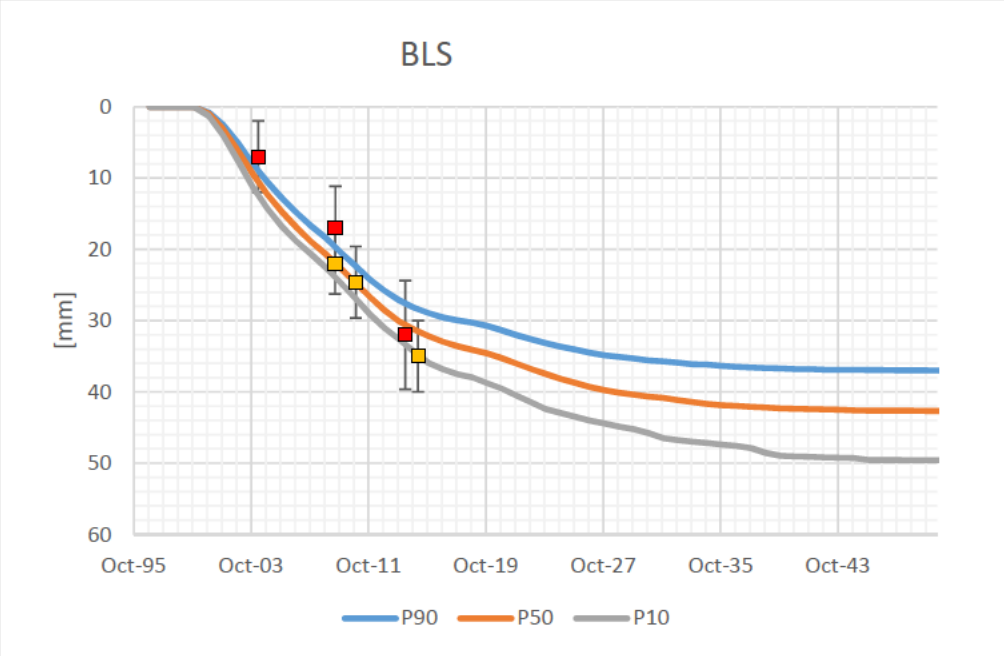
Figuur 6-3: Samengestelde historische bodemdaling (tot 1-1-2018) in millimeters, rondom de De Blesse - Blesdijke, op basis van modelberekening. Het diepste punt is 3.8 cm, gelegen boven de De Blesse structuur.

6.4 Bodemdalingsvooruitzichten en -onzekerheid

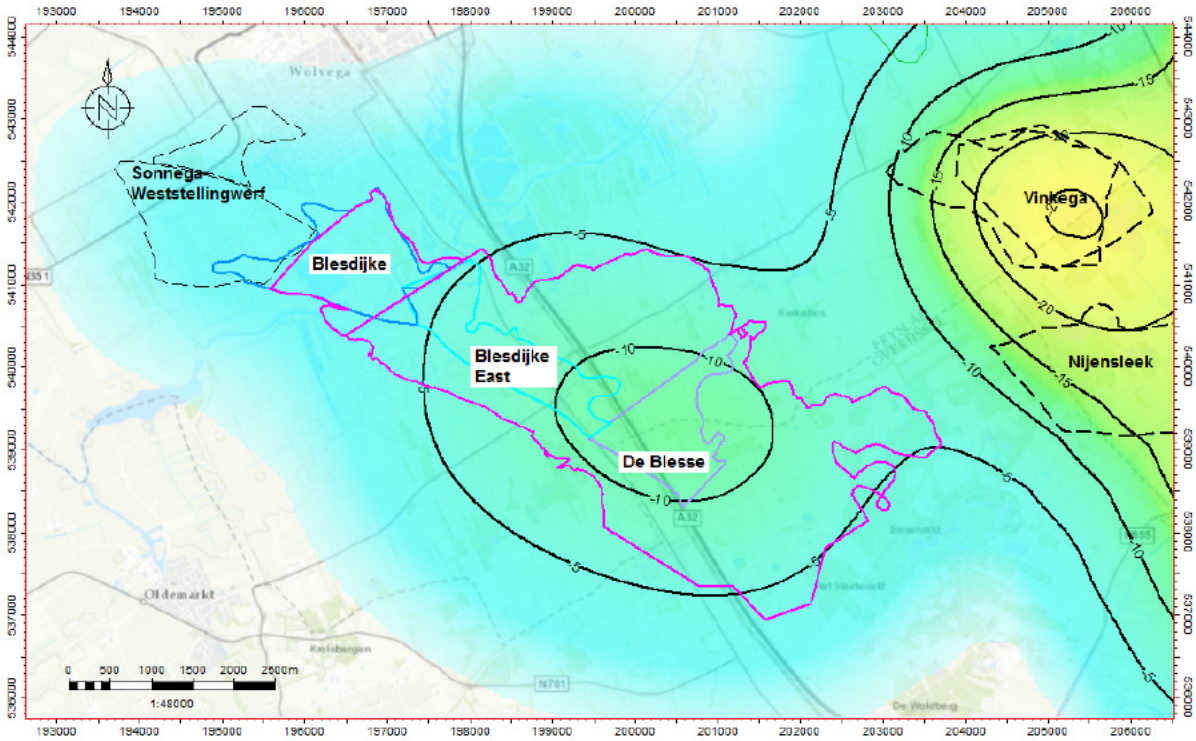
De toekomstige bodemdaling ten gevolge van gaswinning is geschat op maximaal 1.2 cm. Het diepste punt van deze bodemdalingskom ligt boven de De Blesse structuur. Deze waarde betreft de P10: dat is de waarde die met een 90% zekerheid niet overschreden wordt.

Figuur 6-4 geeft de gemodelleerde bodemdaling als functie van de tijd, welke gekalibreerd is aan de gemeten bodemdaling. Deze modelberekening wordt nader toegelicht in Hoofdstuk 15.

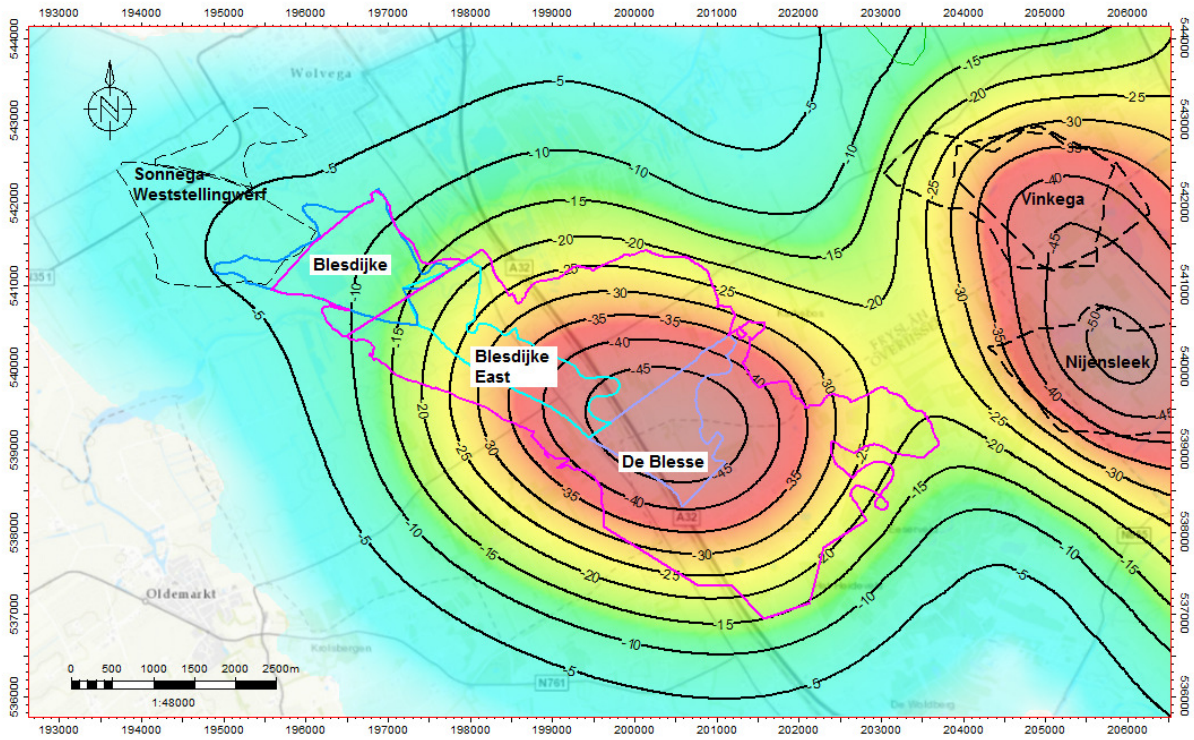
Een kaart van de toekomstige verwachte bodemdaling is weergegeven in Figuur 6-5. Samen met de historische bodemdaling vormt dit de uiteindelijke verwachte bodemdaling zoals weergegeven in Figuur 6-6.



Figuur 6-4 Gemeten en berekende bodemdaling op het diepste punt van de dalingskom, gelegen boven de De Blesse structuur. De weergegeven berekende bodemdaling is inclusief toekomstige winning zoals volgens dit winningsplan.



Figuur 6-5 Toekomstige maximale bodemdaling (vanaf 1-1-2018) in millimeters, rondom voorkomen De Blesse - Blesdijke, op basis van modelberekening. Het diepste punt boven de Blesse is 1.2 cm.



Figuur 6-6: Uiteindelijke maximale bodemdaling (hist.+toekomst.) in millimeters, rondom voorkomen De Blesse - Blesdijke-East, op basis van modelberekening. Het diepste punt van de bodemdalingskom is 5.0 cm, gelegen boven de De Blesse structuur.

6.5 Monitoring van bodemdaling

Het monitoren van bodemdaling gebeurt door een vlakdekkende waterpasmeting uit te voeren. De meetplannen De Blesse en Blesdijke doen dit voor het hele gebied (Figuur 16-1, Figuur 16-2).

De resultaten van de meetplannen, de meetregisters (Ref. 16, 17), worden gedeeld en besproken met SodM, en dat geldt ook voor de analyses die Vermilion van de resultaten maakt.

De laatste meting volgens meetplan De Blesse is verricht in 2009 en volgens meetplan Blesdijke in 2015. Beide meetregisters zijn gedeeld met SodM.

De eerstvolgende meting wordt naar verwachting in 2019 uitgevoerd volgens het dan gecombineerde meetplan Blesdijke/De Blesse. Dit meetplan omvat ook de Blesdijke-East structuur.

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 plaatsvindt. 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.

Volgens de huidige kennis is de bodemdalingskom door aardgaswinning 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 door bodemdaling, 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 te verwachten is door bodemdaling als gevolg van gaswinning (Ref. 22, Ref. 23).

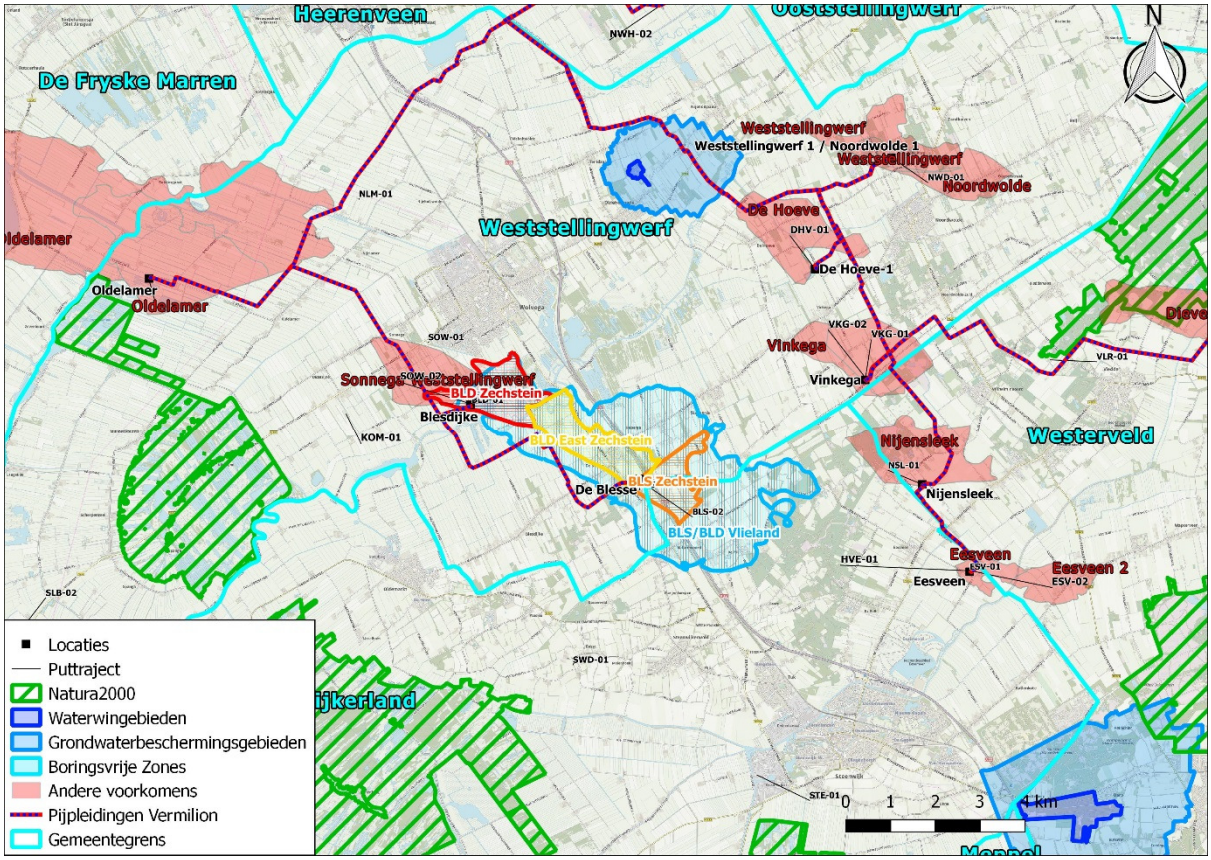
6.6.2 Gevolgen voor natuur en milieu

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 dichtstbijzijnde Natura 2000 gebied bevindt zich ongeveer 4 km ten westen van het voorkomen (Figuur 6-7), buiten de bodemdalingskom. Verder bevindt de locatie zich zo'n 4 km van het ten noorden gelegen grondwater-beschermingsgebied.

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 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 huidige bodemdaling is besproken met het Wetterskip Fryslân en Waterschap Drents Overijsselse Delta, en dat geldt ook voor (de gevolgen van) de toekomstige bodemdaling op het waterpeil.



Figuur 6-7 Overzicht van ligging van het voorkomen ten opzichte van waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebied en Natura-2000 gebieden.

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

Vanwege de geringe maximale bodemdaling, worden er geen nadelige gevolgen voorzien, en wordt er 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 8.8.

7 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat het De Blesse - Blesdijke voorkomen in de laagste seismische risicocategorie valt.

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

Als gevolg van de compactie, het inzakken van het reservoirgesteente 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. 6).

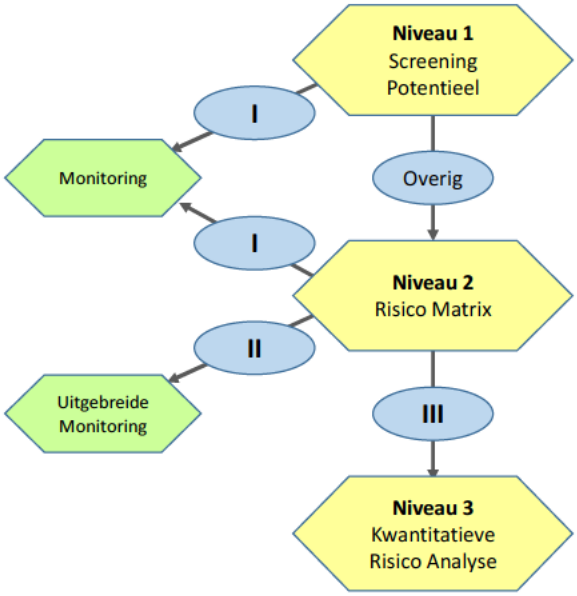
Naast de ondergrond-situatie, wordt in dat protocol ook de situatie aan het oppervlak bekeken. De aard van de bebouwing en infrastructuur in de omgeving van het voorkomen wordt meegewogen. Bij de effecten die aan de oppervlakte merkbaar zijn, speelt niet alleen de sterkte en de diepte van de beving een 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 voorkomen De Blesse - Blesdijke geweest. Nabije bevingen zijn veroorzaakt door andere winningen (De Hoeve, zie ref. 8).

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. 6).



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 De Blesse - Blesdijke, is dat de kans op een beving (met een magnitude groter dan 1.5) verwaarloosbaar is. De analyses worden in meer detail in de bijlage (hoofdstuk 17) uitgewerkt.

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

7.4 Monitoring van bodemtrillingen

Het monitoren van de seismische activiteit rondom het voorkomen zal worden gerealiseerd met behulp van het huidige KNMI netwerk. Vermilion is in overleg met KNMI om de dekkingsgraad van het seismometer-netwerk waar nodig te verbeteren.

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 klein is c.q. de magnitude klein zal zijn, wordt er geen of zeer beperkte schade aan infrastructuur verwacht (zie ook Ref.9).

7.5.2 Schade aan bouwwerken door bodemtrillingen ten gevolge van gaswinning

Omdat de kans op bevingen klein is c.q. de magnitude klein zal zijn, wordt er geen of zeer beperkte schade aan gebouwen verwacht (Ref. 10, 11,12).

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 8.8.

8 Overige Omgevingsaspecten

8.1 Inleiding

De opsporing, winning en opslag van aardgas kan mogelijke gevolgen, anders dan bodemdaling en trillingen met zich meebrengen voor de omgeving. Deze mogelijke gevolgen worden beoordeeld door het bevoegd gezag in andere vergunningen dan het winningsplan.

Een overzicht van de mogelijke gevolgen en in welke vergunningen deze worden behandeld, staat in de volgende tabel.

Gevolgen m.b.t.	Besluit
Bodemverontreiniging	MER(beoordeling) Omgevingsvergunning milieu
Luchtverontreiniging (emissies) en Geluid	MER(beoordeling) Omgevingsvergunning milieu
Grondwaterverontreiniging	MER(beoordeling) Omgevingsvergunning milieu
Oppervlaktewaterverontreiniging	MER(beoordeling) Omgevingsvergunning milieu evt. Watervergunning
Externe veiligheid	MER(beoordeling) Omgevingsvergunning milieu
Natuur	MER(beoordeling) Wet Natuurbescherming

Merk op dat de Omgevingsvergunning verbonden is aan de oppervlaktelocatie(s) en –installatie(s), niet aan het voorkomen of het winningsplan.

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

Met betrekking tot bovenstaande tabel zal hieronder worden aangeven wat door mijnbouwondernemingen wordt gedaan om genoemde gevolgen te voorkomen, dan wel de effecten hiervan te beperken.

8.2 Bodem / Grondwaterverontreiniging

De mijnbouwonderneming dient zich in te spannen om installaties zo te bouwen, onderhouden en beheren dat het risico op bodem/grondwaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. De wijze waarop dit dient te gebeuren is vastgelegd in onder andere de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming (NRB) en de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen (PGS). Hierdoor worden de risico's tot een minimum beperkt en blijven de eventuele gevolgen beheersbaar. De NRB en de PGS worden voorgeschreven in het Activiteitenbesluit en de Omgevingsvergunning. Toezicht vindt plaats door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

Indien toch door een incident bodem/grondwaterverontreiniging is ontstaan, dan dient de mijnbouwonderneming deze verontreiniging te saneren in het kader van de Wet bodembescherming. De desbetreffende provincie is hiervoor bevoegd gezag.

De mijnbouwonderneming en toezichthouders hanteren een strikt controlebeleid waardoor de kans op bodemverontreiniging zeer gering is. Gevaar voor de volksgezondheid door het optreden van incidenten is niet te verwachten.

8.3 Luchtverontreiniging

De maximale uitstoot van stoffen die vrijkomen bij de activiteiten ten behoeve van gaswinning (zoals NOx, SO_2, etc.) naar de lucht (emissies), de wijze van meten en rapporteren is vastgelegd in het Activiteitenbesluit en de omgevingsvergunning. SodM controleert of wordt voldaan aan de

voorschriften. Mijnbouwondernemers streven altijd naar een zo laag als redelijkerwijs mogelijke emissie. Verder hanteren de mijnbouwonderneming en toezichthouders een strikt controlebeleid op emissies. Gevaar voor de volksgezondheid door het optreden van incidenten is niet te verwachten.

8.4 Oppervlaktewaterverontreiniging

De mijnbouwonderneming dient zich in te spannen om installaties zo te bouwen, onderhouden en beheren dat het risico op oppervlaktewaterverontreiniging verwaarloosbaar klein is. De wijze waarop dit dient te gebeuren is vastgelegd in onder andere de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming (NRB) en de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen (PGS). Hierdoor worden de risico's tot een minimum beperkt en blijven de eventuele gevolgen beheersbaar. De NRB en de PGS worden voorgeschreven in het Activiteitenbesluit en de Omgevingsvergunning. Toezicht vindt plaats door Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

Indien toch door een incident het oppervlaktewater verontreinigd is, dan dient de mijnbouw-onderneming deze verontreiniging te saneren in het kader van de Waterwet en eventueel de Wet bodembescherming. De desbetreffende waterbeheerder en provincie zijn hiervoor bevoegd gezag.

De mijnbouwonderneming en toezichthouders hanteren een strikt controlebeleid waardoor de kans op verontreiniging van het oppervlaktewater zeer gering is. Gevaar voor de volksgezondheid door het optreden van incidenten is niet te verwachten.

8.5 Externe veiligheid

De beoordeling van het risico voor personen buiten de mijnbouwlocatie (kwantitatieve risicoanalyse) vindt plaats in het kader van de omgevingsvergunning (Wabo).

Verder moet voor ieder mijnbouwwerk een rapport inzake grote gevaren worden opgesteld. Dit rapport bestaat uit o.a. het reeds bestaande veiligheids- en gezondheidsdocument op grond van het Arbeidsomstandighedenbesluit, het rampenbestrijdingsplan, het bedrijfsbeleid inzake het voorkomen van zware ongevallen, en gegevens omtrent de milieuveiligheid.

Voor nieuwe installaties moet al een rapport inzake grote gevaren worden opgesteld; voor bestaande installaties geldt deze verplichting in ieder geval vanaf 19 juli 2018.

8.6 Natuur

Voor natuur geldt een rechtstreekse zorgplicht van beschermde flora en fauna. Als mijnbouwactiviteiten negatieve effecten zouden kunnen hebben op de aanwezige flora en fauna dan dient er een ecologisch onderzoek uitgevoerd te worden. Indien effecten niet uitgesloten kunnen worden dan dient een ontheffing aangevraagd te worden.

Indien mijnbouwactiviteiten of de gevolgen hiervan 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.

8.7 Locaties

'De Blesse-01/-02' en 'Blesdijke-01' zijn bestaande mijnbouwlocaties, met omgevingsvergunning ET/EM/6083684 (De Blesse-01/-02) en omgevingsvergunning DGETM-EM/15027482 (Blesdijke-01).

8.8 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 Friesland is er een specifieke regeling

waarbij de afhandeling wordt uitgevoerd door de Commissie Bodemdaling Aardgaswinning Fryslân (http://www.bodemdalingfryslan.nl/).

8.9 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

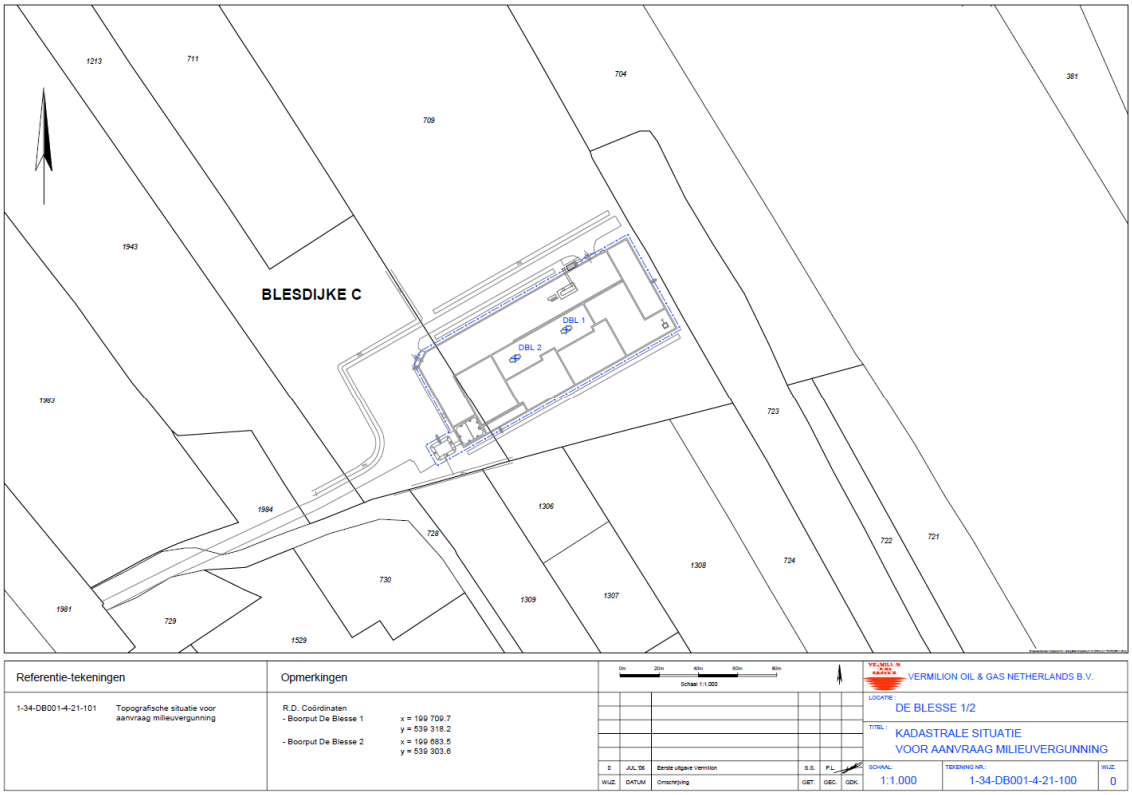
Aquifer	Watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
C_m	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente (eenheid: 1/bar).
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
EZK	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
GIIP	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
m RT	Diepte gemeten in m langs het boortraject, vanaf de boortafel ('rotary table', 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. 20)
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.
Probabilistische berekening	Rekenmethode waarbij expliciet rekening gehouden wordt met onzekerheden, mogelijk door expliciet grote aantallen mogelijke situaties ("realisaties") te genereren.
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
Seal	Afsluitende laag bovenop het gesteente dat het gas bevat
Sidetrack	Ondergrondse aftakking van een put, waarbij het oorspronkelijke eindstuk van het boorgat geabandonneerd wordt, en alleen de aftakking opnieuw geboord. De put-naam wordt van een suffix "S" of "ST" voorzien. De oppervlakte-situatie op de productielocatie blijft hierbij onveranderd. Een aftakking kan geboord worden om technische redenen (boorproblemen) of om later een ander deel van het voorkomen te bereiken.
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
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

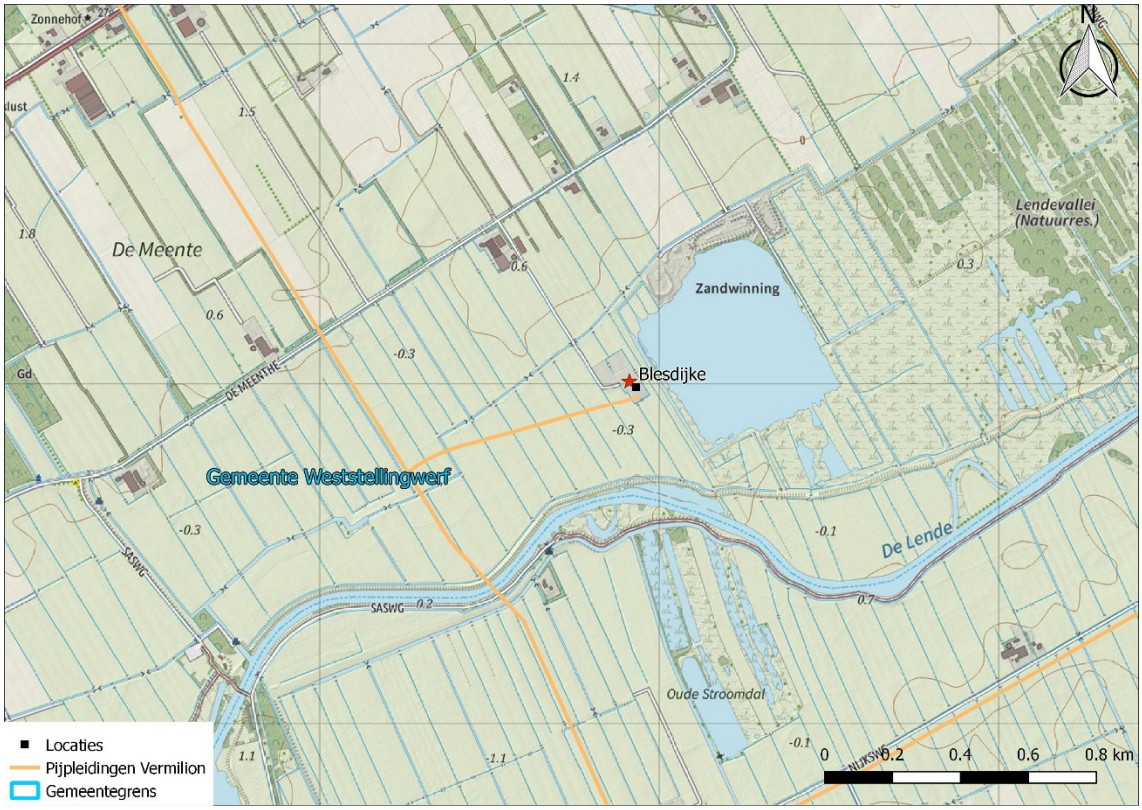
1. Deltares, *Bodemdalingskaarten*, 2011.
2. TCBB, *Industrieleidraad ter Geodetische bepaling van bodembeweging als gevolg van mijnbouwactiviteiten*, 2014.
3. TNO, *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland*, 2004 (NITG 04-171-C),
4. TNO, *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland*, update 2012 (R10198).
5. F.M.M. Mulders, *Modelling of stress development and fault slip in and around a producing gas reservoir*, Proefschrift, TU Delft, 2003
6. SodM, *Methodiek voor Risico-Analyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning* (Tijdelijke Leidraad), Februari 2016.
7. M. Leonard, "Earthquake Fault Scaling", *Bull. Seis. Soc. Am.*, **100** (2010), p. 1971
8. TNO, *Seismiciteit onshore gasvelden Nederland*, 2016 (R10164).
9. *Schade aan buisleiding door aardbeving, fase 1 inventarisatie*, Deltares Project report 1001649-000, 2010.
10. *Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen Integratie van deelstudies*, Wassing, B.B.T. (TNO) & Dost, B. (KNMI), Report nummer TNO 2012 R11139, 24 december 2012.
11. *De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte, ondiepe aardbevingen in Nederland: inventarisatie*, TNO Rapport 97-CON-R1523-1, door Van Staalduinen & Geurts, 1998.
12. *Seismisch Risico in Noord-Nederland*, Th. de Crook & H.W. Haak & B. Dost, februari 1998, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Afdeling Seismologie
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 De Blesse, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing 2009 t.b.v. Vermilion Oil & Gas Nederlands B.V.; projectnr. 201582, revisie 00; 28 augustus 2009; Antea Group.*
17. *Meetregister bij het meetplan Blesdijke; Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Blesdijke 2015 t.b.v. Vermilion Oil & Gas Nederlands B.V.; projectnr. 266891, revisie 00; 12 mei 2015; Antea Group*
18. *Meetregister meetplan Noord-Nederland 2014, NAM doc.nr. EP201507207215, 2015*
19. *NAP database GeoWeb, Rijkswaterstaat (https://geoservices.rijkswaterstaat.nl/geoweb_silverlight/?Viewer=NAPinfo)*
20. *Physical Properties of Natural Gases*, Nederlandse Gasunie, 1988
21. *BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*, Alterra, rapport 2387, 2013
22. TCBB, *Jaarverslag,* 2015
23. www.commissiebodemdaling.nl
24. KNMI, *Monitoring induced seismicity in the North of the Netherlands: status report 2010,* Scientific report WR 2012-03, 2012

11 Bijlage: Plattegrond Winningslocaties

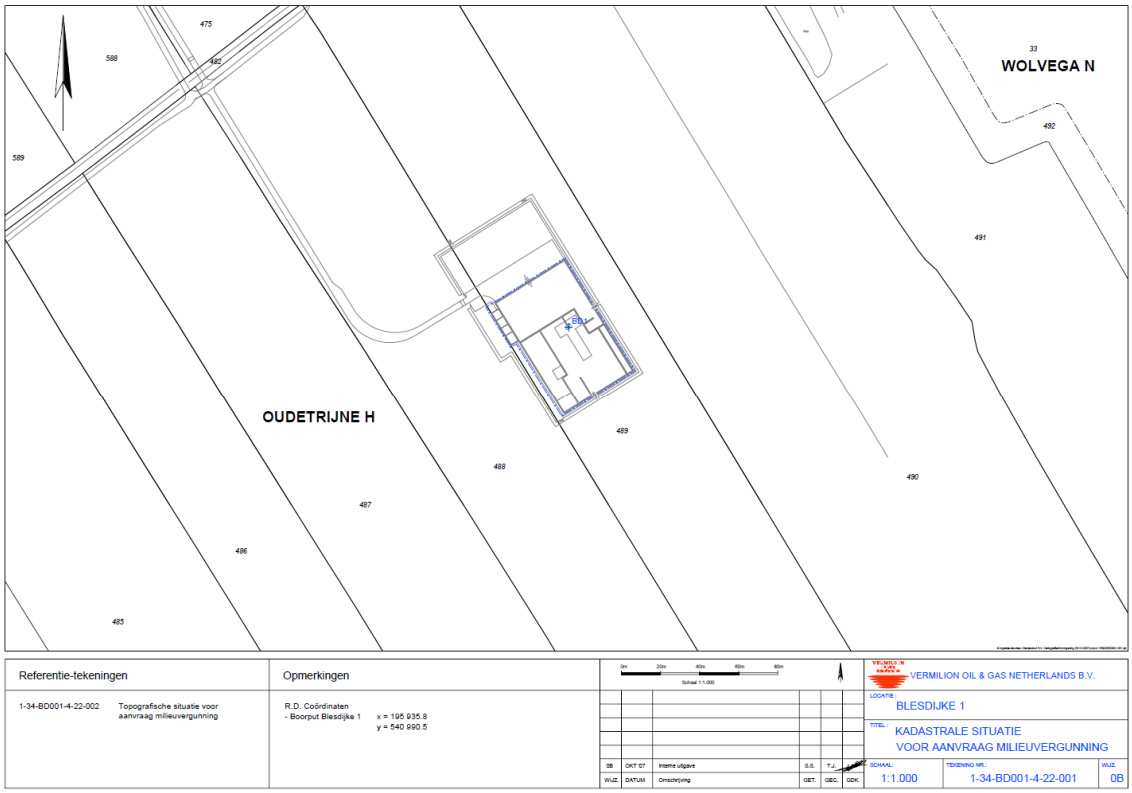
Locatie 'De Blesse-01/-02'



Kadastrale situatie 'De Blesse-01/-02'

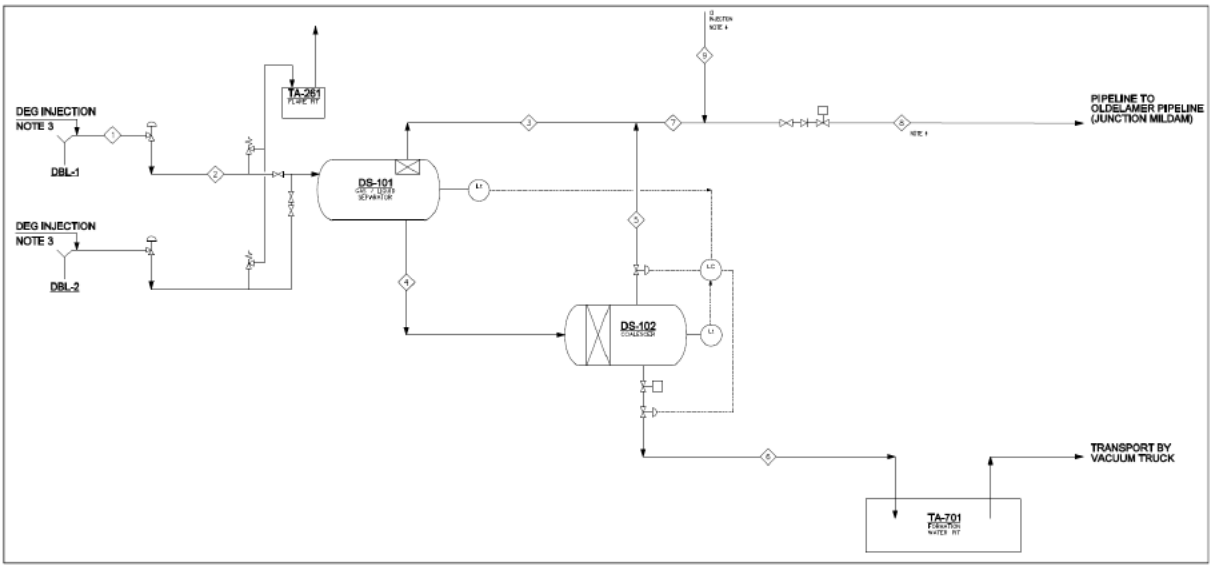


Locatie 'Blesdijke-01'

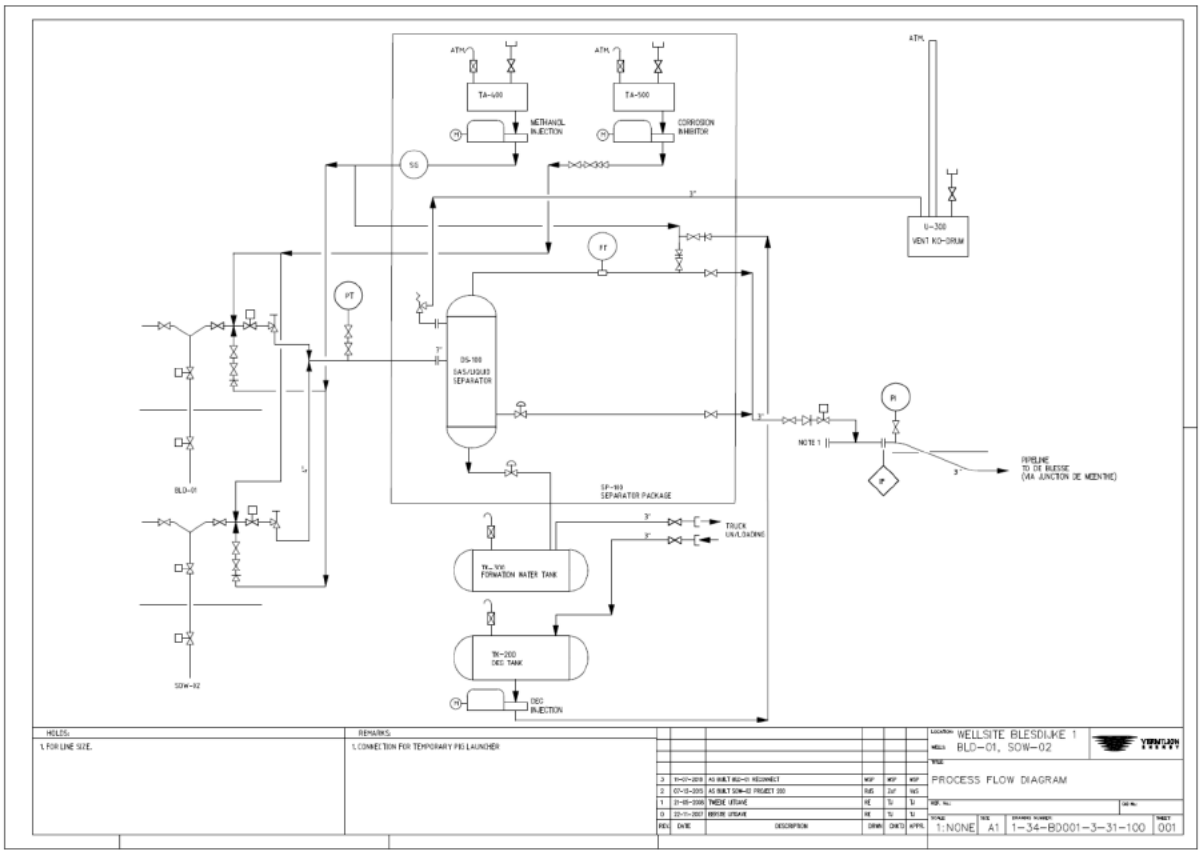


Kadastrale situatie 'Blesdijke-01'

12 Bijlage: Proces-stroomdiagram van aardgaswinningslocaties



Proces-stroomdiagram 'De Blesse-01/-02'



Proces-stroomdiagram 'Blesdijke-01' (Ontwerp)

13 Bijlage: Detailschema putverbuizing

Vermilion Oil & Gas Netherlands B.V.

FIELD : STEENWIJK WELL:DE BLESSE1

NORM CLASSIFIED : NO

N°	Bottom hole equipment	ID	OD	Depth	Length
	RKB/Top TBG Head spool				8.87
1	Tubing hanger HNTT model SRT Cameron 3 1/2"	2.75	7.24	0.59	0.59
2	3 1/2" tubing VAM 10.2 lbs/ft L80 + pup joint	2.922	3.5	87.25	86.66
3	Flow coupling 3 1/2" VAM 9 Cr 1Mo	2.812	3.98	89.07	1.82
4	Safety valve landing nipple Otis XXO 3 1/2" VAM 9C	2.75	3.98	89.73	0.66
5	Flow coupling 3 1/2" VAM 9 Cr 1Mo	2.812	3.98	91.56	1.83
6	3 1/2" tubing VAM 10.2 lbs/ft L80 + pup joint	2.922	3.5	1661.42	1569.86
7	Sliding slide door Otis XA 3 1/2" VAM 9Cr 1Mo	2.75		1662.59	1.17
8	Pup joint 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3 .5	1667.26	4.67
9	Side pocket mandrel Camco KBUG 3 1/2" VAM	2.875	5.313	1669.31	2.05
10	2 Pup joints 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3.5	1678.78	9.47
11	Side pocket mandrel Camco KBUG 3 1/2" VAM	2.875	5.313	1680.82	2.04
12	Pup joint 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3.5	1685.44	4.62
13	Landing nipple Otis X 3 1/2" VAM 9Cr 1Mo	2.75		1685.76	0.32
14	Pup joint 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3.5	1690.58	4.82
15	Latch KBH-22 size 80DA40 3 1/2" VAM	3.25	4.75	1691.13	0.55
16	Production packer Baker 82DAB40 5" VAM	3.25	5.468	1692.59	1.46
17	Millout extension 5" VAM 18 lbs/ft L80	4.276	5	1694.78	2.19
18	Xover 5" VAM box x 3 1/2" VAM pin	2.921	5.563	1695.01	0.23
19	Pup joint 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3.5	1699.70	4.69
20	Flow coupling 3 1/2" VAM 9 Cr 1 Mo	2.812	3.98	1700.58	0.88
21	Landing nipple Otis X 3 1/2" VAM 9Cr 1Mo	2.75		1700.90	0.32
22	Wire line entry guide 3 1/2" VAM 9 Cr 1Mo	2.75	3.917	1701.27	0.37
	Space between Entry Guide+Packer			1776.13	74.86
23	Production packer Baker 82DAB40 5" VAM	3.25	5.468	1777.60	1.47
24	Millout extension 5" VAM 18 lbs/ft L80	4.276	5	1779.82	2.22
25	Xover 5" VAM box x 3 1/2" VAM pin	2.921	5.563	1780.06	0.24
26	Pup joint 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3.5	1784.76	4.70
27	Landing nipple Otis X 3 1/2" VAM 9Cr 1Mo	2.75		1785.08	0.32
28	Wire line entry guide 3 1/2" VAM 9 Cr 1Mo	2.75	3.917	1785.38	0.30
	Space between Entry Guide+Packer			1836.13	50.75
29	Production packer Baker 82DAB40 5" VAM	3.25	5.468	1837.59	1.46
30	Millout extension 5" VAM 18 lbs/ft L80	4.276	5	1839.83	2.24
31	Xover 5" VAM box x 3 1/2" VAM pin	2.921	5.563	1840.06	0.23
32	Pup joint 3 1/2" VAM 10.2 lbs/ft L80	2.922	3.5	1844.84	4.78
33	Landing nipple Otis X 3 1/2" VAM 9Cr 1Mo	2.75		1845.16	0.32
34	Wire line entry guide 3 1/2" VAM 9Cr 1Mo	2.75	3.917	1845.46	0.30

	Miscellaneous (Casing, Plug, Fish...)	ID	Lbs/ft	Bot depth	Top depth
I	Driven conductor pipe 30 x 0.1"	29	157.5	68.00	
II	Technical casing 13"3/8 BTC 68/72 lbs/ft		72.00	597.90	
III	Production casing 9"5/8 BDS 53.5 lbs/ft L80	8.535	53.50	1704.70	
IV	Production Liner 7" BDS 32 lbs/ft P110	6.094	32.00	1964.30	1435.00
V	Bridge plug 7"				1945.50
VI	NAM "E" plug (2.75" Otis X lock & equ. Sub + 350 b. shear disc)				
	set in nipple at 1785.08m/TH.				
VII	TAM INFLATABLE PACKER, 2.5"			1760.00	
	FISH. MPBT PLUG			1780.00	

Perforation intervals

	Depth		Type	Status
A	1806.50	1822.50	2"1/8	open
B	1763.00	1765.50	2"1/8	open
B	1748.00	1757.00	2"1/8	open

Comments

RKB/Top TH = 8.87m RKB/Top flange 13"3/8=10.50m
RKB/NAP = 12.35m

Max inclination 32.50 deg. at 2195.00m

Packer fluid Type DRW **SG** 1.00

Completion type Simple

Weight ↗ ↘

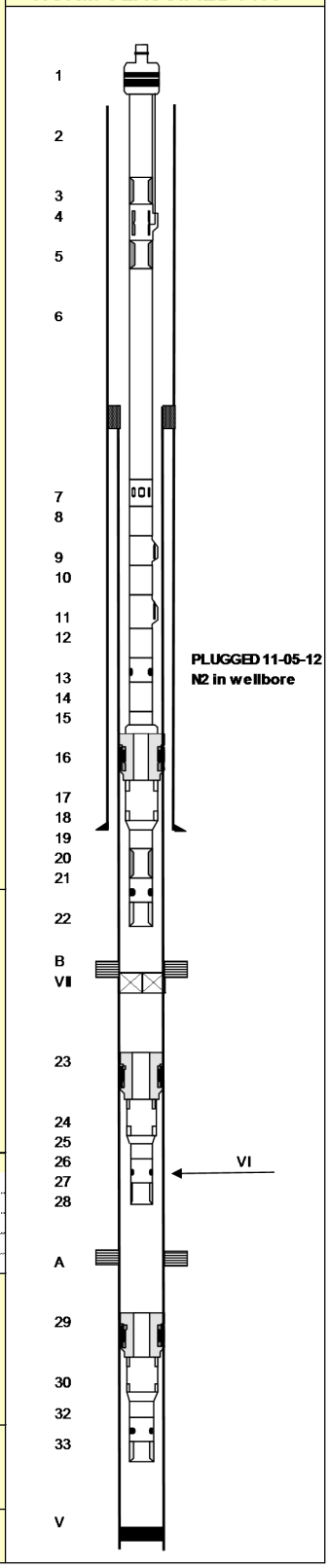
Weight/Height on PKR

Rig

Reference depth RKB

Final depth 2210.50m

Type of SCSSV	Wire line retrievable valve
Type of Packer	Permanent
Bottom gauge	○ Yes ◉ No
Tubing OD	3"1/2
Production casing OD	9"5/8 x 7"
Activation type	Eruptive



Figuur 13-1 Detailschema van de verbuizing van put BLS-01.

VERMILION	FIELD : GORREDIJK	WELL : DE BLESSE 2
RT/TH : 8.55 m. COMPLETION DATE : 21-12-07	ANNULUS FLUID : INH. WATER	

VOLUMES		DRILLING DEPTHS (RKB)
TUBING :	7,2 M3	9 5/8" CSG 847 m TO SURFACE
ANNULUS :	38.3 m3	7" CSG 2381 m to surface
HOLE :	48,7 M3	4.1/2" LINER, FROM 2302 to 2416 m

Xmas TREE

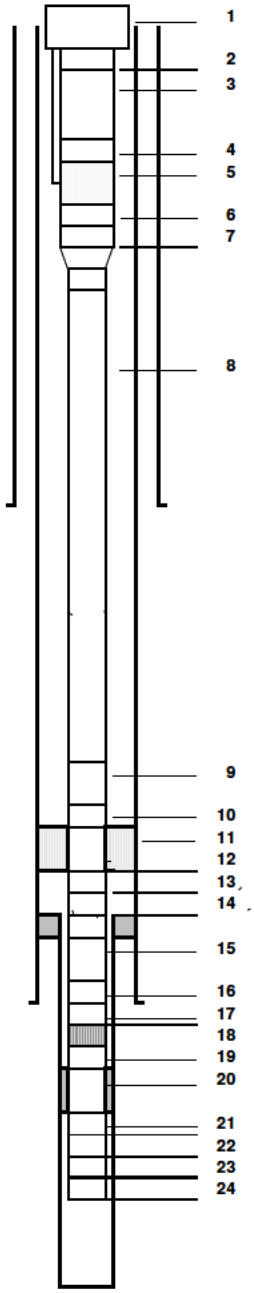
TUBING HEAD	FMC
TUBING HANGER	FMC TC-1A-EN
L MASTER VALVE	3 1/16" 5 K
U MASTER VALVE	3 1/16" 5 K
SWAB VALVE	3 1/16" 5 K
WING VALVES	3 1/16" 5 K
TOP CAP	6.5" 4 acme Otis connection

STRING

ITEM	QTY	DESIGNATION	Length	Depth/Th	ID/in
1	1	TBG HGR WITH 3" CAMERON BPV PROFILE	0.34	0.34	3.000
2	1	3.5" PUP JOINT PIN * PIN 9.2#	2.61	2.95	2.992
3	4	TUBING 3.5"VAM N80 9.2#	43.92	46.87	2.992
4	1	3.5" VAM PUP JOINT	2.79	49.66	2.992
5	1	**SAFETY VALVE NIPPLE 2.813" Camco B-6**	**0.63**	50.29	**2.813**
6	1	3.5" VAM PUP JOINT	2.79	53.08	2.992
7	1	2.875" COILED TUBING CONNECTOR	0.14	53.22	2.388
8	1	2.875" COILED TUBING	2216.2	2269.42	2.388
9	1	2.875" COILED TUBING CONNECTOR	0.14	2269.56	2.388
10	1	JOINT 2 7/8" VAM N80 6.4#	9	2278.56	2.441
10	1	PUP JOINT 2 7/8" VAM N80 6.4#	1.59	2280.15	2.441
11	1	PACKER, BAKER FH	1.8	2281.95	2.406
12	1	PUP JOINT 2 7/8" VAM N80 6.4#	1.59	2283.54	2.441
13	1	F-NIPPLE PROFILE	0.3	2283.84	**2.250**
14	1	PUP JOINT 2 7/8" VAM N80 6.4#	1.54	2285.38	2.441
15	1	R-NIPPLE PROFILE	0.3	2285.68	2.197
16	9	TUBING 2.7/8" EUE 6.4#	84.85	2370.53	2.441
17	2	BLAST JOINT, OD 3.3"	7.95	2378.48	2.441
18	1	SSD WITH 1.875" X-NIPPLE, CXU, UP TO OPEN	0.84	2379.32	2.000
19	1	X-OVER	0.65	2379.97	2.000
20	1	WEATHERFORD PACKER	1.4	2381.37	2.000
21	1	X-NIPPLE	0.293	2381.66	1.875
22	2	PUP JOINT 2 3/8" EUE N80 6.4#	2.57	2384.23	2.000
23	1	XN-NIPPLE	0.32	2384.55	1.875
24	1	WEG	0.4	2384.95	2.000

PERFORATIONS

PERFORATIONS, 2380-2385 M/RKB
PERFORATIONS, 2395-2400 M/RKB



NORM CLASSIFIED : NO

DEVIATION : 56.5 deg

Figuur 13-2: Detailschema van de verbuizing van put BLS-02.

VERMILION - FIELD : STEENWIJK - WELL : BLESDIJKE 1

NORM CLASSIFIED : NO

N°	Bottom hole equipment	ID	OD	Depth	Length
	ITAG 110 elevation to tubing head spool top flange			4.51	4.51
1	Tubing hanger FMC type 7"TC1AEN - 3.50"EUE box (	2.992	7.000	4.66	0.15
	3.50"NVAM box down w/ 3" CIW "H" BPV profile				
2	4 Pup joints 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	10.94	6.28
3	Tubing 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	58.77	47.83
4	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	60.25	1.48
5	Baker B 2.81" Safety nipple 3.50" New vam 9.20# L(	2.810	5.060	60.80	0.55
6	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	62.29	1.49
7	Tubing 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1377.13	1314.84
	(-0.50 m slak off)			1376.63	-0.50
8	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1378.12	1.49
9	Baker F 2"75 nipple 3.50" New Vam 9.20# L80	2.750	3.890	1378.56	0.44
10	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1379.99	1.43
11	Tubing 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1389.55	9.56
12	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1391.03	1.48
13	Baker KC-22 anchor size 80-40 3.50" New Vam 9.2	2.992	5.165	1391.32	0.29
14	Baker SAB3 size 84-40x32 packer 5" New Vam box	3.252	5.650	1392.82	1.50
15	Baker Millout Extension 5" New Vam pin x pin 18#	4.408	5.020	1394.41	1.59
16	X-over 5" New Vam box 18# x 3.50" New vam pin 9	2.992	5.563	1394.75	0.34
17	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1396.24	1.49
18	Tubing 3.50" New Vam 9.20# L80 (9.58 + 1.49m.)	2.992	3.500	1405.82	9.58
19	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1407.31	1.49
19	Baker nipple R 2"75 3.50" New Vam 9.20# L80	2.697	3.846	1407.69	0.38
20	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1409.18	1.49
21	Perforated tubing 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1418.74	9.56
22	Baker nipple F 2.56" 3.50" New Vam 9.20# L80	2.560	3.846	1419.22	0.48
23	Perforated tubing 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1428.80	9.58
24	Pup joint 3.50" New Vam 9.20# L80	2.992	3.500	1430.29	1.49
25	Half mule shoe 3.50" New Vam box	2.972	5.000	1430.50	0.21
26	cement plug			1792.75	7.15
27	sand			1799.90	1.90
28	Inflatable Retrievable Bridge Plug (1.75" fishneck)			1801.80	top plug
	mid element			1805.00	

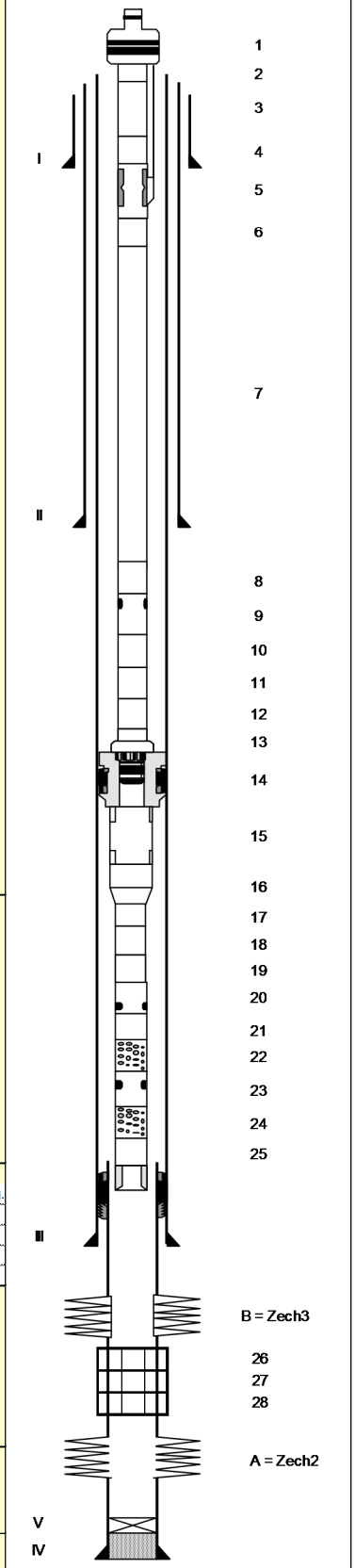
	Miscellaneous (Casing, Plug, Fish...)	ID	Lbs/ft	Bot depth	Top depth
I	24" CP			50.00	6.20
II	9 5/8" casing New Vam K55	8.756	43.50	1060.34	5.70
III	7" casing New Vam P110	6.366	23.00	1532.30	4.92
IV	4 1/2" liner Vam Ace C95 13%Cr	3.701	15.10	1943.30	1427.28
V	Landing collar (control liner until 1906 m)				1914.00

Perforation intervals	Depth		Type	Status
A	1805.00	1814.00	Enerj.	Open
B	1778.00	1783.00		Open

Comments

Tag top 4"1/2 liner at 1428.82 m with completion string.
Half mule shoe 1.68 m inside PBR.
Length of PBR = 10 feet.
Slack off on packer = 0.50 m.

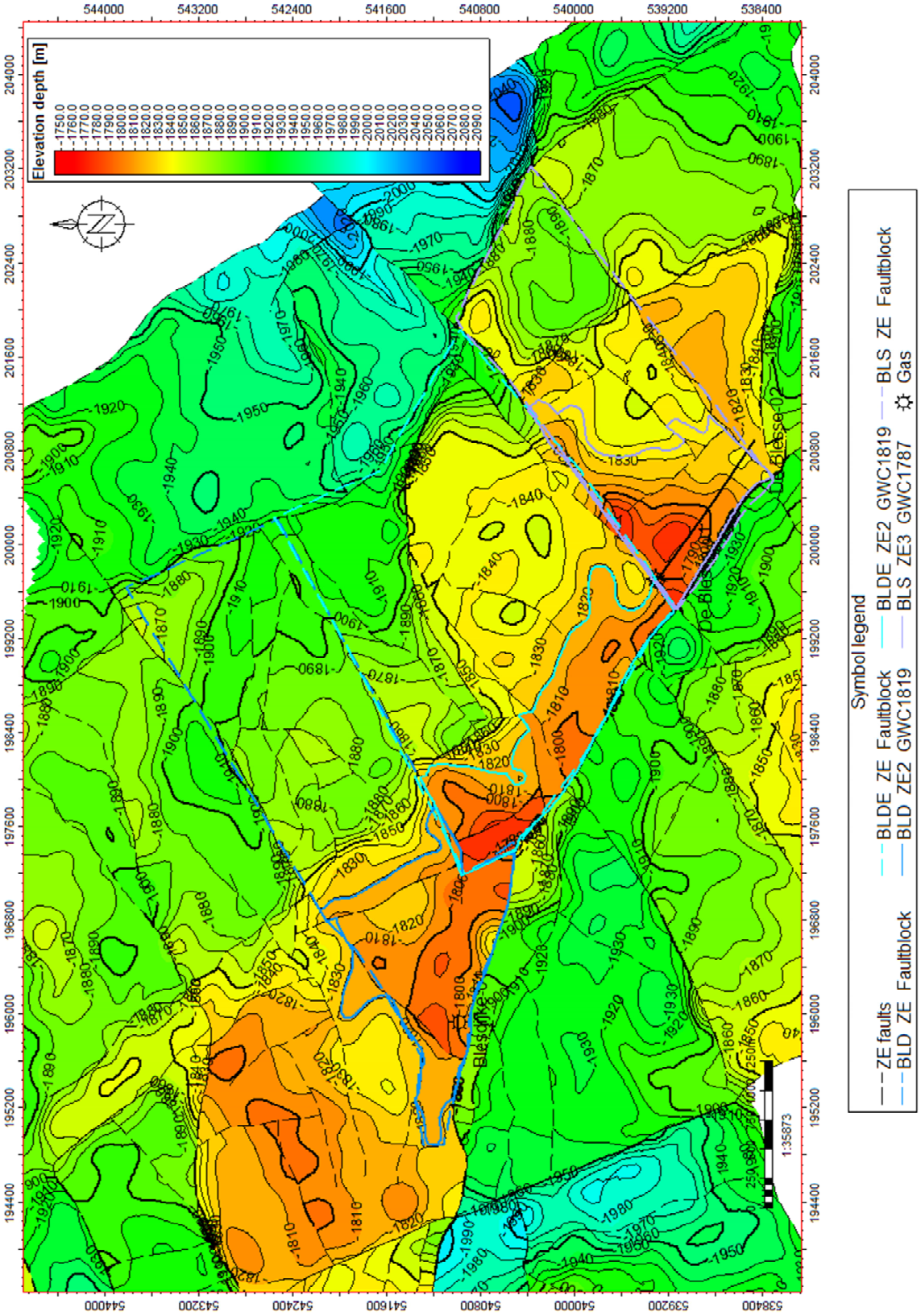
Max inclination	2.10 deg. at 1514 m
Packer fluid Type	DRW
SG	1.00
Completion type	Simple
Weight ↗	18 tons
↘	18 tons
Type of SCSSV	Wire line retrievable valve
Type of Packer	Permanent
Bottom gauge	○ Yes ◉ No
Tubing OD	3.500
Production casing OD	7.000
Activation type	Eruptive
Weight/Height on PKR	7 T / 0.50 m slack o
Rig	ITAG RIG 110
Reference depth	RKB ITAG 110
Final depth	1945 m



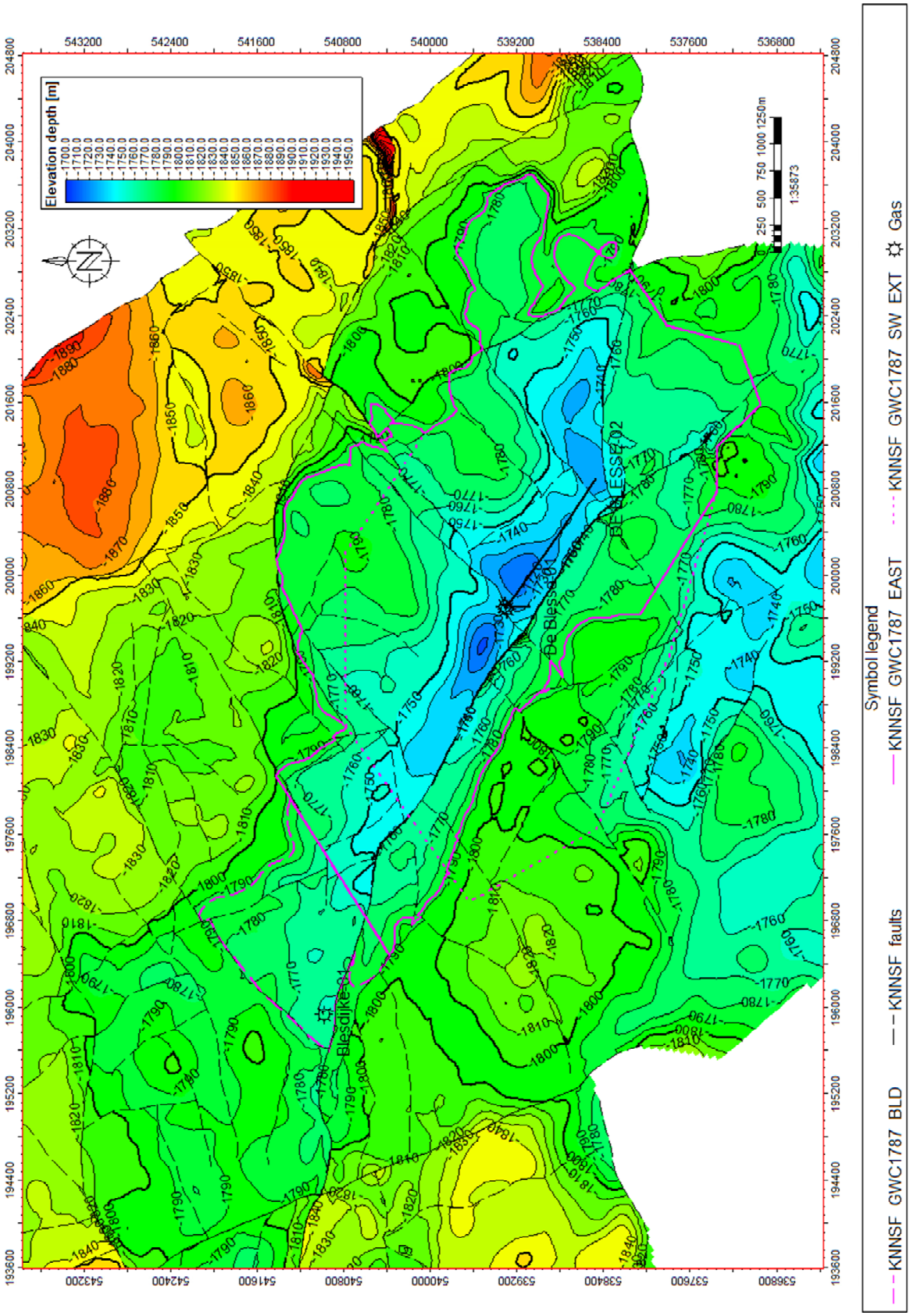
Figuur 13-3: Detailschema van de verbuizing van put BLD-01

14 Bijlage: Geologische kaart

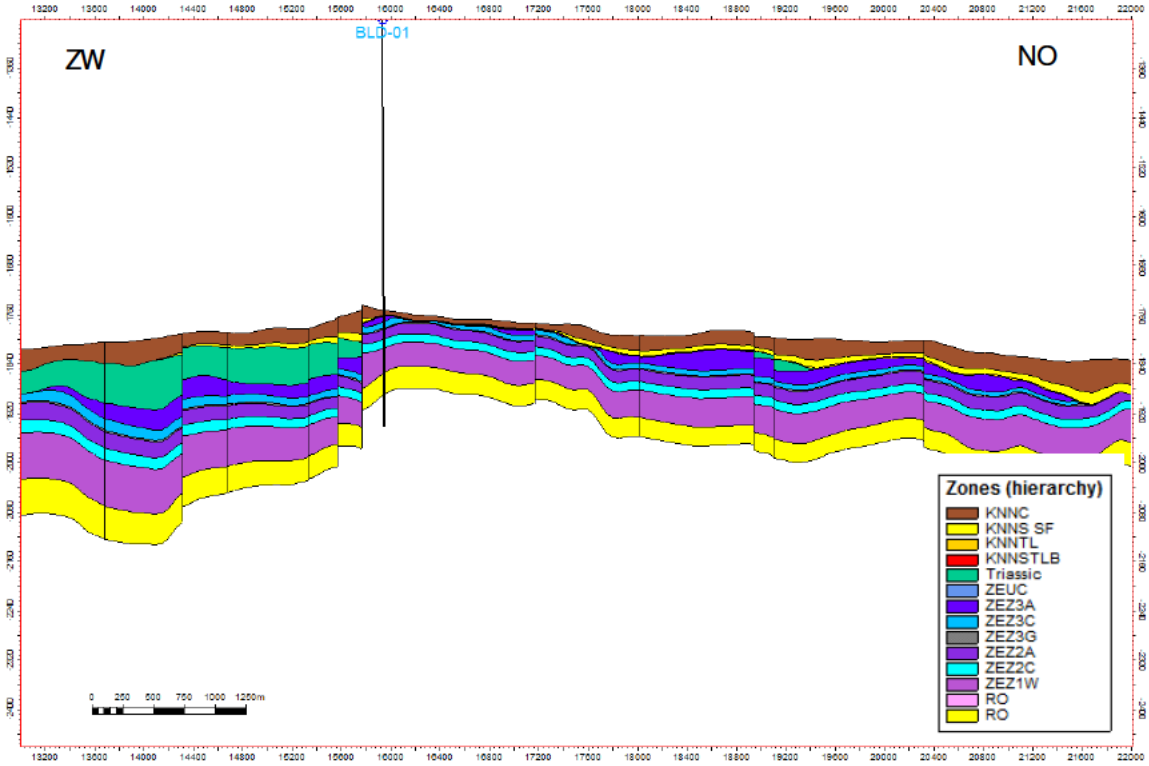
De weergegeven kaarten zijn op basis van een in 2018 uitgevoerde nieuwe cartering van bestaande seismische-data (uit 1989).



Figuur 14-1 Kaart van diepte van de top van het Zechstein (ZEZ2C) met contouren van deelvoorkomens, en breuken.



Figuur 14-2 Kaart van diepte van de top van het Vlieland (KNNSF) met contouren van deelvoorkomens, en breuken.



Figuur 14-3 Doorsnede langs de BLS-01 put naar het noordoosten. Een aantal van de kleinere geïnterpreteerde breuken zijn zichtbaar. De Trias formatie die in het ZW geïnterpreteerd wordt (groen), is niet aanwezig op de BLD (of BLS) locaties, maar wel in put VKG-01 en ESV-01.

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 De Blesse – Blesdijke.

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 hand van de gemeten historische bodemdaling, wat bijdraagt in de betrouwbaarheid van de voorspelde bodemdaling.

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 verwachtte 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 15-2 t/m Tabel 15-6). 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. Het resultaat is een cumulatieve kansverdeling van de bodemdaling zoals in.

De tijdsafhankelijkheid van de bodemdaling is meegenomen door de verwachtte 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 15-5.

15.2 Analyse bodemdalingsmetingen

In het verleden zijn bodemdalingsmetingen volgens de meetplannen De Blesse en Blesdijke apart uitgevoerd (vanaf 2019 worden de twee meetplannen naar verwachting samengevoegd tot meetplan De Blesse - Blesdijke). De laatste bodemdalingsmeting volgens meetplan De Blesse is uitgevoerd in 2009 (Ref. 16) en voor Blesdijke in 2015 (Ref.17). Omdat er overlap is tussen de twee meetnetten (zie Figuur 16-2) is er ook na 2009 informatie over de bodemdaling boven De Blesse beschikbaar. De gemeten bodemdaling uit de meetregisters van De Blesse en Blesdijke in de buurt van de putlocaties is weergegeven in Figuur 15-2. Figuur 15-1 geeft de locaties en de gemeten bodemdaling van alle meetpunten uit de registers BLD en BLS weer.

Naast de uitgevoerde metingen volgens de meetplannen zijn er metingen beschikbaar van peilmerken in de NAP database (ref. 19). De RWS/NAP database bevat (onder andere) ook de metingen volgens de meetplannen. Deze data is weergegeven in Figuur 15-3. Die geven een vergelijkbare daling te zien. Bovendien kunnen we daaruit concluderen dat de in de peilmerken gemeten autonome daling hier beperkt is.

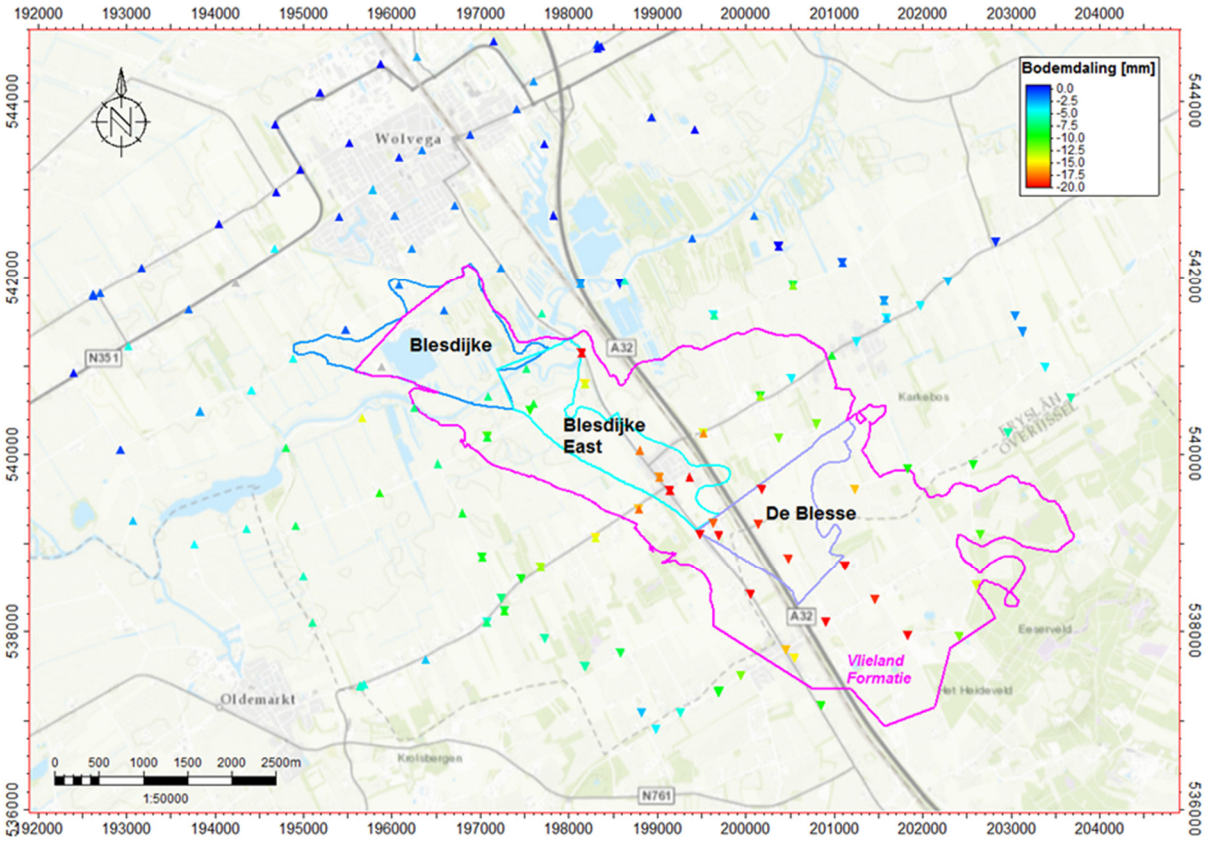
Uit een analyse van de gegevens blijkt dat de dalingskom van De Blesse zich uitstrekt in noordwestelijke richting (Figuur 15-1) ten opzichte van het deelvoorkomen De Blesse – Zechstein, doordat de productie deels afkomstig is uit deelvoorkomen De Blesse - Vlieland, dat zich uitstrekt over een groter gebied dan het Zechstein deelvoorkomen van De Blesse. Mogelijk is er druk-communicatie tussen de Zechstein blokken.

Recent is het geologische model voor dit gebied nader onderzocht, en nieuwe inzichten brengen dat model in lijn met zowel het waargenomen drukgedrag als de waargenomen bodemdaling. De kaarten in dit rapport (Bijlage, Hoofdstuk 14) zijn een reflectie van de nieuwe geologische inzichten.

De meest recente metingen geven een bodemdaling aan van ongeveer 3.2 cm in de buurt van locatie 'De Blesse-01/-02' en 0.5 cm in de buurt van locatie 'Blesdijke-01' (beide rond 2015). De locatie 'De Blesse-01/-02' is gelegen nabij het diepste punt van de verwachte bodemdalingskom.

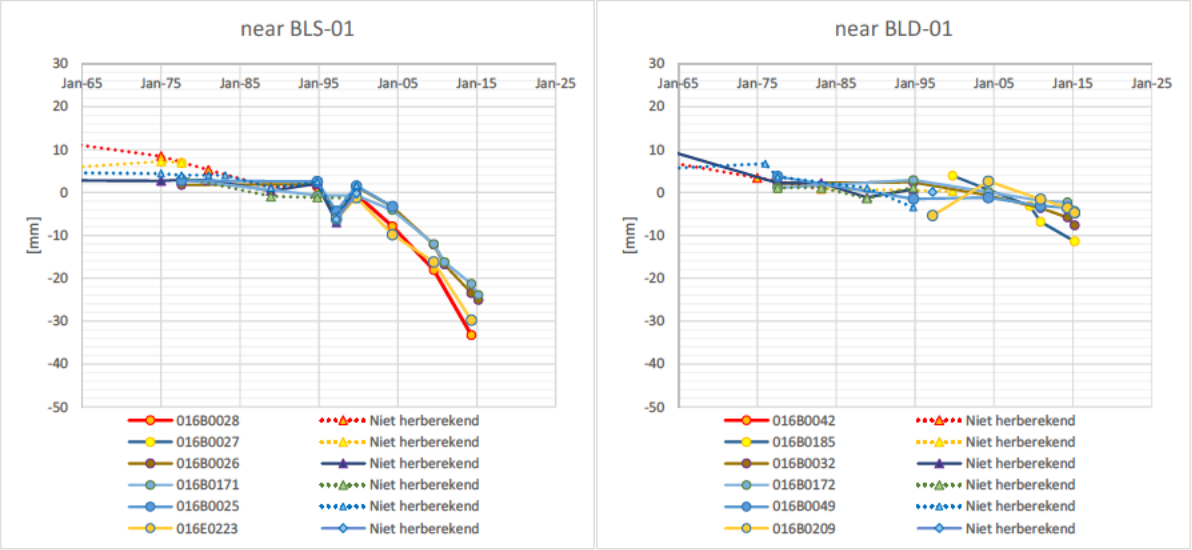
Om de meting uit 2015 naar 2018 te vertalen is de gekalibreerde modelberekening gebruikt (beschreven in paragraaf 15.3). Dat geeft een historische daling (tot aan 2018) op het diepste punt van de bodemdalingskom van 3.8 cm, gelegen boven de De Blesse structuur (Figuur 15-5). Voor de locatie BLD-01 is ook een modelkalibratie uitgevoerd, resulterend in een daling van 0.8 cm op deze locatie.

Er is boven voorkomen De Blesse - Blesdijke-East mogelijk een kleine invloed van de bodemdaling ten gevolge van gaswinning in de Nijensleek en Vinkega voorkomens, die ten oosten ervan liggen. Dit effect is echter zeer klein ten opzichte van de bodemdaling door winning in De Blesse en Blesdijke zelf, en is daarom niet meegenomen in de bodemdalingsberekeningen. Voor Blesdijke geldt dat er een kleine invloed is van het aangrenzende Sonnega/Weststellingwerf voorkomen ten noordwesten. De totale bodemdaling boven Blesdijke is echter dermate laag dat deze invloed niet meegenomen is in de bodemdalingsberekeningen.



Figuur 15-1 Peilmerkdaling De Blesse 1999-2009 (▼) en Blesdijke 2010-2015 (▲) (ref.16, 17).

Figuur 15-2 Gedrag van peilmerken in de buurt van de locaties 'De Blesse-01/-02' (links) en 'Blesdijke-01', uit de BLS en BLD meetregisters (ref.16, 17). De referentiehoogte voor de verticale as is arbitrair om alle curves in één plaatje te kunnen weergeven. De laatste meting is in 2015.



Figuur 15-3 Gedrag van RWS/NAP peilmerken in de buurt van de locaties 'De Blesse-01/-02' (links) en 'Blesdijke-01', uit de NAP database (ref. 19). De referentie voor de verticale as is arbitrair om alle curves in één plaatje te kunnen weergeven. De NAP definitie is herzien in 2004, stippellijnen geven metingen van voor de herziening, getrokken lijnen van erna. De laatste RWS meting was in 2014. Vergeleken met Figuur 15-2, biedt de RWS/NAP data de mogelijkheid om het gedrag te bekijken van peilmerken voordat de gaswinning begon.

15.3 Resultaten modelberekening bodemdaling

De gemeten bodemdaling is gebruikt voor de kalibratie van het bodemdalingsmodel, zoals weergegeven in Figuur 15-5.

De resultaten van de gekalibreerde bodemdalingsberekening zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 15-1: Historische en toekomstige maximale bodemdaling boven voorkomen De Blesse - Blesdijke

Bodemdaling in cm	Historisch (tot 2018)	Toekomstig (P10)	Totaal (P10)
De Blesse – Blesdijke	3.8	1.2	5.0

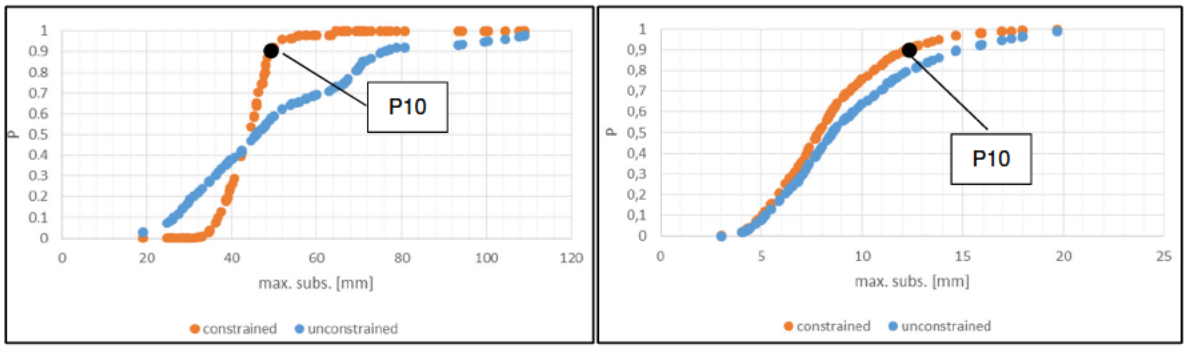
De gebruikte model-input voor de bodemdalingsberekeningen is weergegeven in Tabel 15-2 t/m Tabel 15-6. Dit resulteert in een (ongekalibreerde, a-priori) cumulatieve kansverdeling voor de bodemdaling zoals weergegeven in Figuur 15-4. De figuren geven ook het effect van de kalibratie van de a-priorische parameters door middel van de gemeten bodemdaling weer. In dit geval zorgt de kalibratie voor een lagere schatting van de P10 daling.

Voor de tijdsafhankelijkheid (Figuur 15-5) van de bodemdaling is de voorspelde gasproductie meegenomen zoals weergegeven in paragraaf 5.5.

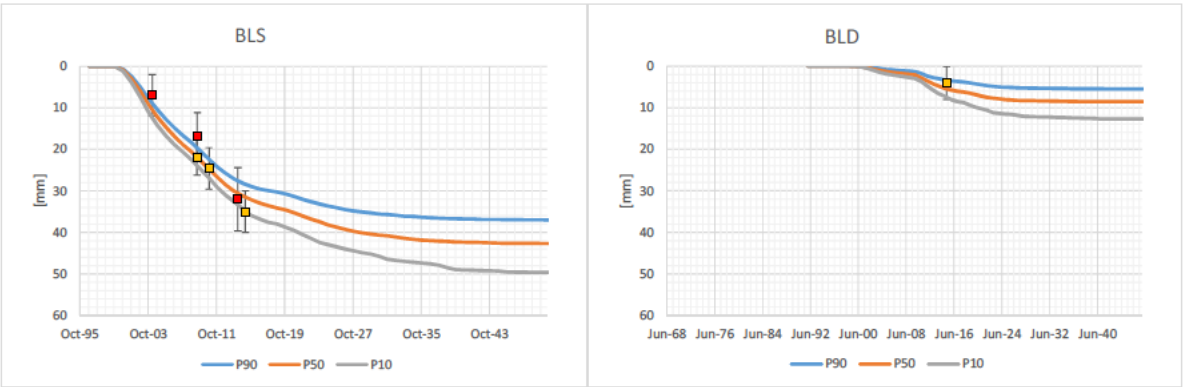
De grootte van het depletiegebied is van grote invloed op de afmetingen, vorm en diepte van de resulterende bodemdalingskom. Omdat de uitgebreidheid van het depletiegebied niet precies bekend is worden hierin onzekerheidsmarges aangenomen. De verschillende (mogelijke) depletiegebieden die gebruikt zijn voor de modelberekening zijn weergegeven in Figuur 15-6 voor de Zechstein formatie en Figuur 15-7 voor de Vlieland formatie. In de Zechstein formatie is het waarschijnlijk dat naast het gashoudende gedeelte ook een deel van de rest van het breukblok gedepleteerd wordt. Daarom is in de bodemdalingsberekeningen ook een groter depletiegebied meegenomen, gebaseerd op de geschatte vorm van de breukblokken. Voor de Zechstein formatie zijn deze weergegeven in Figuur 15-6. Voor de Vlieland formatie (discordant afgezet op de Zechstein) zijn andere contouren gebruikt (Figuur 15-7), op basis van de geologische modellen. Naast een contour gebaseerd op het gas-water contact op 1787 m is er een depletiecontour gebruikt waarvan het zwaartepunt iets meer richting het zuidwesten ligt. Dit is gedaan om rekening te houden met een dikkere Vlieland formatie ten zuidwesten van de hoofdbreuk (zie Figuur 4-2). Voor het deelvoorkomen Blesdijke-Vlieland voorkomen is een aparte contour gebruikt, omdat de Vlieland formatie hier dunner is (ongeveer 1 - 2 m).

Zoals in paragraaf 15.1 beschreven, wordt voor elke mogelijke combinatie van parameters, en voor elk deelvoorkomen, 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 depletie-contour waarvan de afmeting het meest overeenkomt met de gemeten bodemdaling. De kaart met de resulterende bodemdalingskom is weergegeven in Figuur 15-8 voor de huidige daling en Figuur 15-9 voor de toekomstige daling.

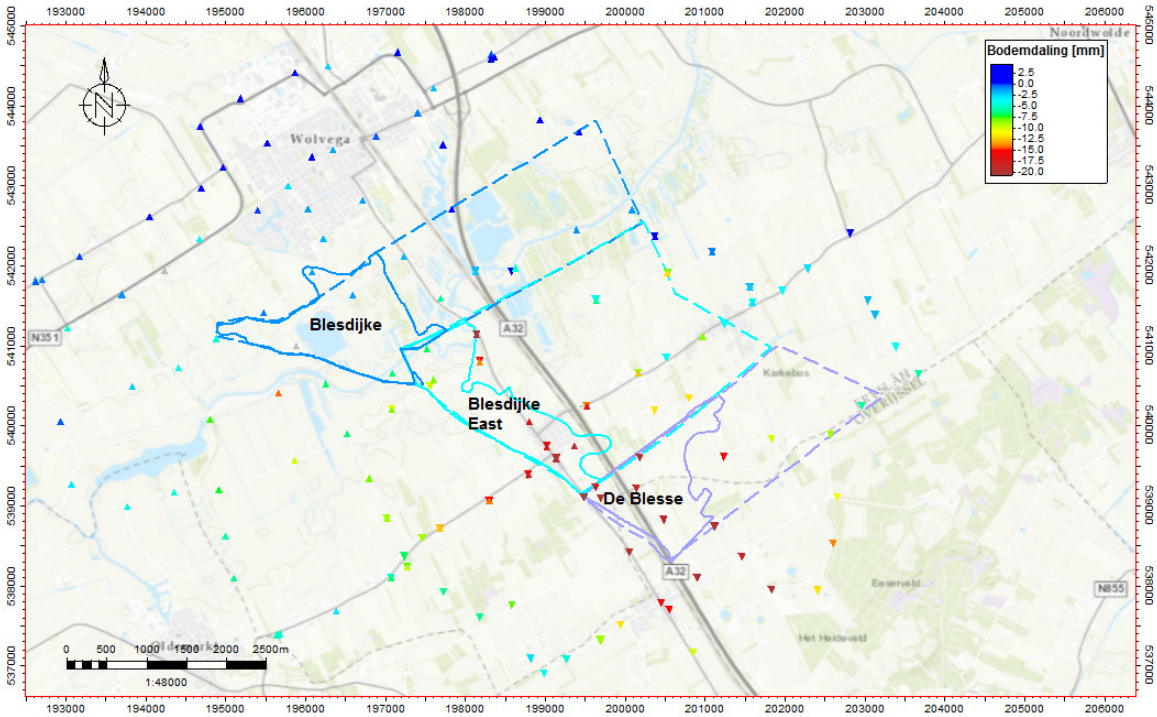
Tabel 15-7 geeft een overzicht van de veldcontouren die zijn gebruikt voor de bodemdalings-berekeningen. De veldcontouren zijn weergegeven in Figuur 14-1 en Figuur 14-2.



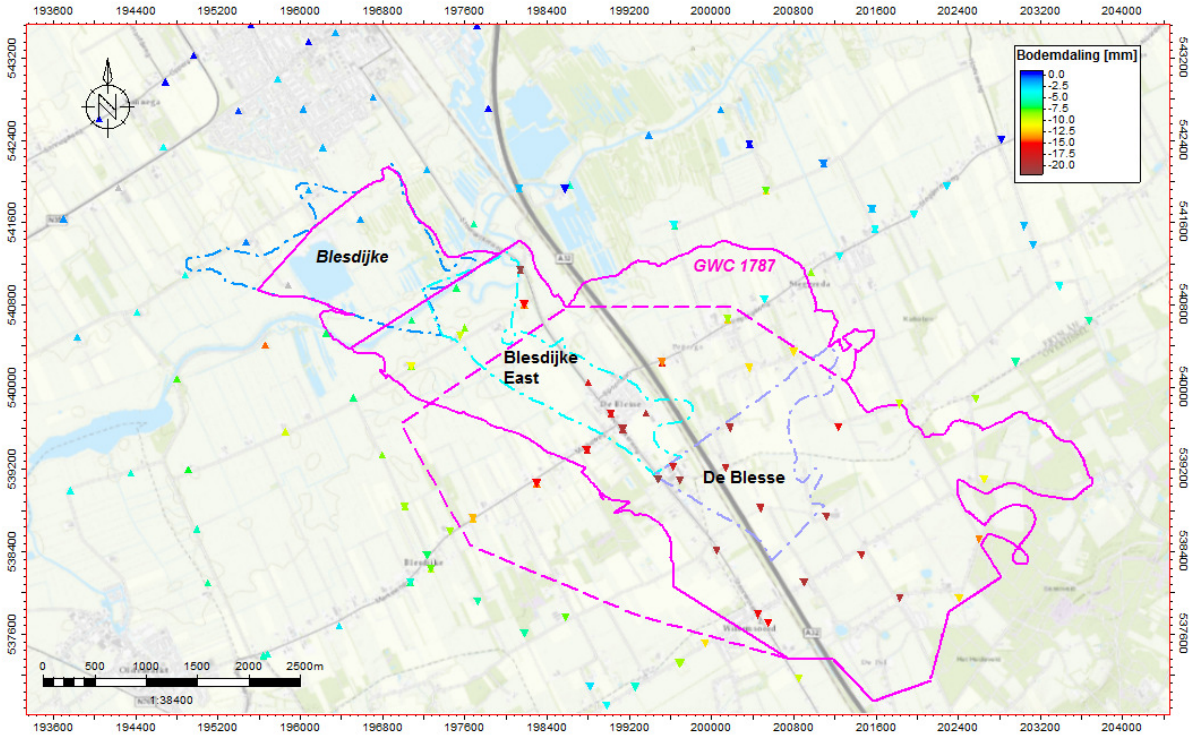
Figuur 15-4 Cumulatieve kansverdeling voor de uiteindelijke bodemdaling op het diepste punt van de bodemdalingskom boven De Blesse/Blesdijke-East (links) en BLD-01 (rechts)



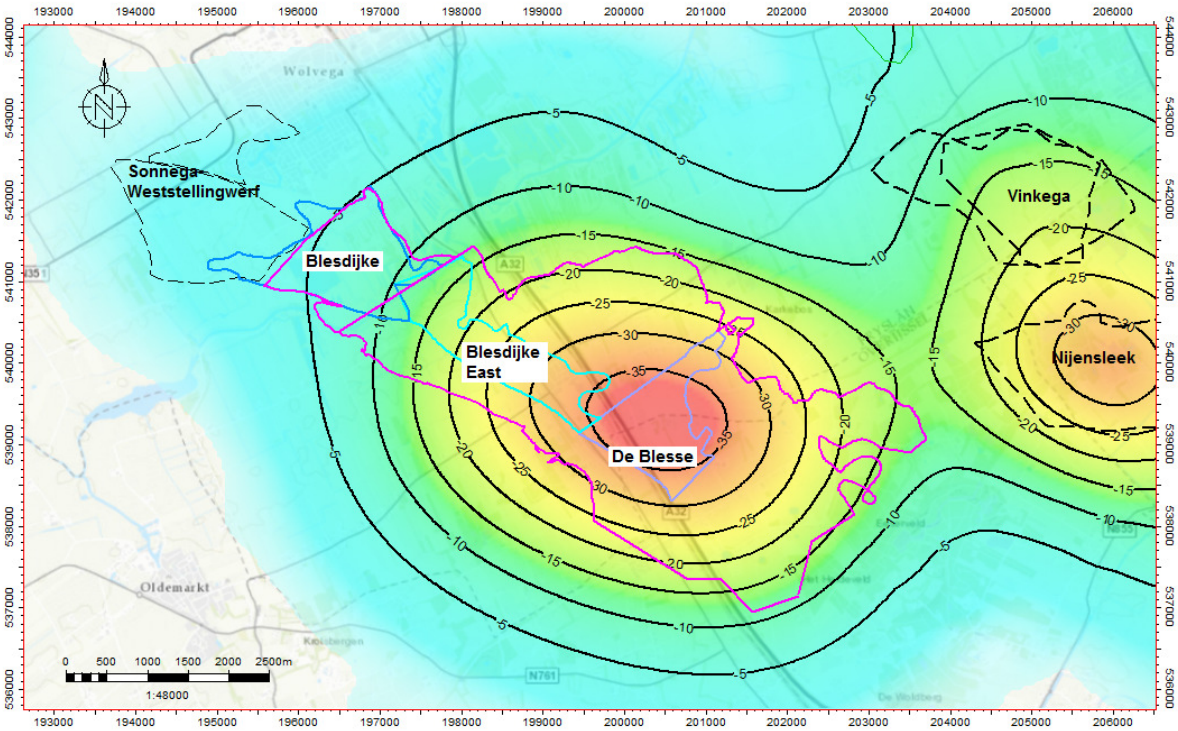
Figuur 15-5 Gemeten en berekende bodemdaling op het diepste punt van de dalingskom, gelegen boven de De Blesse structuur (links). De weergegeven berekende bodemdaling is inclusief toekomstige winning zoals volgens dit winningsplan. Hier zijn punten, gededuceerd uit de RWS/NAP database, toegevoegd in rood. Rechts de gemeten en berekende bodemdaling rondom de locatie BLD-01 als gevolg van productie uit De Blesse - Blesdijke. Uit de berekening is het effect van winning d.m.v. put BLS-01 te zien (de daling begint na start BLS-01 [1999], maar ruim voor de start van BLD-01 [2009]).



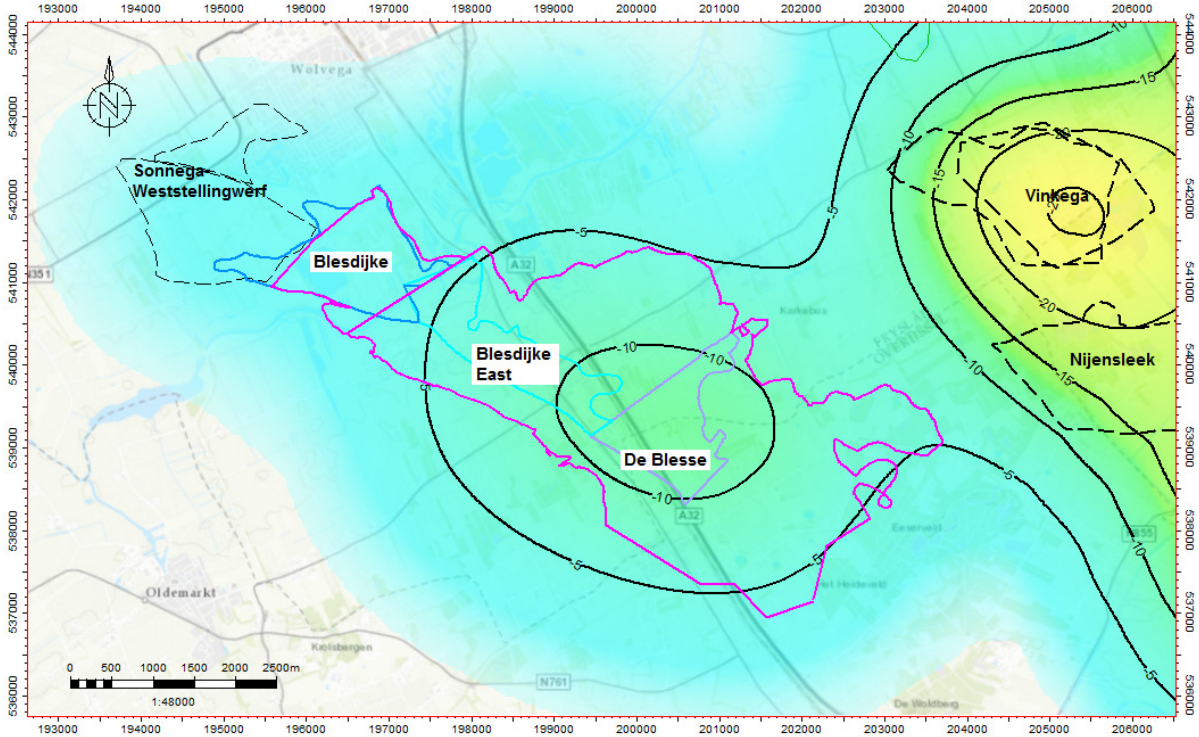
Figuur 15-6: Geschatte mogelijke depletiecontouren in de Zechstein formatie van de deelvoorkomens, gebaseerd op het gas-water contact (doorlopende lijnen) en het volledige breukblok (streeplijnen), die gebruikt zijn in de bodemdalingsberekeningen.



Figuur 15-7: Geschatte mogelijke depletiecontouren in de Vlieland formatie van de deelvoorkomens, gebruikt voor de bodemdalingsberekeningen. De doorgetrokken lijn is gebaseerd op het gas-water contact (1787 m), de onderbroken lijn is een aangepaste contour op basis van de gemeten data.



Figuur 15-8: Samengestelde historische bodemdaling (tot 1-1-2018) in millimeters, rondom de voorkomen De Blesse - Blesdijke, op basis van modelberekening. Het diepste punt iets minder dan 4 cm.



Figuur 15-9 Toekomstige maximale bodemdaling (vanaf 1-1-2018) in millimeters, rondom de voorkomen De Blesse - Blesdijke, op basis van modelberekening. Het diepste punt is iets meer dan 1 cm.

Tabel 15-2 Bodemdaling-parameters gebruikt voor De Blesse/Blesdijke-East Vlieland (BLS_BLDE_VL)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	SE Ext. area	Gas area	-	[-]	50%	50%	-	Zie Figuur 15-7
Virgin Pressure	P_v	210	-	-	[bar]	100%	-	-	
Abandonment Pressure	P_a	30	-	-	[bar]	100%	-	-	Expected future pressure
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	0.9E-5	1.5E-5	2.3E-5	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	10	20	30	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1 2	-	-	[-]	100%	-	-	There is uncertainty but 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 Bodemdaling-parameters gebruikt voor De Blesse – Zechstein (BLS_ZE)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Gas area	Fault block	-	[-]	50%	50%	-	Zie Figuur 14-1
Virgin Pressure	P_v	210	-	-	[bar]	100%	-	-	
Abandonment Pressure	P_a	30	-	-	[bar]	100%	-	-	Expected future pressure
Poisson's Ratio	ν	0.25	-	-	[-]	100%	-	-	There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1780	-	-	[m]	100%	-	-	Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	2.5E-6	5.0E-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	1.05	-	-	[-]	100%	-	-	There is uncertainty but 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 Bodemdaling-parameters gebruikt voor Blesdijke-East – Zechstein (BLDE_ZE)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Gas area	Fault block	-	[-]	50%	50%	-	
Virgin Pressure	P_v	210	-	-	[bar]	100%	-	-	
Abandonment Pressure	P_a	30	-	-	[bar]	100%	-	-	Expected future pressure
Poisson's Ratio	ν	0.25	-	-	[-]	100%	-	-	There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1780	-	-	[m]	100%	-	-	Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	2.5E-6	5.0E-6	7.0E-6	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	15	20	25	[m]	30%	40%	30%	
Rigid Basement Factor	RB	1.05	-	-	[-]	100%	-	-	There is uncertainty but 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 15-5 Bodemdaling-parameters gebruikt voor Blesdijke – Zechstein (BLD_ZE)

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Gas area	Fault block	-	[-]	50%	50%	-	
Virgin Pressure	P_v	207	-	-	[bar]	100%	-	-	Low uncertainty
Abandonment Pressure	P_a	30	-	-	[bar]	100%	-	-	Expected future pressure
Poisson's Ratio	ν	0.25	-	-	[-]	100%	-	-	There is uncertainty, but it has low impact
Depth of the Formation	z	1810	-	-	[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	15	20	[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 15-6 Bodemdaling-parameters gebruikt voor Blesdijke Vlieland (BLD_VL)

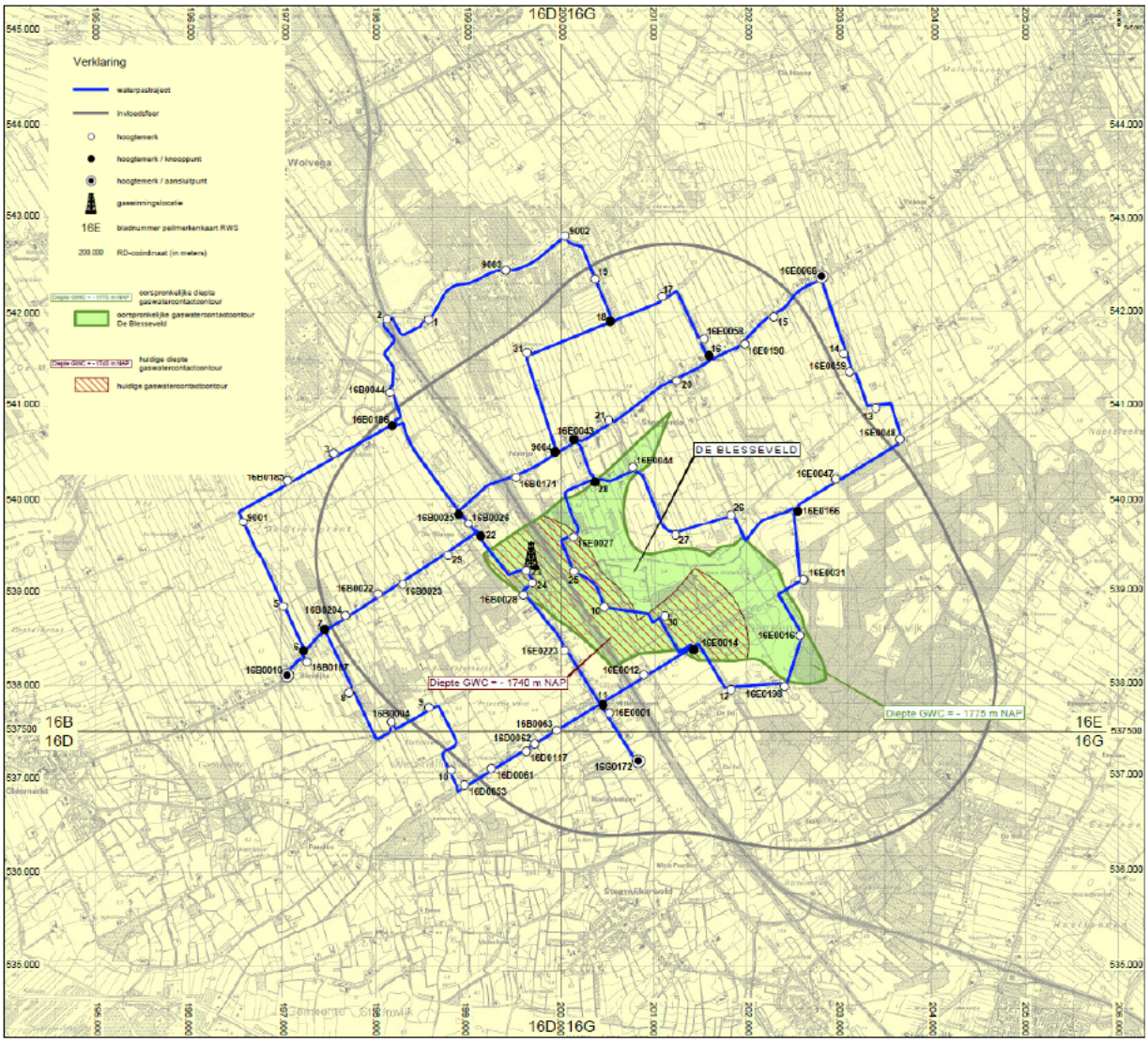
		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	A	Gas area	-	-	[-]	100%	-	-	Zie Figuur 15-7
Virgin Pressure	P_v	210	-	-	[bar]	100%	-	-	
Abandonment Pressure	P_a	30	-	-	[bar]	100%	-	-	Expected future pressure
Poisson's Ratio	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	0.9E-5	1.5E-5	2.3E-5	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	1	2	3	[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%	

Tabel 15-7 Legenda van gebruikte depletiecontouren

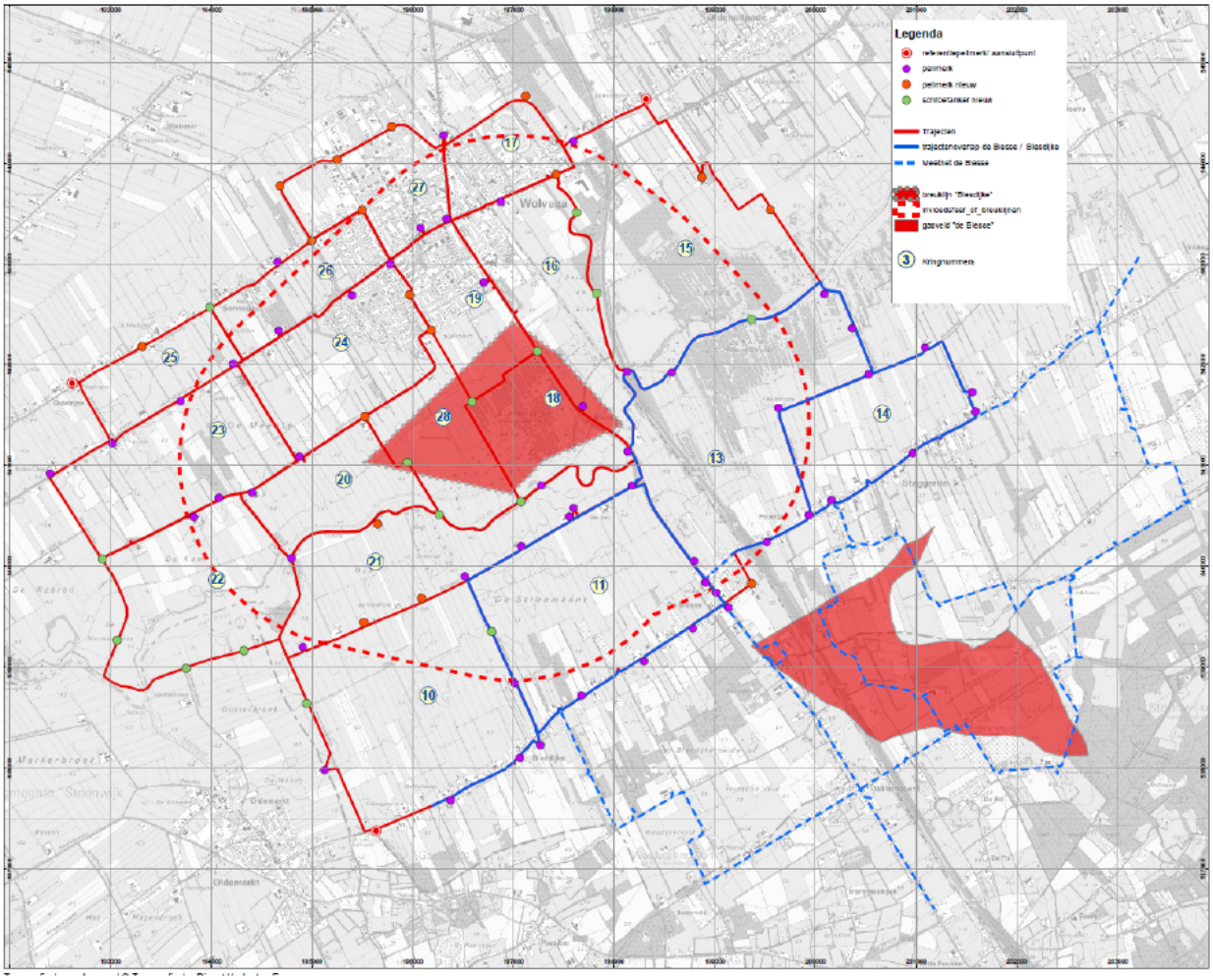
Case	Shape Small	Shape Large	Figuur
BLS_ZE	BLS_ZE3_GWC1787	BLS_ZE_Faultblock	14-1
BLDE_ZE	BLDE_ZE2_GWC1819	BLDE_ZE_Faultblock	14-1
BLD_ZE	BLD_ZE2_GWC1819	BLD_ZE_Faultblock	14-1
BLS_BLDE_VL	KNNSF_GWC1787_SW_EXT	KNNSF_GWC1787_EAST	14-2
BLD_VL	-	KNNSF_GWC1787_BLD	14-2

16 Bijlage: Meetnetten De Blesse en Blesdijke

In de kaarten hieronder staan de meetnetten BLS en BLD zoals ze in de meest recente waterpassing gebruikt zijn. Bij de volgende waterpassing, in 2019, is het plan om de netten samen te voegen, zodat er een gecombineerd BLS-BLD net ontstaat, dat ook BLD-East omvat. (Ook het voorkomen Sonnega-Weststellingwerf valt daar dan onder.)



Figuur 16-1: Overzicht meetnet De Blesse, zoals hermeten in 2009 (Ref.16).



Figuur 16-2: Overzicht meetnet Blesdijke, zoals hermeten in maart 2015 (Ref.17).

17 Bijlage: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden

Verdere winning uit het voorkomen De Blesse - Blesdijke 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. 6).

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);

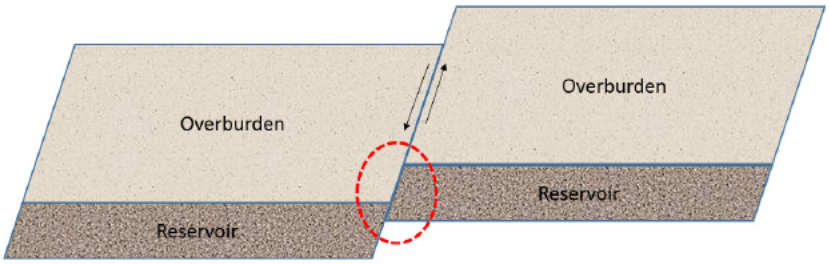
De DHAIS kans-klassen worden hieronder weergegeven (met P_h de kans op beven van het voorkomen):

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

Reeds bevende voorkomens	
$\Delta P/P_{ini} \geq 28\%$	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 De Blesse - Blesdijke heeft deze grenswaarde reeds overschreden.

Voor de bepaling van de E-factor is van belang welk gesteente door de breukbeweging tegen het reservoir-gesteente is komen te liggen, zoals schematisch weergegeven in Figuur 17-1. Is de stijfheid van de 'overburden' groter dan die van het reservoir dan resulteert dit in een hogere E-factor, en andersom. Voor de situatie waarin de Vlieland kleisteen (KNNC) de afsluitende laag vormt is de E-factor doorgaans laag, door de lage stijfheid van de kleisteen. Indien als reservoir gesteente de Vlieland zandsteen (KNNS) wordt aangenomen resulteert dit in een E-factor van 0.78, als de Zechstein (ZEZ2C) wordt gebruikt geeft dit een E-factor van 0.26. Daarom resulteren de gevallen waarin de Vlieland kleisteen als overburden wordt aangenomen in een verwaarloosbare kans op geïnduceerde beving volgens de SRA.



Figuur 17-1: Schematische weergave van een breuk, waarin te zien is dat de "Overburden" aan de lage kant grenst aan het "Reservoir" aan de hoge kant van de breuk. De rode cirkel geeft aan waar de spanningen optreden. De verhouding tussen de stijfheid van de 'overburden' aan de lage kant en de stijfheid van het 'reservoir' aan de hoge kant beïnvloedt de kans op bevingen (ref. 3, 5). In de situatie van BLS-BLD wordt de 'overburden' gevormd door de Vlieland kleisteen (Figuur 4-2).

De Blesse Structuur
Deelvoorkomen De Blesse-Zechstein ligt pal onder de 'Base Cretaceous Unconformity'. Het De Blesse-Vlieland deelvoorkomen bevindt zich direct erboven, in de Vlieland zandsteen. De afsluitende laag ter plaatse van de De Blesse structuur is dus de Vlieland kleisteen. Bovendien zijn de Zechstein (ZEZ3C) en de Vlieland (KNNTL/KNNSTLB) over de grensbreuk gepositioneerd tegenover de Vlieland kleisteen (KNNC) zoals te zien in Figuur 4-2.

Doordat de overburden dus gevormd wordt door de Vlieland kleisteen, wordt de een E-factor relatief laag (van 0.26 tot 0.78). Daardoor wordt het risico op een beving verwaarloosbaar wordt geacht.

In Tabel 17-3 is de SRA input gegeven waarbij als reservoir-overburden combinatie de Zechstein en de Vlieland kleisteen worden gebruikt (voor de Zechstein is hier de ZEZ2C gebruikt, omdat van de ZEZ3C in de nabijheid geen gegevens beschikbaar zijn; er is aangenomen dat deze vergelijkbaar zijn). De uitkomst van de Niveau 1 analyse is dat de kans op een trilling met een magnitude van minimaal 1.5 verwaarloosbaar is voor De Blesse. Deze conclusie is schematisch weergegeven in Figuur 17-2.

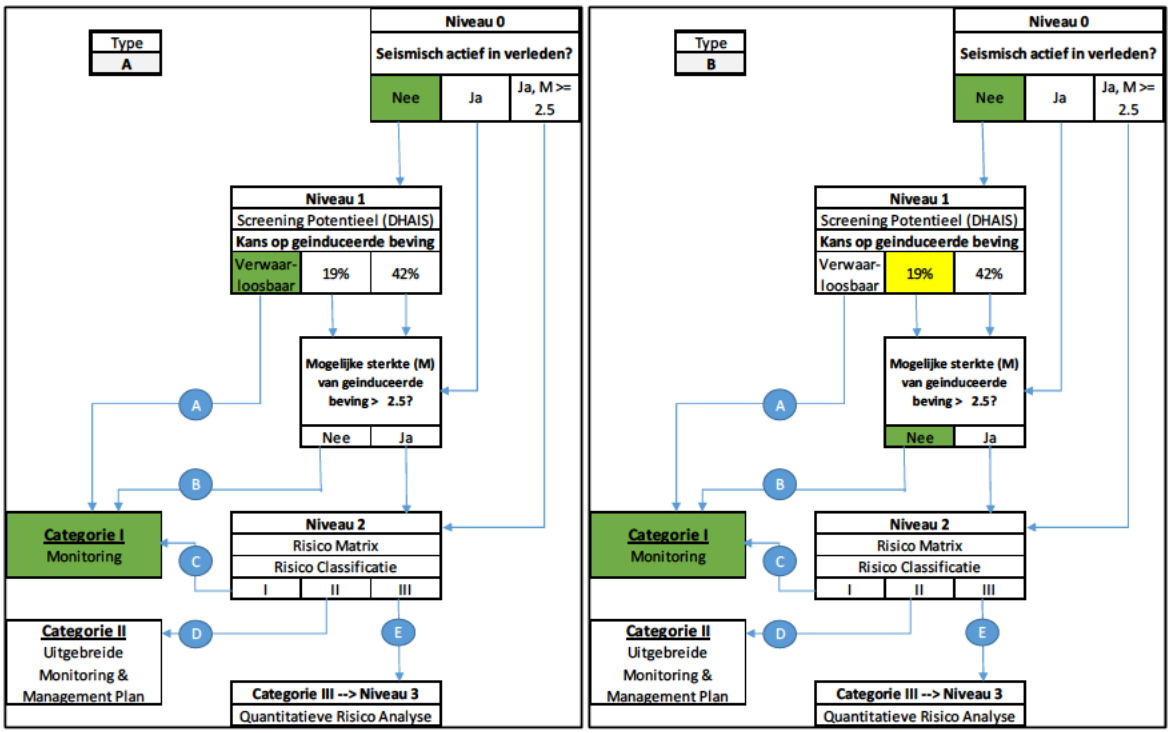
Blesdijke structuur
Het deelvoorkomen Blesdijke-Zechstein wordt over de breuken afgesloten door Zechstein Anhydrieten (zie Figuur 4-1). Deze configuratie resulteert in een E-factor van 1.01. Voor de B-factor is het van belang of de noordoostelijke grens van het veld begrensd wordt door een breuk, of dat deze gesloten wordt door de helling van de lagen ('dip-closed') (zie Figuur 14-1). Uitgaande van het conservatieve scenario waarbij het breukvlak wordt meegenomen aan de noordoostelijke zijde, is de berekende B-factor 0.92. Hiermee valt de Blesdijke-Zechstein in de gele categorie van Tabel 17-1, met een kans op geïnduceerde beving van 19%. De maximale sterkte van een eventuele beving is berekend op 2.2 (Tabel 17-4), waardoor de uitkomst van de Niveau 1 analyse categorie I is (zie Figuur 17-2, rechts). Voor deelvoorkomen Blesdijke-Vlieland geldt, zoals hierboven genoemd, dat de E-factor van 0.26 resulteert in een categorie I risico.

Blesdijke-East structuur
In deelvoorkomen Blesdijke-East-Zechstein wordt, net als in deelvoorkomen Blesdijke-Zechstein, de Zechstein over de breuken afgesloten door Zechstein Anhydrieten (zie Figuur 4-1). Doordat de Blesdijke-East-Zechstein minder dik is dan de Blesdijke-Zechstein is de B-factor lager (0.68). Hierdoor valt de Blesdijke-East-Zechstein onder categorie I met een verwaarloosbare kans op geïnduceerde beving. De Vlieland ter plaatse van Blesdijke-East vormt een gecombineerd deelvoorkomen met die van De Blesse (De Blesse - Blesdijke-East Vlieland), en valt door de lage E-factor van 0.26 onder categorie I.

In Tabel 17-2 zijn de B- en E-factoren samengevat, resulterende uit de SRA met als input de gegevens van Tabel 17-3.

Tabel 17-2: Resulterende B- en E-factoren DHAIS analyse

Deelvoorkomen	B factor	E factor	Opmerking
De Blesse ZEZ3C	0.62	0.26	Verwaarloosbare kans
Blesdijke ZEZ2C	0.92	1.01	'Gele categorie' Tabel 17-1, M_{max} <2.5
Blesdijke-East ZEZ2C	0.68	1.01	Verwaarloosbare kans



Figuur 17-2 SRA beslisboom toegepast voor deelvoorkomens De Blesse/Blesdijke-East Zechstein (links) en Blesdijke-Zechstein (rechts). Voor beide gevallen is de uitkomst Categorie-I.

Tabel 17-3 Parameters voor SRA van deelvoorkomens De Blesse-Zechstein, Blesdijke-Zechstein en Blesdijke-East-Zechstein.

		De Blesse ZEZ3C	Blesdijke ZEZ2C	Blesdijke-East ZEZ2C
Depth (GWC)	[mTVDss]	1787	1819	1787
Initial pressure	[bar]	199	208	200
Dp/Pini	[-]	92%	86%	85%
Total Fault Length	[m]	5600	6100	6050
Longest Fault	[m]	2100	2000	3000
Area @ GWC	[km2]	1.50	2.00	1.70
h	[m]	5.0	15.0	6.0
B factor	**[-]**	**0.62**	**0.92**	**0.68**
Data sources E		BLD-01 ZEZ2C	BLD-01 ZEZ2C	BLD-01 ZEZ2C
		HPS-01 KNNC	BLD-01 ZEZ2A	BLD-01 ZEZ2A
Overburden, Vp	[m/s]	2805.15	5193	5193
Overburden, Vs	[m/s]	1676.22	2994	2994
Overburden, rho	[kg/m3]	2515.48	2910	2910
Reservoir, Vp	[m/s]	5324.02	5324	5324
Reservoir, Vs	[m/s]	3094.42	3094	3094
Reservoir, rho	[kg/m3]	2710.00	2710	2710
Static E Overburden	[GPa]	10.74	41.45	41.45
Static E Reservoir	[GPa]	41.03	41.03	41.03
E factor	**[-]**	**0.26**	**1.01**	**1.01**

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

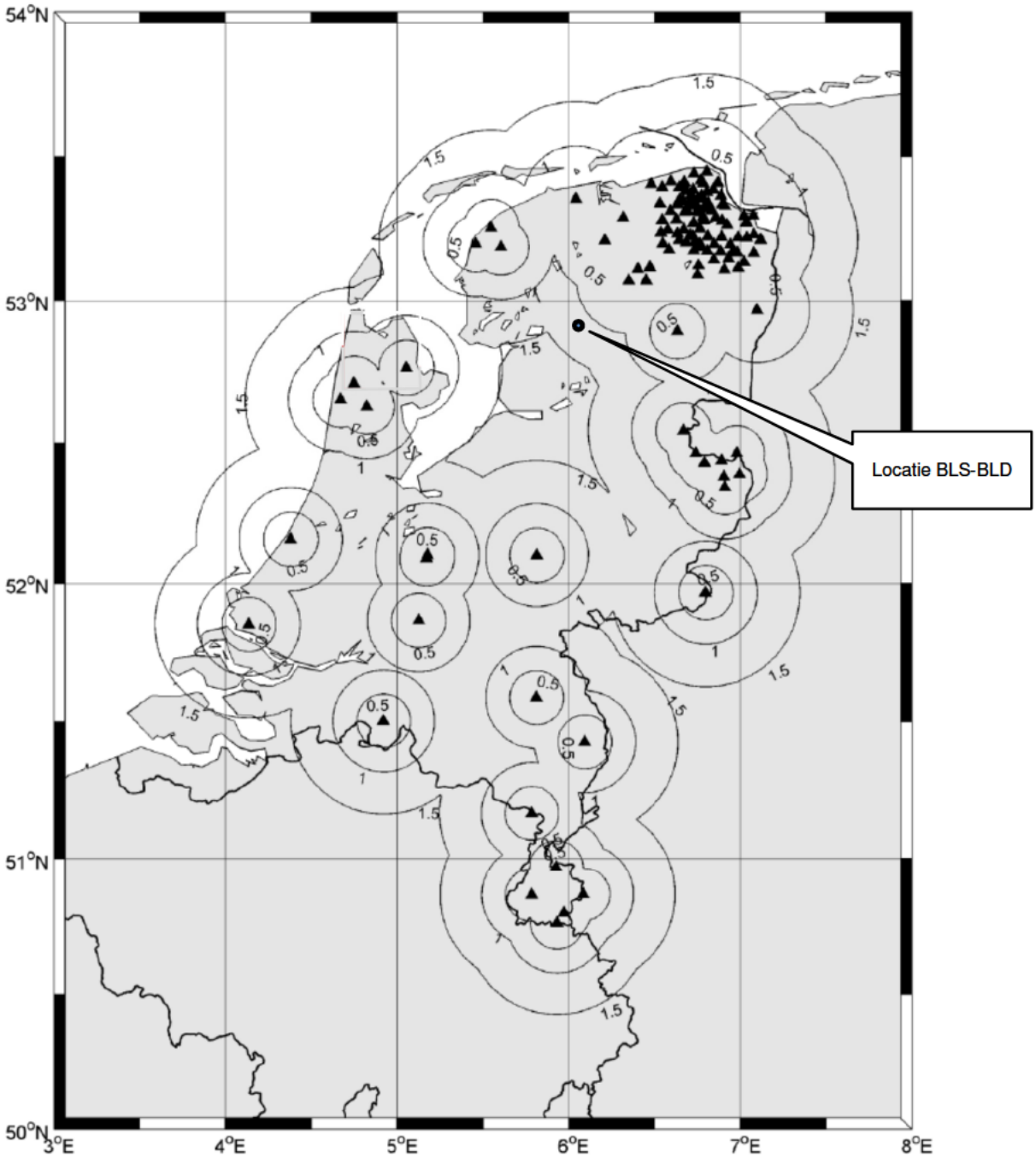
De waarden voor de Young's modulus E zijn gecorrigeerd van dynamisch naar statisch.

Tabel 17-4: Parameters voor berekening maximale sterkte beving deelvoorkomen Blesdijke-Zechstein

		Blesdijke ZEZ2C
Height of largest fault	[m]	15
Compaction for Mmax from		Gross elastic log average
Cm (for Mmax)	[1/bar]	2.05E-06
Compacting height	[m]	15
Poisson Ratio Reservoir	[-]	0.245
Mmax	*(frac)*	**2.2**
	(comp)	**2.2**

17.2.2 ***Niveau 2: Risico Classificatie***

Het resultaat van het doorlopen van de SRA is een categorie I classificatie voor voorkomen De Blesse - Blesdijke. Daarom is een Niveau-2 analyse niet nodig. Voor de volledigheid is hieronder wel een kaart van het KNMI seismometer-netwerk gegeven. Zie ook paragraaf 7.4.



Figuur 17-3 Seismische detective-stations en detectie-drempel-magnitude. Aangepast begin 2017 (met stations na 2010) naar Fig. 2a uit KNMI Ref. 12.