Vermilion Energy Netherlands B.V.

Aanvraag Instemming Eesveen Winningsplan

Versie 2.0 - Actualisatie

22-Feb-17

Samenvatting

Dit document betreft een actualisatie van het winningsplan ‘Eesveen’. Vermilion Energy Netherlands B.V. heeft het plan in 2017 een tweede put te boren vanaf de bestaande mijnbouwlocatie ‘Eesveen 1’.

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.

Vermilion hoopt 106-630 miljoen nm^3 aardgas te winnen over de periode 2017-2027 uit het Eesveen voorkomen.

Er wordt een uiteindelijke bodemdaling van maximaal 1 cm verwacht op het diepste punt van de bodemdalingskom. De daadwerkelijke bodemdaling wordt gemonitord via een meetnet van Vermilion, dat wordt gecontroleerd door Staatstoezicht op de Mijnen. Het seismische risico wordt in de laagste categorie ingeschaald (categorie I). Het daadwerkelijk optreden van bodemtrillingen wordt gemonitord via het KNMI-meetnet.

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

Voor zowel bodemdaling als bodemtrillingen wordt geen 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 5
1 Inleiding 8
1.1 Doel van deze actualisatie van het Winningsplan 8
1.2 Leeswijzer 8
2 Plaats van winning 10
2.1 Voorkomens in dit winningsplan 10
2.2 Overzicht ligging voorkomens en putten 10
2.3 Schematische weergave gas-behandeling en afvoer 11
3 Boringen 13
3.1 Inleiding: Algemene beschrijving van een put 13
3.2 Overzicht boringen in voorkomen 14
3.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en) 15
3.4 Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden 16
3.5 Putbehandelingen 16
4 Ondergrond 17
4.1 Inleiding: hoe worden de ondergrond-eigenschappen gemeten 17
4.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen 17
4.2.1 Reservoir-formaties en afsluitende la(a)g(en) 17
4.2.2 Structuur 18
4.2.3 Bron koolwaterstoffen 18
4.2.4 Geologische doorsnede van voorkomen 18
4.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen 19
4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond 20
5 Ontwikkelingsvooruitzichten 21
5.1 Inleiding 21
5.2 Historische productie en productie-gedrag 21
5.3 Onzekerheden 22
5.4 Winningsstrategie & reservoir management 22
5.5 Vooruitzichten voor winningssnelheid (hoeveelheden per voorkomen/per jaar) 23
5.6 Duur van de winning 24
5.7 Jaarlijks eigengebruik bij winning 24
5.8 Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen 24
5.9 Gassamenstelling en stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd 24
5.10 Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen 25
6 Bodemdaling 26
6.1 Inleiding: hoe komt bodemdaling tot stand 26
6.1.1 Gaswinning 26
6.1.2 De oorzaken van bodemdaling 26
6.1.3 Autonome bodemdaling 27

6.1.4 Meten en voorspellen van bodemdaling 28
6.2 Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling 29
6.3 Bodemdalingsvooruitzichten en -onzekerheid 30
6.4 Monitoring van bodemdaling 34
6.5 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling 34
6.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemdaling te voorkomen of te beperken 34
7 Bodemtrilling 36
7.1 Inleiding: hoe komen bevingen ten gevolge van gaswinning tot stand 36
7.2 Historische bevingen in de voorkomens van dit winningsplan 36
7.3 Seismische Risico Analyse 36
7.4 Monitoring van bodemtrillingen 37
7.5 Mogelijke gevolgen van bevingen ten gevolge van gaswinning 37
7.5.1 Schade aan openbare infrastructuur door bevingen ten gevolge van gaswinning 37
7.5.2 Schade aan bouwwerken door bevingen ten gevolge van gaswinning 37
7.5.3 Schade aan natuur en milieu door bevingen ten gevolge van gaswinning 38
7.6 Maatregelen om (gevolgen van) bodemtrillingen te voorkomen of te beperken 38
8 Overige Omgevingsaspecten 39
8.1 Inleiding 39
8.2 Bodem / Grondwaterverontreiniging 39
8.3 Luchtverontreiniging 39
8.4 Oppervlaktewaterverontreiniging 40
8.5 Externe veiligheid 40
8.6 Natuur 40
8.7 Locatie ‘Eesveen 1’ 40
9 Verklarende woordenlijst 42
10 Referenties 43
11 Bijlage: Plattegrond ‘Eesveen-1’ Locatie 44
12 Bijlage: Proces-stroomdiagram van de Eesveen aardgaswinningslocatie 46
13 Bijlage: Detailschema putverbuizing 47
14 Bijlage: Geologische kaart 48
15 Bijlage: Analyse en Berekening Bodemdaling Meetplan Eesveen 49
16 Bijlage: Meetnet Eesveen 53
17 Bijlage: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden 54
17.1 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse 54
17.2 Seismische Risico Analyse voor de voorkomens in dit winningsplan 54
17.2.1 Niveau 1: Screening Potentieel 54
17.2.2 Niveau 2: Risico Classificatie 58

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
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** Eesveen	☐ 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 De wijziging / actualisatie bestaat uit een actualisatie van de seismische risico analyse, productie- en bodemdalings-voorspellingen wegens het plan een tweede put te boren.
	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	
	A1.4) E-mail	@vermilionenergy.com
	A1.5) Telefoon	+31 (0) 517
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/Drenthe-VI
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	**A2.1) Voorkomen(s) koolwaterstoffen**	Eesveen
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, Mw 24 lid1ℓ,	Jaarlijkse kosten onderverdeeld in investeringen, onderhoud, bedrijfsvoering	(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	6.5
Mb 24 lid 1r, Mw 35 lid 1d en 1f	Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken	6.6
Mb 24 lid 1s Mw 35 lid 1f	Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen	6.6
	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: Functie: Team Lead, Land & Joint Ventures	*Datum: 22-Feb-17* *Plaats: Amsterdam*	

1 Inleiding

Dit winningsplan is een actualisatie van het Winningsplan Eesveen d.d. 14 Januari 2014. Vermilion heeft het voornemen een tweede boring te doen vanaf de locatie 'Eesveen 1' naar een deel van het gasvoorkomen Eesveen dat niet door de bestaande put aangesproken wordt, om de daar aanwezige koolwaterstoffen ook te winnen.

1.1 Doel van deze actualisatie van het Winningsplan

Vermilion Energy Netherlands B.V. (Vermilion, VEN) is houder van de Winningsvergunningen Steenwijk en Drenthe-VI. 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 gasveld Eesveen, met deelvoorkomens Eesveen-01 en Eesveen-02.

De reden voor de actualisatie van het winningsplan voor het Eesveen voorkomen is het plan een tweede boring te doen vanaf de Eesveen locatie naar een breukblok dat niet door de bestaande put aangesproken wordt, om de daar aanwezige koolwaterstoffen ook te winnen.

Deze boring is gebaseerd op nieuwe inzichten over de aanwezigheid van koolwaterstoffen. De uitbreiding van de winning vereist een actualisatie van productie- en bodemdalingsvoorspellingen, en een nieuwe seismische risico analyse.

Tabel 1-1 Geschiedenis Winningsplan Eesveen

Datum	Versie	Versie
Apr-14	1.0	Eerste winningsplan Eesveen
Feb-17	2.0	Deze actualisatie

1.2 Leeswijzer

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 cursief gedrukte stukken in de diverse hoofdstukken geven wat meer specialistische informatie.

Het gasveld Eesveen produceert gas vanaf de locatie 'Eesveen 1' naar het Garijp gasbehandelings-station (GTC). Paragrafen 2.2 en 2.3 geven aan waar de productielocatie, het voorkomen en de producerende/geplande putten zich bevinden.

De verwachte bodemdaling door toekomstige productie uit het veld wordt beschreven in Hoofdstuk 6. De nieuwe bodemdalingsprognose laat zien dat de uiteindelijke bodemdaling tussen de 0.3 en 1.0 cm zal zijn, met een meest waarschijnlijke waarde van 0.5 cm. Ook wordt ingegaan op de cumulatie met andere nabij gelegen gasvoorkomens. De bodemdaling wordt regelmatig gemonitord volgens een meetplan conform de geldende normen, onder toezicht van Staatstoezicht op de Mijnen (SodM).

De seismische risicoanalyse laat zien dat het Eesveen voorkomen 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 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, 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 de Economische Zaken 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. Dit vertrouwelijke deel bevat bedrijfsgevoelige informatie en openbaarmaking kan VEN's concurrentie-positie 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 en gasvolume berekeningen.

2 Plaats van winning

2.1 Voorkomens in dit winningsplan

Dit winningsplan beschrijft de productie uit het Eesveen voorkomen. Dit veld is aangetoond door de put Eesveen-01, die in 1986 geboord is. Een tweede put (Eesveen-02) is gepland voor 2017.

2.2 Overzicht ligging voorkomens en putten

Het Eesveen gasveld ligt in de provincie Drenthe, zie Figuur 2-1.

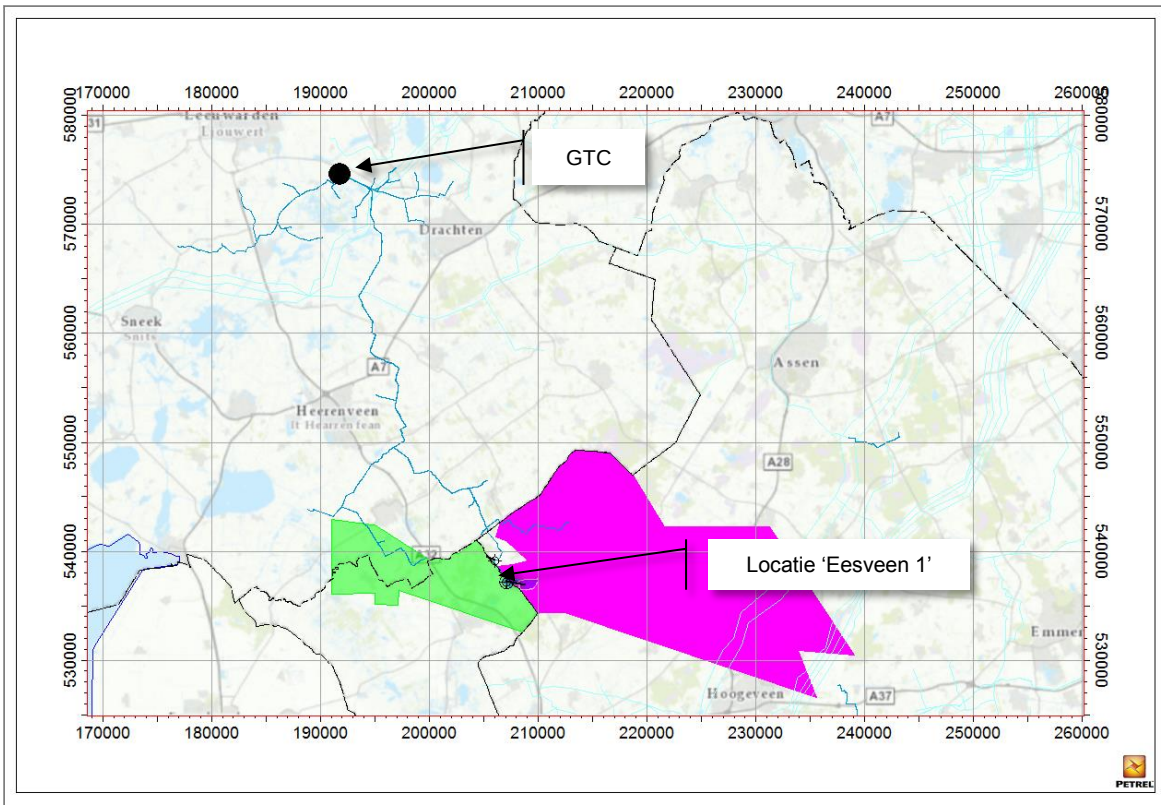
Figuur 2-2 is een topografische kaart met de locatie van het voorkomen, de putten, de oppervlakte locatie en pijpleidingen.

De kadastrale informatie van de aardgasproductie locatie is gegeven in de onderstaande tabel. In de bijlage, hoofdstuk 11, is een plattegrond van 'Eesveen 1' locatie opgenomen.

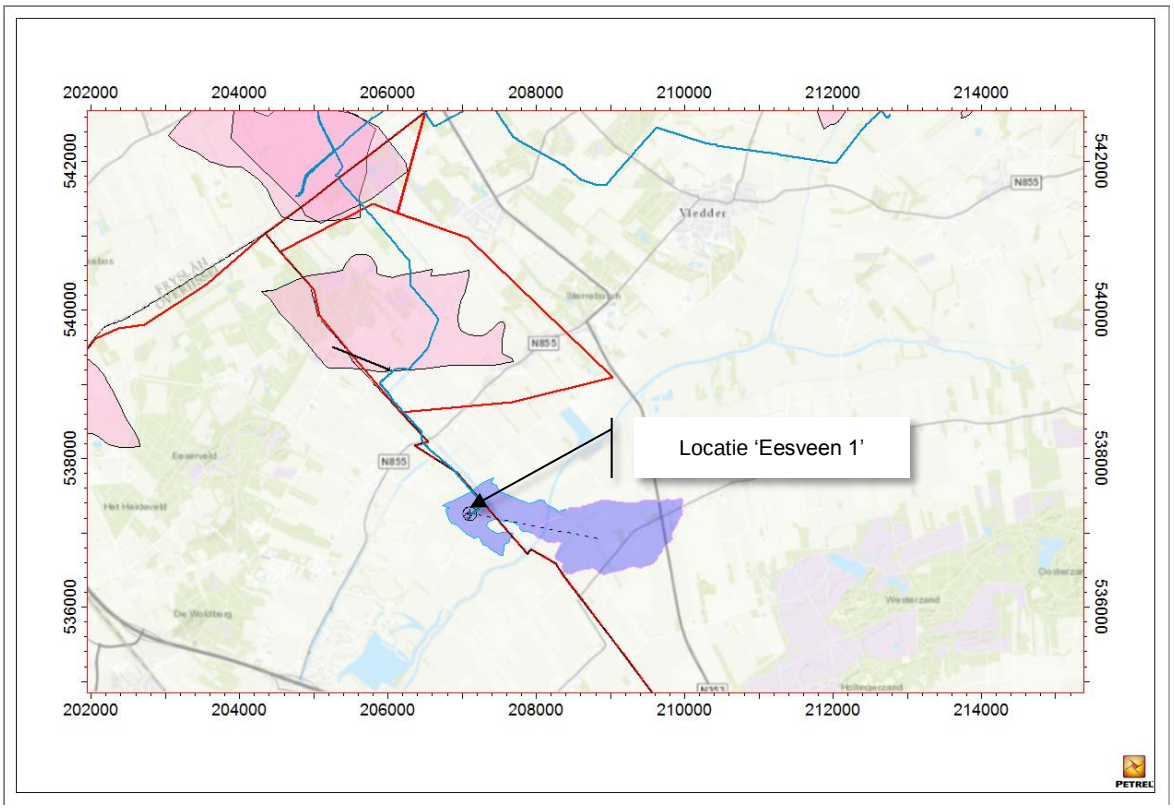
Tabel 2-1 Kadastrale informatie

Kadastrale gegevens	
Gemeente	Steenwijk (Steenwijkerland)
Sectie	sectie G
Nummer	1206
Plaatselijk bekend als	Mijnbouwlocatie 'Eesveen 1'

Vanaf de locatie 'Eesveen 1' is de producerende put ESV-01 geboord, en ESV-02 gepland (Tabel 3-1). Op dit moment wordt ervan uit gegaan dat met ESV-01 en ESV-02 het gehele voorkomen geproduceerd kan worden. Echter, door nieuwe gegevens verkregen tijdens de boring van ESV-02 en de productie zou deze interpretatie kunnen veranderen. In dat geval zou het boren van een aftakking van een van deze putten of het boren van een nieuwe put noodzakelijk kunnen zijn.



Figuur 2-1: Eesveen kaart, met concessiegrenzen Steenwijk (groen) en Drenthe VI (paars). Naast de 'Eesveen 1' locatie, is de locatie van het behandelingsstation GTC aangegeven.



Figuur 2-2: Topografische kaart Eesveen gas veld met putten en pijpleidingen (blauw). De locatie 'Eesveen 1' is met een pijl aangeduid. De geplande ESV-02 put is gestippeld. De bestaande ESV-01 put is verticaal. Concessiegrenzen in rood. De roze vlakken geven nabijgelegen velden aan. Meteen ten noordwesten ligt het uitgeproduceerde voorkomen Nijensleek, nu in gebruik als water-injectie-locatie.

2.3 Schematische weergave gas-behandeling en afvoer

Op de locatie Eesveen wordt het gas van de mee geproduceerde vloeistoffen gescheiden. Water wordt via pijpleidingen getransporteerd en op een externe locatie teruggevoerd in de diepe ondergrond (in de waterinjectieput Nijensleek-01, zie Figuur 2-2). Eventueel kan het geproduceerde water ook lokaal worden opgeslagen en per truck worden afgevoerd, naar een andere verwerker.

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

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

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

Figuur 2-3: 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 deze tubing naar boven. 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.

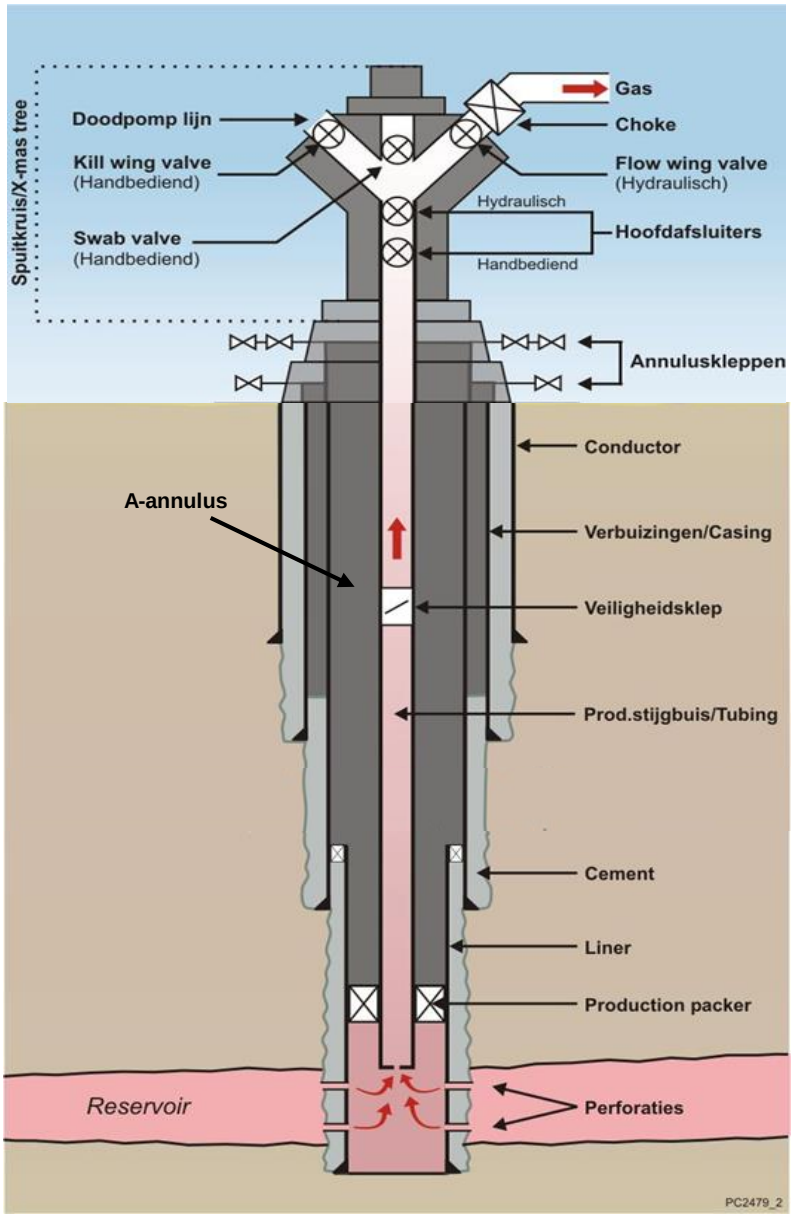
De put is voorzien van beveiligingskleppen. Die kunnen met behulp van hydraulische druk worden geopend, opengehouden en dicht gezet. In de put zijn de volgende beveiligingskleppen aanwezig:

- 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 (sterk verticaal gekrompen)

3.2 Overzicht boringen in voorkomen

Tabel 3-1 geeft een overzicht van de geboorde en nog actieve putten in het Eesveen voorkomen. De geologische formaties (Slochteren in dit geval), worden later in dit document nader besproken (Paragraaf 4.2).

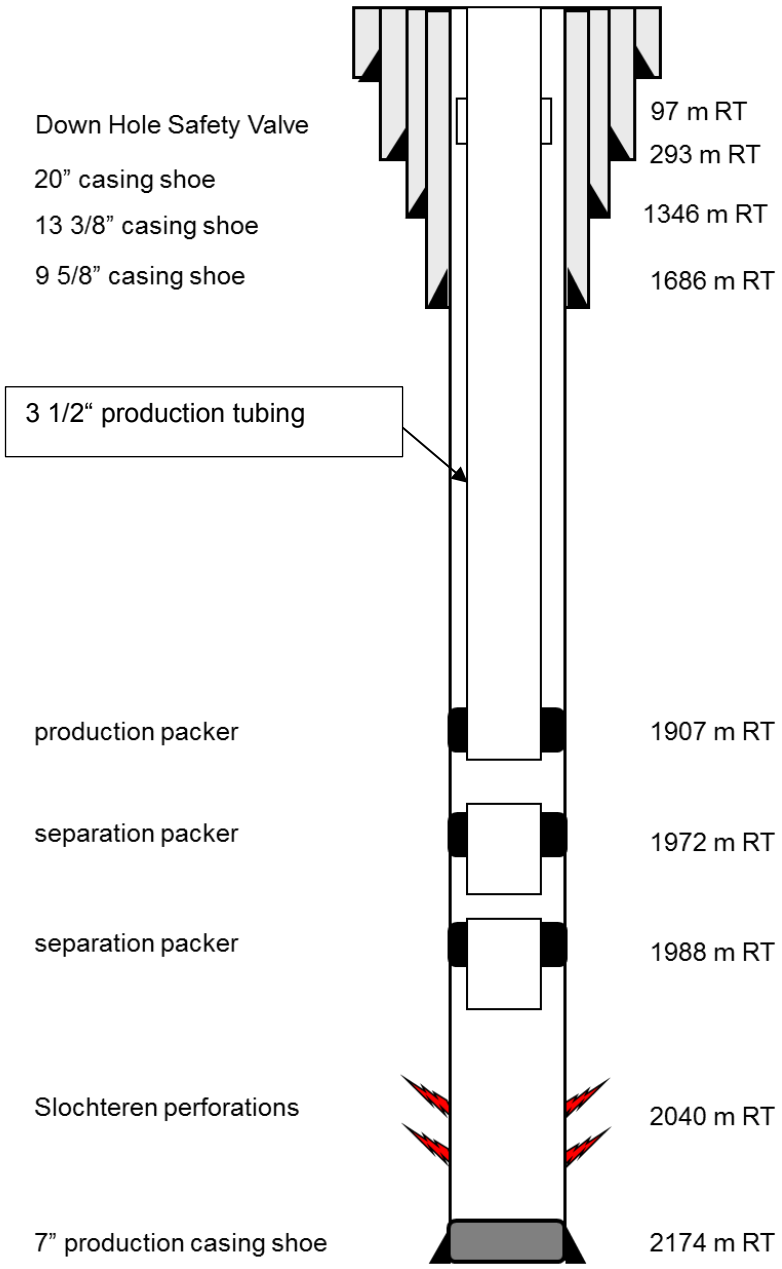
Vanaf de 'Eesveen 1' locatie is ook in 2014 de opsporings-put (*exploratie-put*) Havelte-01 (HVE-01) geboord naar een ander doel. Deze put heeft geen gas gevonden, en is geabandonneerd. De put Eesveen-02 wordt van dezelfde positie geboord, en gepland wordt de HVE-01 conductor te hergebruiken.

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

Locatie	Put	Jaar boring	Vorm	Formatie	Cumulatieve gas-productie per 1/Nov/2016 [x10^6 nm^3]	Status (1-Feb-2017)
'Eesveen 1'	ESV-01	1986	Verticaal	Slochteren	380	Producerend (gas)
'Eesveen 1'	ESV-02	2017	Gedevieerd	Slochteren	0	Gepland

3.3 Schematische voorstelling putverbuizing(en)

In de onderstaande figuur is schematisch de verbuizing van de Eesveen-01 put weergegeven.



Figuur 3-2 Schematische weergave putverbuizing en -completie van de ESV-01 put. De tekening is niet op schaal (sterk verticaal gekrompen).

3.4 Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden

De put ESV-01 is gecompleteerd in de Slochteren formatie. Datzelfde geldt voor de ESV-02 put.

De completering van de putten bestaat uit perforaties door de casing die de formatie in verbinding stelt met de productie-verbuizing. Via de productie-verbuizing worden de koolwaterstoffen naar het oppervlak geproduceerd.

3.5 Putbehandelingen

De verwachte gasproductie-snelheid van de Slochteren zandsteen reservoirs is ruim voldoende. Het is dus niet noodzakelijk geweest om de ESV-01 put, die uit deze formatie produceert, te stimuleren. Voor ESV-02 wordt hetzelfde verwacht.

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 routine-handeling, waarbij geen overdruk gebruikt wordt. Dit duurt ongeveer een dag, en wordt uitgevoerd door een kleine onderhoudsploeg (er is geen boortoren nodig).

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

Tijdens het leven van de put kan het nodig zijn de diameter van de verbuizing aan te passen, groter als de productiviteit van de formatie beter is dan verwacht, kleiner tegen het eind van het leven als de hoeveelheid condenswater toeneemt. Deze operatie gebeurt met een kleine installatie (een zgn. *workover unit*, geen boortoren).

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

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

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

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 veld alleen uit indirecte metingen kan worden vastgesteld, en doordat gesteente-eigenschappen alleen worden gemeten in en vlakbij de putten, bestaat er een onzekerheid over de grootte en 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 veld 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 Eesveen 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 veld. De dikte van het reservoir 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 in het Eesveen veld, 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 veld geëxtrapoleerd moeten worden.

Het Eesveen voorkomen heeft een lengte van ongeveer 3 km en een breedte van ongeveer 1½ 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 worden er 2 putten geboord in het Eesveen 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 veld als geheel deels op extrapolerende schattingen gebaseerd zijn.

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

4.2 Geologie en gesteente-eigenschappen van het voorkomen

Hieronder 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. 13.

4.2.1 Reservoir-formaties en afsluitende la(a)g(en)

In het Eesveen voorkomen zit het gas in de zogenaamde *Slochteren* zandsteen (die deel uitmaakt van de *Rotliegend*). Het voorkomen wordt afgedekt (en afgesloten) door de *Zechstein* anhydriet. Beide formaties zijn afgezet in het Perm, dat is 250-300 miljoen jaar geleden.

Het doel-reservoir van het Eesveen voorkomen, is de Slochteren zandsteen van de Rotliegend groep (Perm). De Slochteren zandsteen, bestaat uit door wind gevormde duin-afzettingen uit een woestijn-omgeving. Deze woestijn was gelegen in een groot oost-west georiënteerd bekken dat het grootste gedeelte van Europa besloeg. De Slochteren duin afzettingen hebben fijne tot middelgrote korrels en ze bestaan uit schone kwartszanden. Ze zijn een meter tot enkele tientallen meters dik met zo nu en dan dunne (millimeter schaal) kleilagen ertussen. Regionale constante dikte modellen gebaseerd op de put ESV-01 suggereren dat het reservoir ongeveer 23 meter dik is in het Eesveen voorkomen.

De Slochteren formatie is afgezet op de Limburg groep van het Carboon; de helling van de lagen in het Carboon wijkt af van die in het Slochteren (discordant). Er wordt niet vanuit gegaan dat het Carboon deel uitmaakt van het Eesveen gasvoorkomen.

Na afzetting van de Rotliegend heeft er een grote transgressie in het bekken gedurende het boven Perm plaatsgevonden: het gebied werd overspoeld door een zee. Die zee droogde periodiek op, wat leidde tot afzettingen van evaporieten, die daarna weer overspoeld werden. Deze lagen vormen de Zechstein carbonaat-cycli. De evaporieten, anhydriet om precies te zijn, vormen de afsluitende laag van het Eesveen voorkomen. Die Zechstein 1 is een bewezen afsluitende laag ook in andere voorkomens.

Op basis van putmetingen wordt de diepte van het gas-watercontact (GWC) *ingeschat op 2035-2045m onder NAP.*

*4.2.2 **Structuur***

De lagen zijn in het algemeen over grote afstanden aanwezig. Door bewegingen van en botsingen tussen de aardplaten in de geologische geschiedenis zijn er golvingen ontstaan in de lagen. Omdat gesteente niet zo buigzaam is leidt dit tot breuken. In dit gebied is het resultaat dat het gesteente uit licht schuin-liggende *breukblokken* bestaat. Het gas zal, omdat het lichter dan water is, zich verzamelen in de hoogste plaatsen; boringen zullen dan ook op zulke plaatsen gericht zijn.

Tijdens het late Trias opende de proto-Atlantische Oceaan tijdens een extensioneel spanningsveld wat het grote afgesloten bekken van het Perm veranderde in kleine afzonderlijke bekkens en hogen begrensd door breuken. Het Eesveen voorkomen ligt op het Friesland platform ten noorden van het zogenaamde Texel-IJsselmeer hoog*.*

*Deze tektonische bewegingen hadden tot gevolg dat het gebied omhoogkwam en daarmee startte een lange periode van erosie. Aanzienlijke hoeveelheden van de Zechstein en Trias afzettingen zijn weg ge-erodeerd. De Jura is niet aangetoond in de omringende putten. Na deze periode van omhoogkomen en erosie, volgde een daling, en een zee-overspoeling (*transgressie*) in het Krijt. De vorming van de Alpen aan het einde van het Krijt veranderde het spanningsveld naar een compressioneel regime. Dit had invloed op de structuren en het verzet van de breuken in dit gebied.*

*4.2.3 **Bron koolwaterstoffen***

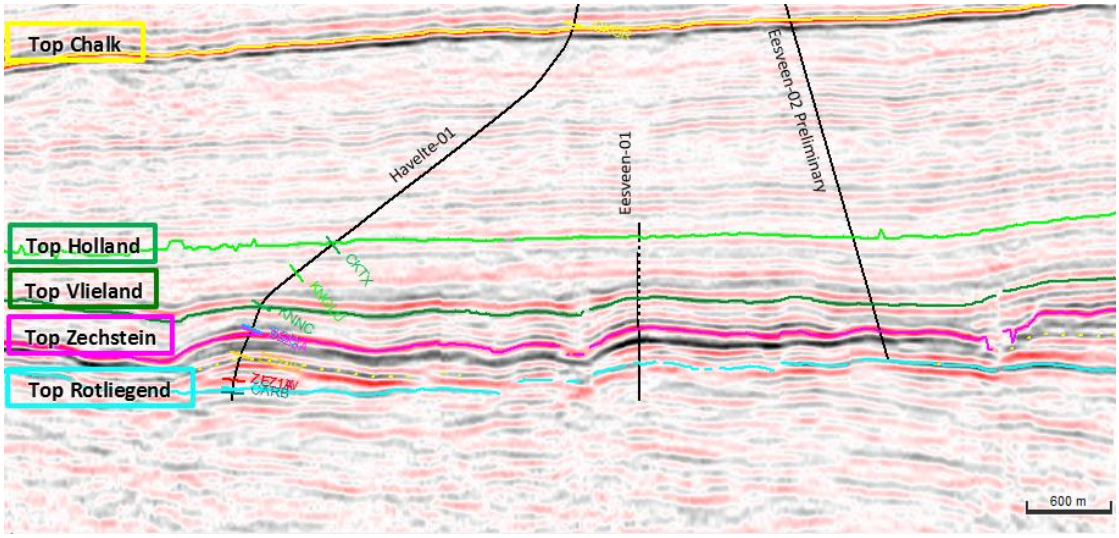
Tijdens de geologische geschiedenis worden lagen die organische bestanddelen bevatten soms diep begraven. Dat kan leiden tot het genereren van gas of olie. Hier gebeurde het genereren van gas in het *Carboon* pakket dat onder de Slochteren laag ligt. Dat gas is daarna naar boven gestroomd en in de Slochteren laag van het Eesveen voorkomen terechtgekomen.

Zoals hierboven besproken, is de Slochteren formatie afgezet op een 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 de Slochteren zanden migreren, om zo het Eesveen voorkomen te vullen. Dat proces is waarschijnlijk nog steeds aan de gang.

*4.2.4 **Geologische doorsnede van voorkomen***

In de figuur hieronder is een schematische doorsnede van het Eesveen voorkomen weergegeven. De reservoir laag (Rotliegend, die hier door de Slochteren vertegenwoordigd wordt), de afdekkende laag (Zechstein) zijn weergegeven.

Een geologische kaart is gegeven in de bijlage, Hoofdstuk 14.



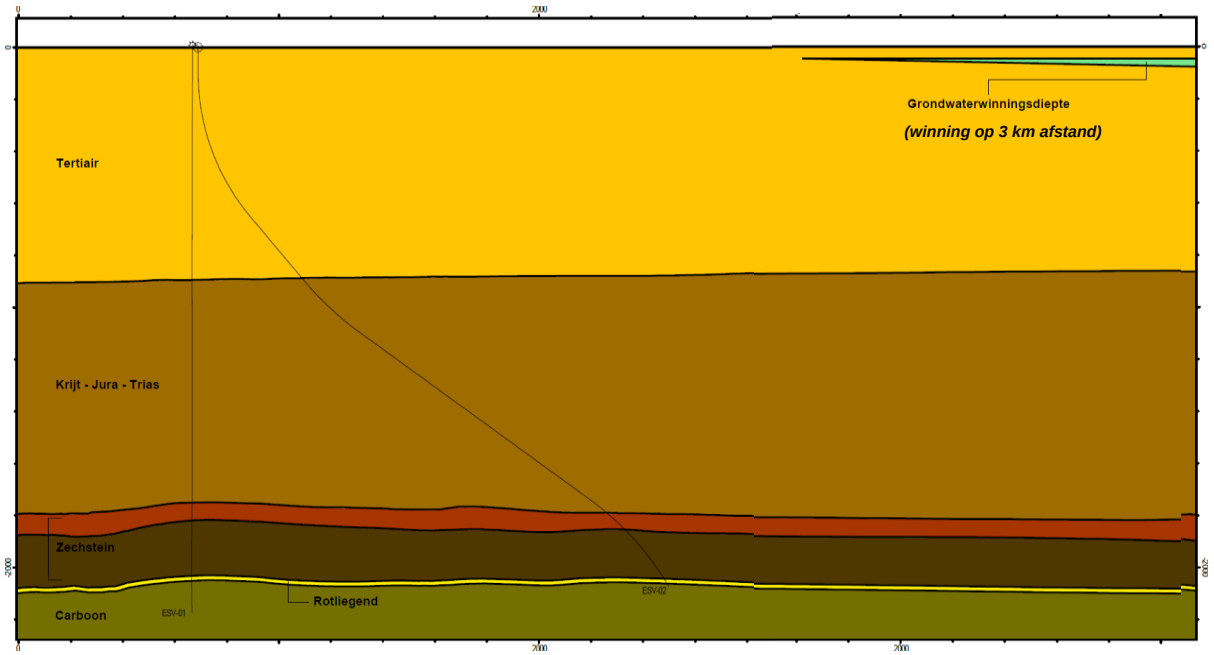
Figuur 4-1: Doorsnede van Eesveen Slochteren reservoir (ruwweg west→oost) met put projecties. De exploratieput Havelte-01 is ook weergegeven (metingen uit deze put zijn ook gebruikt). De verticale schaal geeft de tijd aan die seismische golven heen-en-weer onderweg zijn. Zie Figuur 4-2 voor een schematische interpretatie.

4.3 Gesteente-eigenschappen van de bovenliggende lagen

Boven de Zechstein formatie, die hierboven besproken is, bevindt zich nog ongeveer 1800 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 – Jura – Trias
  - Ommelanden
  - Texel
    Deze formaties bestaan uit krijtsteen
  - Holland
    Deze formatie bestaat uit impermeabele kleilagen en mergel.
  - Vlieland
    Dit is hier een klei formatie die impermeabel is.
  - Trias
    Dit is hier een klei-formatie, die impermeabel is.

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



Figuur 4-2 Schematische weergave van de lagen boven het Eesveen voorkomen (ruwweg west→oost). De figuur is op schaal, i.e. niet verticaal uitvergroot. De Rotliegend, die hier vertegenwoordigd wordt door de Slochteren, waarin het gas zich bevindt, is de dunne gele strook tussen Carboon en Zechstein. De diepte waar winbaar grondwater zou kunnen zitten is geschetst. Daadwerkelijke winning vindt op 40-70m diep plaats, op 3 km van 'Eesveen 1'. [Schaal in m]

4.4 Andere gebruiksmogelijkheden van de ondergrond

Er is momenteel geen geothermie project in de directe omgeving van het Eesveen gasveld. Gezien de dikte en doorlatendheid van de Slochteren-laag in deze omgeving, is de geschiktheid van de formatie voor geothermische projecten gering.

Grondwaterwinning vindt plaats op ongeveer 3km van de Eesveen locatie af, op 30-70m diepte. Er is geen interactie.

Gasopslag en zoutwinning zijn niet voorzien.

5 Ontwikkelingsvooruitzichten

5.1 Inleiding

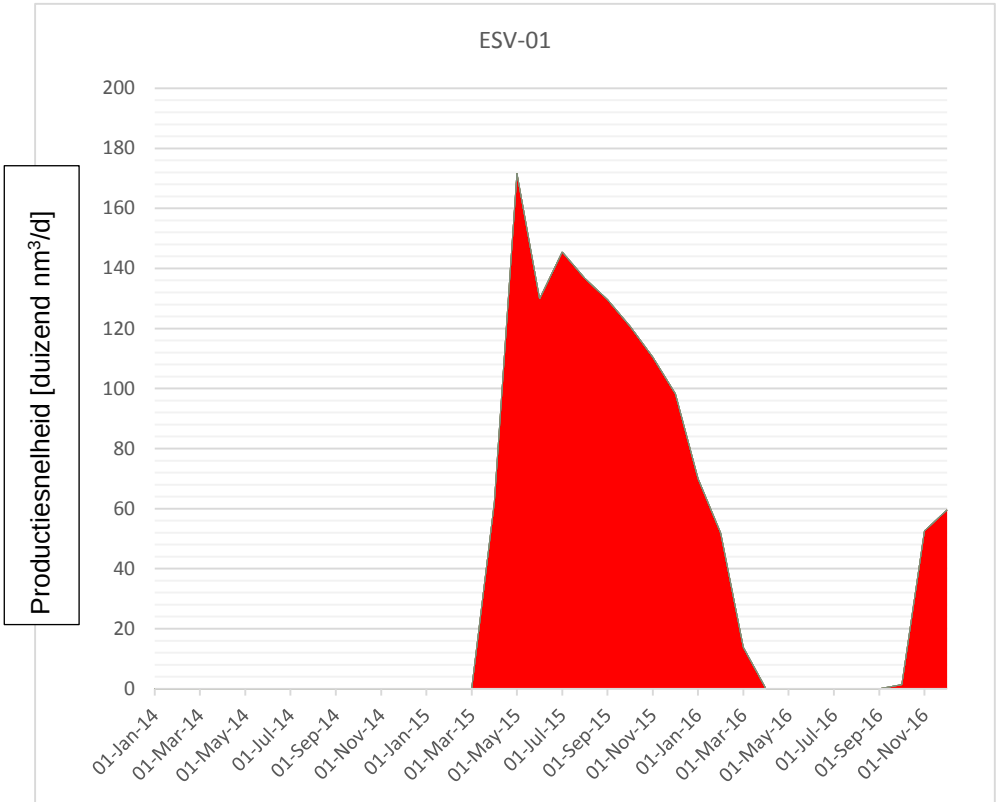
Het Eesveen veld ligt in het oostelijke deel van de Steenwijk winningsvergunning, en het westelijk deel van de Drenthe VI winningsvergunning. Het veld is in 1986 aangeboord door de NAM met de put ESV-01. De put ESV-01 is destijds getest maar werd niet economisch winbaar bevonden, op grond van een analyse gebaseerd op 2D seismische lijnen. In 2005 heeft Vermilion een nieuwe test uitgevoerd en sindsdien is er ook nieuwe 3D seismiek beschikbaar. Dit heeft de inschatting van de vorm van het voorkomen veranderd, en de winning bleek nu wel economisch te zijn. Sinds 2015 wordt er door Vermilion gas uit het voorkomen gewonnen.

5.2 Historische productie en productie-gedrag

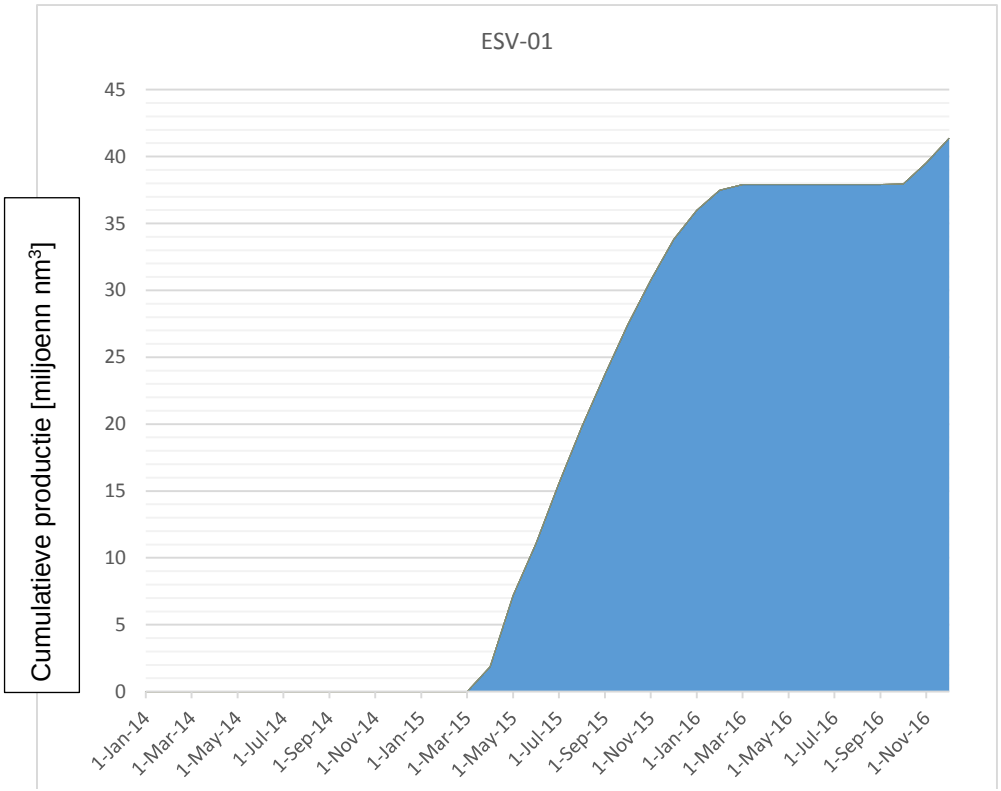
Gasproductie uit het Eesveen voorkomen vind plaats sinds 2015 met put ESV-01. Tot 1-januari-2017 is iets meer dan 40 miljoen nm^3 gas geproduceerd. In het begin lag de productie-snelheid net onder de 200 duizend nm^3/d, inmiddels is hij door drukafname in het veld afgenomen tot 60 duizend nm^3/d.

Figuur 5-1 laat de productie-snelheid van het Eesveen voorkomen zien. Figuur 5-2 laat de cumulatieve productie zien.

*De druk in het door ESV-01 aangeboorde blok daalt ongeveer evenredig met de productie. Het druk-gedrag van het veld geeft dus geen aanwijzing dat er een grote hoeveelheid formatiewater met het voorkomen in verbinding staat. Er is een kleine hoeveelheid waterproductie waargenomen, maar het gas-water contact in het veld ligt ook heel dicht bij de put. Het drukgedrag van het veld kan ruwweg verklaard worden uit het gas in het door ESV-01 aangeboorde breukblok. Bijgevolg is er geen reden aan te nemen dat productie uit ESV-01 de druk in een groter gebied verlaagt (*depleteert*) dan het breukblok waarin ESV-01 geplaatst is.*



Figuur 5-1: Productie-snelheid historie Eesveen gasveld.



Figuur 5-2: Cumulatieve gasproductie historie Eesveen gasveld.

5.3 Onzekerheden

Ondanks het feit dat er nu bijna twee jaar gas geproduceerd is uit het Eesveen voorkomen, zijn er nog steeds onzekerheden:

1. De gasproductie-snelheid van de geplande ESV-02 put.
2. De hoeveelheid gas die met de putten verbonden is, zeker met ESV-02.
3. De mate waarin de aanpalende breukblokken ook gas-gevuld zijn.
4. 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 ESV-02 en eventuele toekomstige boringen, mochten die nodig zijn.

5.4 Winningsstrategie & reservoir management

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

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

Met ESV-01 en ESV-02 kan waarschijnlijk het gehele voorkomen geproduceerd worden. Verdere ontwikkeling in de vorm van een side track, nieuwe put of putbehandeling zou nodig kunnen zijn afhankelijk van de prestaties van het reservoir.

De uiteindelijke winningsfactor (geproduceerd gas als percentage van het aanwezige gas) van het Eesveen voorkomen is geschat op 60% tot 80%, gebaseerd op de huidige dataset, en op ervaringen in analoge velden, en op de verwachting dat een uiteindelijke druk aan het spuitkruis (FWHP) van 15 bar haalbaar is.

Het breukblok ESV-01 bevat ongeveer 100 miljoen nm^3, het breukblok ESV-02 100-700 miljoen nm^3.

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.

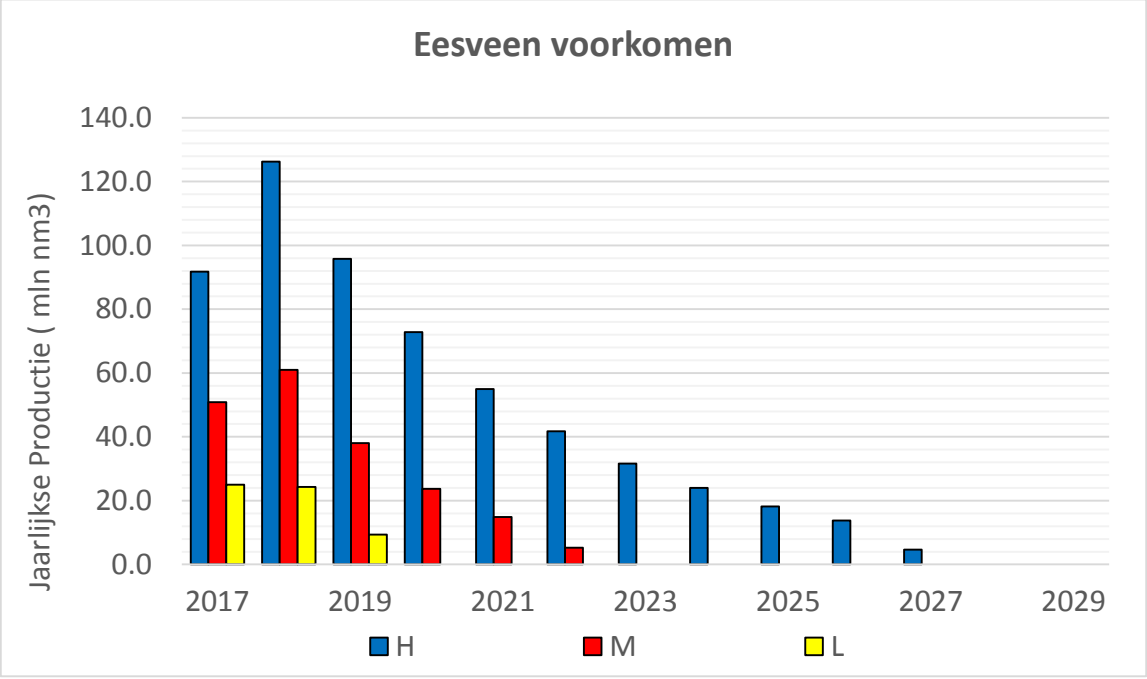
Indien het reservoir verder uitgeput raakt, zou eventueel compressie op de locatie 'Eesveen 1' toegepast kunnen worden. Compressie maakt het mogelijk het gas uit een voorkomen dat zelf niet genoeg druk meer heeft, toch naar GTC te pompen.

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

De te verwachten productieprofielen van het Eesveen voorkomen, uit ESV-01 en ESV-02 tezamen, zijn in deze paragraaf weergegeven. Er zijn drie productieprofielen gegeven (Laag, Midden, Hoog) om de onzekerheid in tijd en volume aan te geven. De werkelijk gerealiseerde productie zal niet precies overeenkomen met (één van) de hieronder geschetste profielen. Deze profielen zijn dus indicatief.

Opgemerkt dient te worden dat de gegeven getallen jaargemiddelden zijn. Op een dag-basis kunnen dus andere waarden voorkomen.

De productie op de 'Eesveen 1' locatie 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: Eesveen voorkomen productie voorspellingen. Zie tekst voor een beschrijving van de redenen voor onzekerheid in productie-hoeveelheid en -snelheid.

Tabel 5-1 Productiegetallen, conform Figuur 5-3, in miljoen nm³. De verwachting is uit ESV-02, als er gas gevonden wordt, 100-600 miljoen nm³ te produceren, terwijl uit ESV-01 nog 6-30 miljoen nm³ geproduceerd wordt.

Year	ESV-01: H	ESV-01: M	ESV-01: L	ESV-02: H	ESV-02: M	ESV-02: L
2017	12.0	6.0	4.0	91.7	50.9	25.0
2018	9.0	4.1	2.0	126.3	61.0	24.3
2019	6.0	0	0	95.7	38.0	9.4
2020	3.0	0	0	72.8	23.7	0.0
2021	0	0	0	55.0	14.8	0.0
2022	0	0	0	41.7	5.2	0.0
2023	0	0	0	31.6	0.0	0.0
2024	0	0	0	24.0	0.0	0.0
2025	0	0	0	18.2	0.0	0.0
2026	0	0	0	13.8	0.0	0.0
2027	0	0	0	4.7	0.0	0.0
2028	0	0	0	0	0	0
2029	0	0	0	0	0	0

5.6 Duur van de winning

De productie zal worden gestopt als de totale productiekosten de productie opbrengsten zullen overstijgen. Verwacht wordt dat dit uiterlijk in 2027 zal gebeuren.

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, velden in de pijpleiding naar GTC de gasstroom van Eesveen naar GTC hinderen, waardoor de uiteindelijke productie-beëindiging vertraagd wordt.

De einddatum van productie is dus onzeker, niet alleen doordat er onzekerheden in de analyse van de ondergrond zitten, 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

Tabel 5-2 geeft een gedetailleerde analyse van het Eesveen gas, op grond van de test die de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) in 1986 heeft uitgevoerd. Vermilion heeft ook gasanalyses uitgevoerd, die in overeenstemming met deze zijn.

Tabel 5-2: Gedetailleerde analyse van het Eesveen gas.

*** COMPOSITION ANALYSIS (mol%) ***

Methane	: 93.639	Cyclopentane	: 0.003
Ethane	: 2.735	Cyclohexane	:
Propane	: 0.649	Methylcyclohexane	: 0.038
2-Methylpropane	: 0.114	Benzene	: 0.081
Butane	: 0.160	Toluene	: 0.024
2-Methylbutane	: 0.070	Hydrogen	: 0.000
Pentane	: 0.064	Carbon monoxide	:
2,2-Dimethylpropane	: 0.003	Hydrogen sulphide	:
Hexane	: 0.053	Helium	: 0.052
2-Methylpentane	:	Argon	:
3-Methylpentane	:	Carbon dioxide	: 0.683
2,2-Dimethylbutane	: 0.003	Oxygen	: 0.000
2,3-Dimethylbutane	: 0.033	Nitrogen	: 1.520
Heptane	: 0.022		
2-Methylhexane	: 0.016		
3-Methylhexane	: 0.030		
Octane	: 0.008	Total	: 100.000
2,2,4-Trimethylpentane	:	Highest HCarbon Measured: C8	

SULPHUR COMPOSITION S AS H2S :

*** CALCULATED GAS PROPERTIES *** (ISO 6976)

HEATING VALUES AT 298.15 K (MJ/m3)

REAL GAS, 273.15 K, 101.3 kPa		REAL GAS, 288.15 K, 101.3 kPa	
GROSS,DRY	: 41.0015	GROSS,DRY	: 38.8639
NET ,DRY	: 37.0207	NET ,DRY	: 35.0907
GROSS,SATUR. WITH WATER	: 40.7569	GROSS,SATUR. WITH WATER	: 38.2120
NET ,SATUR. WITH WATER	: 36.7999	NET ,SATUR. WITH WATER	: 34.5020

REAL RELATIVE DENSITY	: 0.6019	MOLECULAR WEIGHT	: 17.3965
DENSITY AT REF. COND.	: 0.7783 (kg/m3)	MOL WEIGHT C8 ASSUMED	: 114.2302
(273.15/273.15 K, 1.013/1.013 kPa)		WOBBE	: 52.8471

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, vanwege de nabijheid van het gas-water-contact in met name ESV-01.

Daarnaast laat het gedrag van de ESV-01 put zien dat er een behoorlijke onzekerheid is qua hoeveelheid mee-geproduceerd condensaat. Dit is verwerkt in een conservatief (hoog) gekozen bovengrens.

Tabel 5-3: Maximum water- en condensaat productie-verwachtingen voor Eesveen

Max. mee-geproduceerde stoffen	
	Slochteren
Water productie	40 m^3/d
Aardgascondensaat	100 m^3/miljoen nm^3

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

Op de locatie Eesveen worden geen stoffen in de ondergrond teruggebracht.

Het geproduceerde water wordt via een pijpleiding naar een externe locatie getransporteerd, en daar (in de waterinjectieput Nijensleek-01) in de diepe ondergrond teruggebracht. Eventueel kan het geproduceerde water ook lokaal worden opgeslagen en per truck worden afgevoerd.

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

6 Bodemdaling

De bodemdalingsprognose laat zien dat de bodemdaling tussen de 0.3 en 1.0 cm zal uitkomen, met een meest waarschijnlijke waarde van 0.5 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 Slochteren zandsteenlaag, afgesloten door Zechstein anhydrieten.

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.

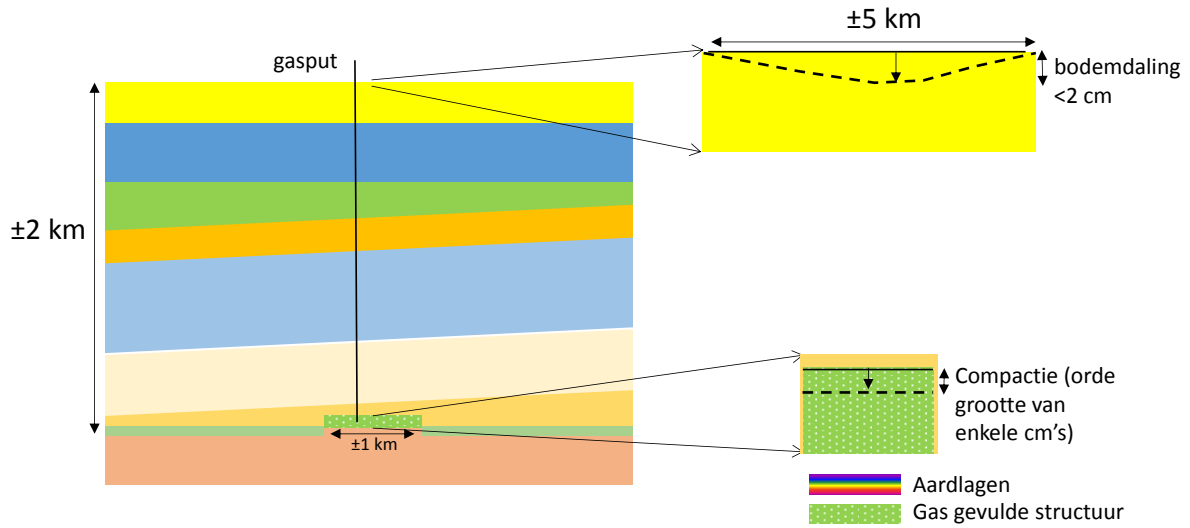
Bij gaswinning laat men het gas ontsnappen door een put die in het hoogste punt van het reservoir geplaatst wordt. Als gevolg van het ontsnappen van het gas zal de druk in het reservoir dalen. De winning stopt als de druk zo laag is dat er onvoldoende gas door de put naar boven stroomt, of als de drukdaling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

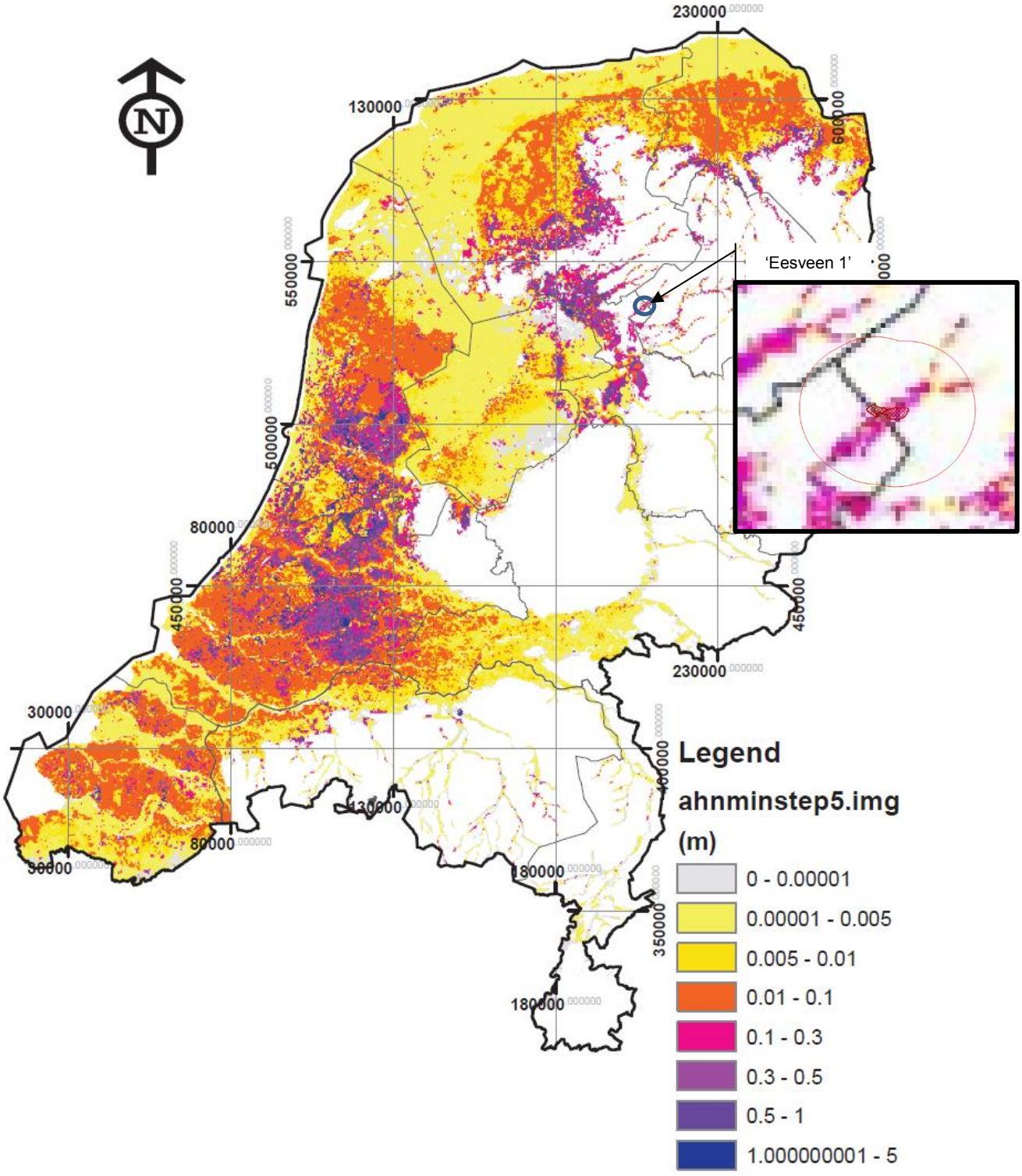
Als het reservoir compacteert op ±2km diepte, zullen ook de lagen erboven een beetje inzakken. Bij dat dalingsproces verdeelt het volume van de compactie zich, zodat aan de oppervlakte een bodemdalingskom ontstaat. De dalingskom heeft de vorm van een heel platte schotel. Aan de randen gaat de daling 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 bodemdaling 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). Boven het Eesveen voorkomen komen waarden van rond de 30 cm over een periode van 50 jaar voor (Figuur 6-2).



Figuur 6-2: Autonome bodemdaling 50 jaar na 2011 (Deltares, ref. 1), schaal in m. De locatie van Eesveen is aangegeven, de inzet geeft een uitvergroting. De rode 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 goedkleuring van de minister van Economische Zaken.

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.

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

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

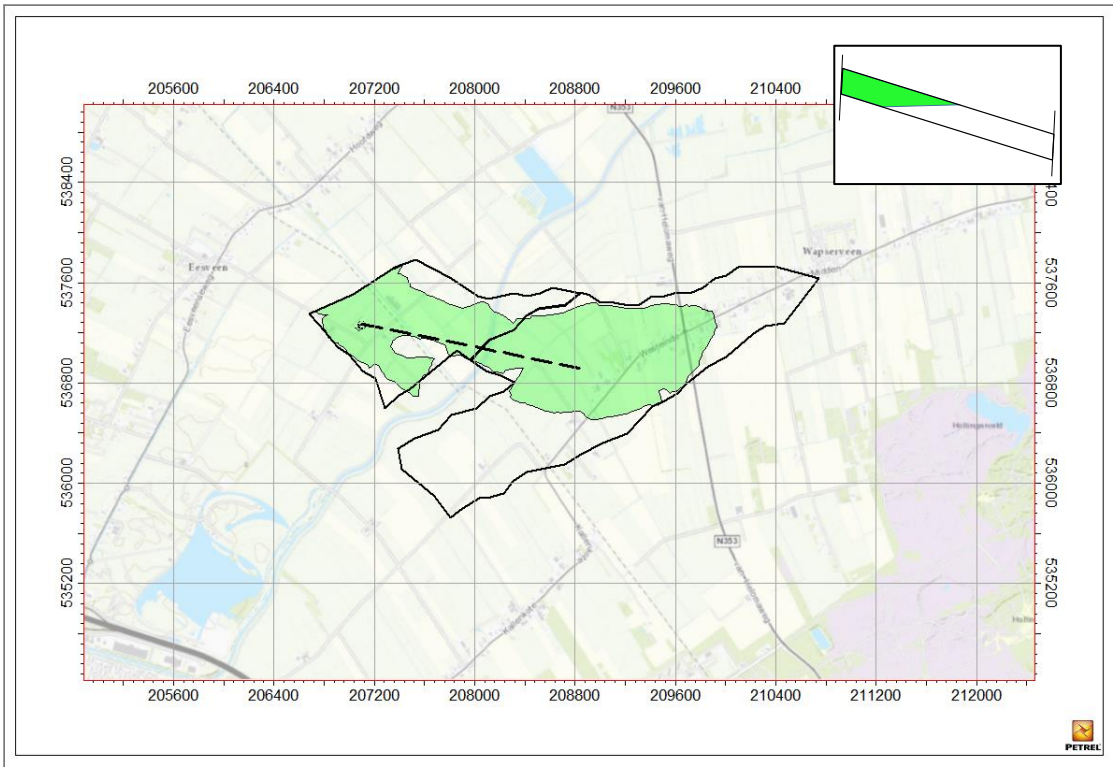
Omdat het diepte-verloop van de lagen alleen indirect gemeten kan worden, en de eigenschappen van de gesteentelagen maar op enkele punten bekend zijn (uit eerdere boringen), zijn er onzekerheden in de voorspellingen voor de grootte van een gasveld. In veel gevallen zal het voorafgaand aan de boring niet 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 niet binnen de in het winningsplan aangegeven grenzen verlopen, dan wordt in overleg met SodM besproken worden hoe daarmee om te gaan. De consequentie zal afhangen van de grootte en de aard van de afwijking. Als nieuwe bodemalingsprognoses de in het winningsplan genoemde verwachte bodemdaling zouden overschrijden, zal een nieuw winningsplan worden opgesteld, en ter goedkeuring aan de minister van Economische Zaken worden voorgelegd.

6.2 Bodemdalingsmodel & historische bodemdaling

De te verwachten bodemdaling is berekend aan de hand van de publicatie van G.H.C. van Opstal (ref. 11). Deze methode is verwerkt in het computer programma MATLAB, volgens een methode die door TNO opgezet is, en door SodM goedgekeurd. Voor de diverse parameters die van belang zijn in de bodemdaling, zoals de compactie-coëfficiënt en de veldcontouren zijn onzekerheidsmarges aangenomen. De resultaten worden door SodM en TNO gecontroleerd.

De veld contouren die gebruikt zijn voor de bodemdaling berekeningen zijn gebaseerd op het gas water contact. Daarnaast is een uitgebreide versie van de veldcontour gebruikt om het effect van een aquifer mee te nemen, waarbij het hele breukblok, inclusief water, is betrokken (Figuur 6-3). Zoals boven is opgemerkt, is er geen zichtbaar effect van de watermassa op het drukgedrag gezien in ESV-01, of verwacht in ESV-02. Daarnaast zijn de gesteente-eigenschappen in het watervoerende deel onbekender dan die in het gasvoerende deel (de meeste putten zijn immers in gas-lagen geboord). Bijgevolg is de uitgebreidheid van het gebied waarin de druk daalt als een onzekerheid meegenomen.



Figuur 6-3: Meenemen van het watervoerende deel in de bodemdaling berekening. De inzet rechtsboven geeft de methode (groen is gas, wit is water in breukblok), de kaart geeft de uitwerking voor Eesveen. Merk op dat het gedrag van ESV-01 consistent is met een afwezig drukeffect van het water (paragraaf 5.2).

Ook voor de andere parameters in de bodemdaling, zoals de compactie-coëfficiënt, zijn onzekerheidsmarges aangenomen.

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.12) laat een vertraging (τ) van ongeveer 3 jaar zien. Dat is in overeenstemming met de ervaringen van Vermilion. Ook deze parameter is met een onzekerheidsmarge meegenomen.

De bodemdalingsberekeningen vormen een combinatie van al deze effecten en onzekerheden. Meer specifiek, is voor een groot aantal parametercombinaties de bodemdaling uit gerekend. Dit geeft een scala aan mogelijke uitkomsten, die tezamen een gemodelleerde waarschijnlijkheidsverdeling vormen. De waarschijnlijkheidsverdeling representeert de onzekerheid in de voorspelling. In de bijlage, Hoofdstuk 15, is de dalingsberekening in meer detail gerapporteerd.

In 2015 is een bodemdalingsmeting gedaan (zie bijlage, hoofdstuk 16). Deze is bedoeld als nulmeting op basis van wat toen als de uitgebreidheid van het voorkomen werd gezien. De meting laat dus nog geen bodemdaling zien ten gevolge van Eesveen productie. Het Eesveen meetplan is geïntegreerd met dat van Nijensleek. In Nijensleek, nu in gebruik als injectielocatie, is de gasproductie in 2006 gestopt. De bodemdaling door Nijensleek is wel te zien in de meting van 2015. De bodemdaling op de 'Eesveen 1' locatie ten gevolge van de productie uit Nijensleek kan daaruit geschat worden op enkele mm. Omdat de productie in Nijensleek al zo lang geleden gestopt is, vindt er boven Eesveen geen verdere daling ten gevolge van Nijensleek plaats.

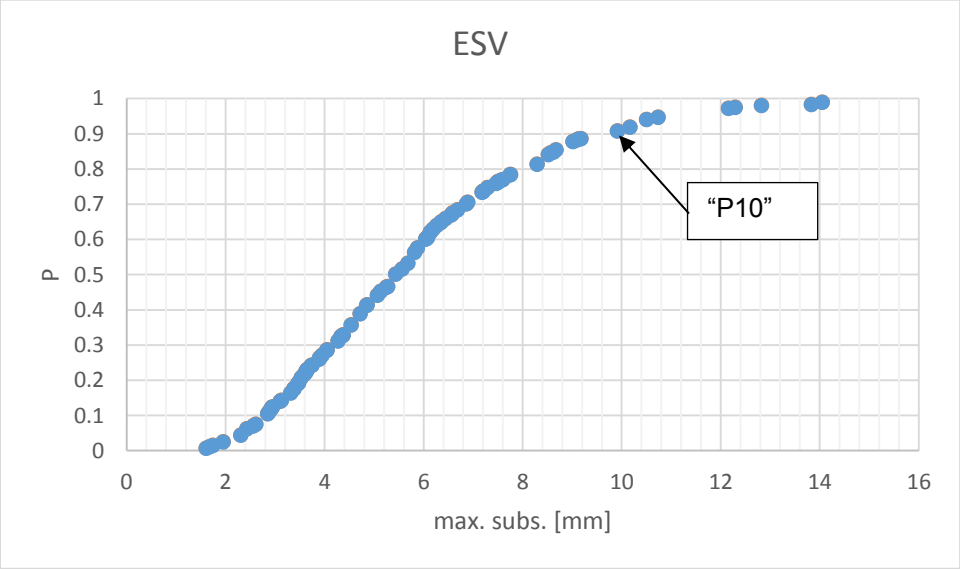
6.3 Bodemdalingsvooruitzichten en -onzekerheid

Met de onzekerheidsmarge wordt alsvolgt 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.

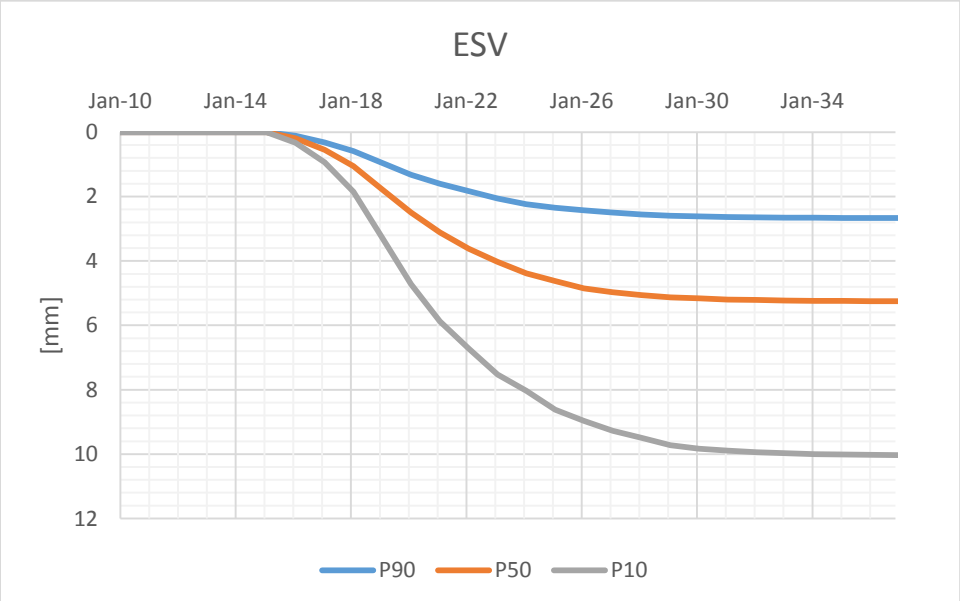
De P10 waarde voor de bodemdaling ten gevolge van winning uit het Eesveen voorkomen is 1 cm op het diepste punt. Zoals besproken, heeft de winning in Nijensleek (die in 2006 gestopt is) ter plaatse

'Eesveen 1' enkele millimeters daling veroorzaakt. Er wordt niet verwacht dat de winning in Eesveen noemenswaardige verdieping van de Nijensleek-dalingskom veroorzaakt.

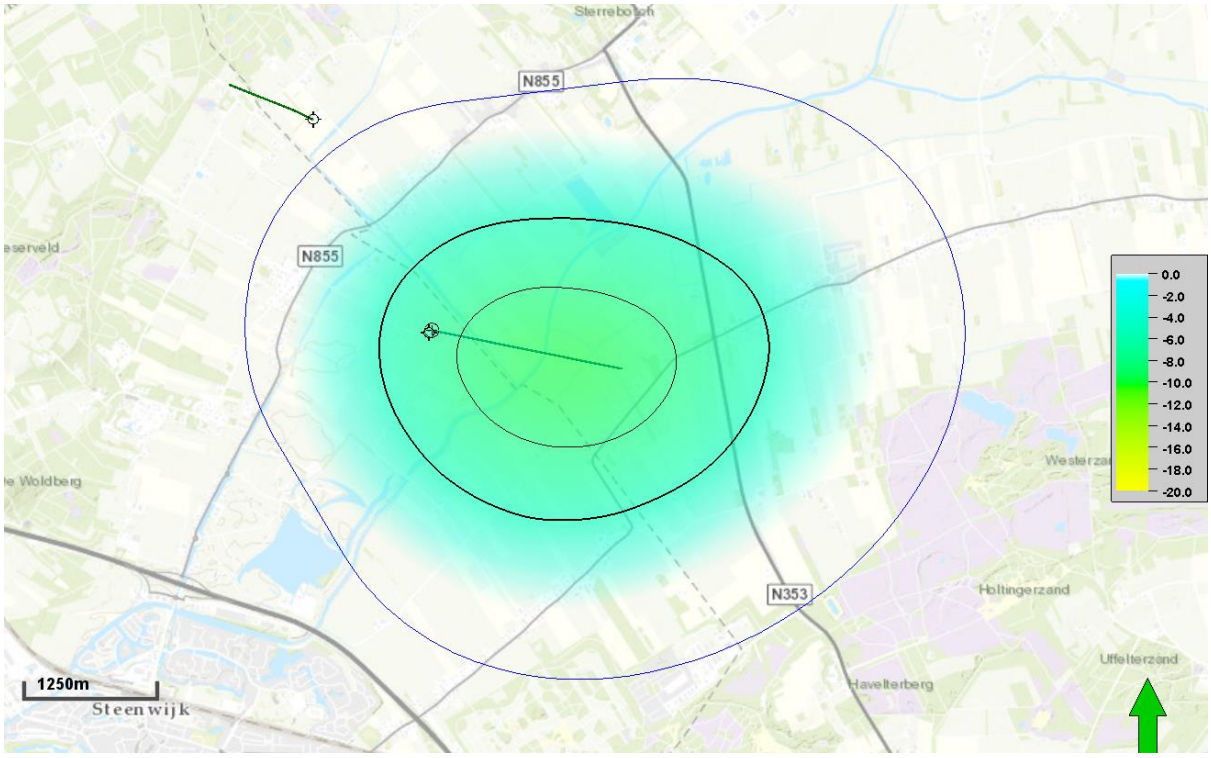
Aan de uiterste noordrand van het Eesveen invloedsgebied zal de uiteindelijke daling ten hoogste (P10) 26 mm zijn, maar hier is het overgrote deel door Nijensleek veroorzaakt, met maar enkele mm bijdrage van Eesveen en Vinkega (Figuur 6-7, Figuur 6-8).



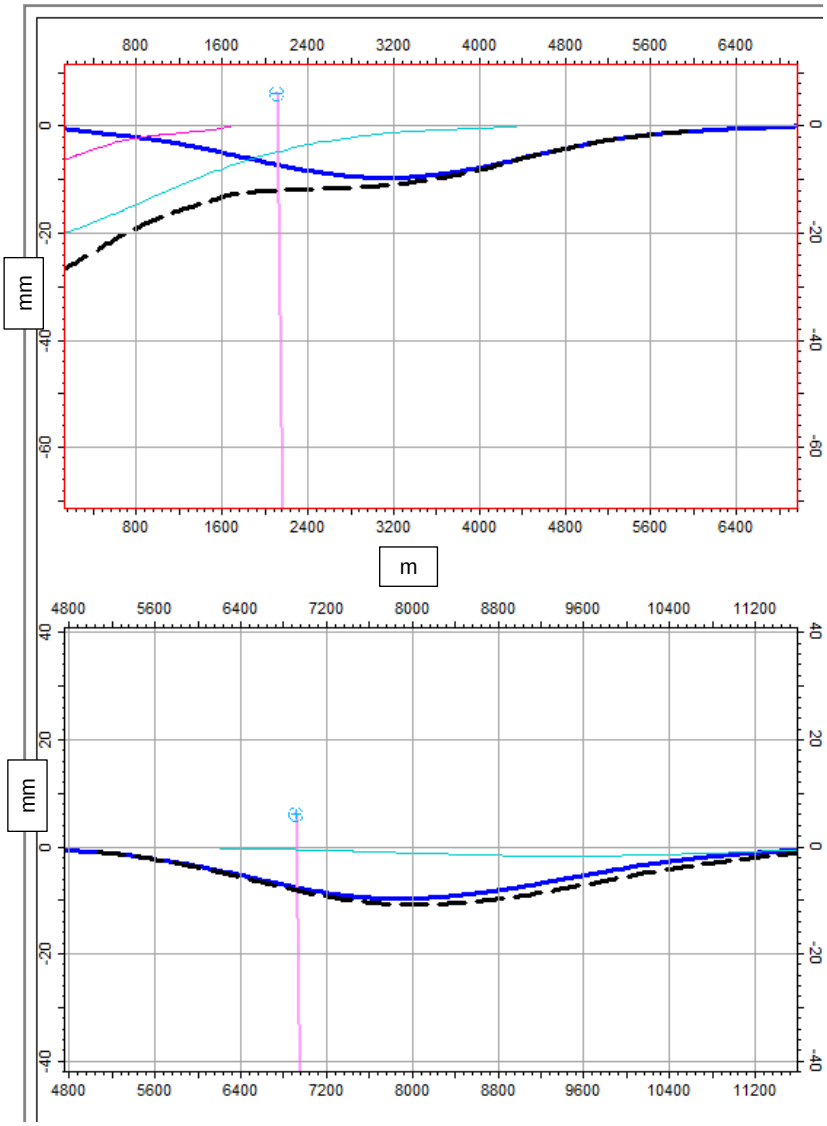
Figuur 6-4 Cumulatieve kansverdeling voor de uiteindelijke Eesveen bodemdaling. De daling blijft met 90% zekerheid onder de 10 mm. Die waarde wordt ook "P10" genoemd.



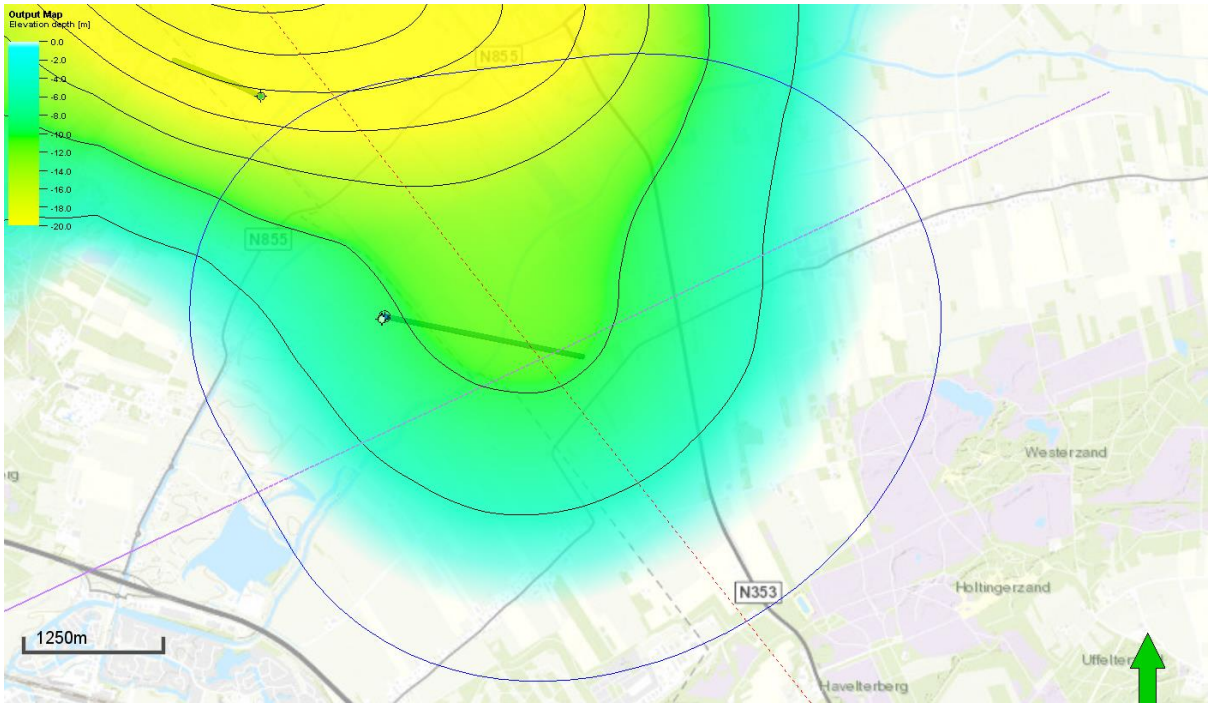
Figuur 6-5 Onzekerheid in het tijdsverloop van de Eesveen bodemdaling. P10 betekent hier een waarde waar de werkelijkheid met 90% zekerheid onderblijft (Figuur 6-5).



Figuur 6-6 Bodemdalingskom (P10) t.g.v. Eesveen winning. De blauwe lijn geeft het invloedsgebied, de kleuren de daling. Schaal is in mm. Contouren zijn 5, 8 mm. De geschetste situatie is die aan het eind van de winning. (Een uitvergrote versie is in de bijlage opgenomen.)



Figuur 6-7 Overlap van de oude Nijensleek dalingskom (lichtblauw) met de verwachte dalingskom voor Eesveen (donkerblauw, P10 schatting). In het uiterste noorden van het Eesveen invloedsgebied is ook nog enkele mm daling ten gevolge van Vinkega te zien (paars). Op het diepste punt van de Eesveen kom was enkele mm daling voordat de Eesveen winning begon. De onderbroken zwarte curve geeft de som van de twee kommen. De bovenste cross-sectie is NW-ZO door de putlocaties Nijensleek (net links van de sectie) naar Eesveen (de ESV-02 put is afgebeeld), de onderste is ZW-NO. Verticale schaal is sterk uitvergroot, in mm. De geschetste situatie is die aan het eind van de winning.



Figuur 6-8 Overlap van de oude Nijensleek dalingskom met de verwachte dalingskom voor Eesveen. Op het diepste punt van de Eesveen kom was enkele mm daling voordat de Eesveen winning begon. (vgl. Figuur 6-6). Schaal in mm, contouren 5, 8, 11, 14, 17 mm. De geschetste situatie is die aan het eind van de winning. De paarse & rode lijnen geven geeft de secties aan waarlangs Figuur 6-7 is gemaakt.

6.4 Monitoring van bodemdaling

Het monitoren van bodemdaling gebeurt door een vlakdekkende waterpasmeting uit te voeren. Het meetplan Nijensleek-Eesveen is een uitbreiding van dat voor Nijensleek, en wordt verder uitgebreid ten behoeve van Eesveen-02.

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

Een nulmeting is verricht in 2015, en gedeeld met SodM.

6.5 Mogelijke gevolgen van de verwachte bodemdaling

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel, die met het oog niet te zien is. Die schotel heeft een zeer geringe helling, van de orde 5 mm over een kilometer. De daling komt ook heel geleidelijk tot stand (iets meer dan 1 mm per jaar op het diepste punt). Daarom worden geen nadelige gevolgen verwacht voor gebouwen, infrastructuur, en voor natuur en milieu.

Bij de geringe dalingen die hier verwacht worden, wordt ook niet verwacht dat de bodemdaling significante gevolgen heeft voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen, en van het waterpeil.

6.6 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.

Mochten de dalingsmetingen die volgens het meetplan uitgevoerd worden, afwijken van de voorspelde waarden, dan zal gehandeld worden als hierboven beschreven.

Indien als gevolg van bodemdaling door gaswinning toch schade ontstaat, dan zal deze worden vergoed overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht.

7 Bodemtrilling

De seismische risicoanalyse laat zien dat het Eesveen 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 reservoir-gesteente door druk-daling, ontstaan er dus 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, terwijl natuurlijke bevingen over het algemeen een veel dieper hypocentrum hebben.

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

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

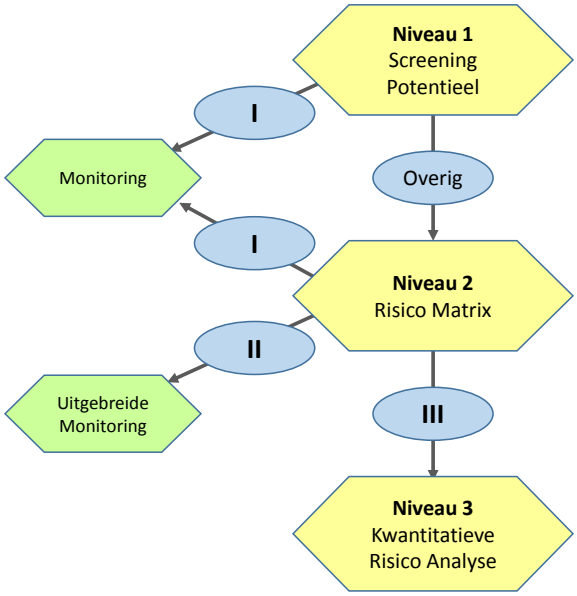
Naast de ondergrond-situatie, wordt in dat protocol ook de situatie aan het oppervlak bekeken. De aard van de bebouwing en infrastructuur in de omgeving van het veld wordt meegewogen. Bij de effecten die aan de oppervlakte merkbaar zijn, speelt niet alleen de sterkte en de diepte van de beving een rol,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

7.2 Historische bevingen in de voorkomens van dit winningsplan

Er zijn geen bevingen boven of in het Eesveen voorkomen geweest.

7.3 Seismische Risico Analyse

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



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

In de eerste stap (Niveau 1) wordt eerst gekeken naar de kans op een trilling (met een magnitude groter dan 1.5 op de schaal van Richter). Daarbij wordt gekeken naar de breuk-configuratie in het veld, 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 veld 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 veld in Categorie-II worden ingedeeld. In Categorie-II worden extra eisen aan de monitoring gesteld, en moet een (generiek) beheersplan zijn opgesteld.

Het resultaat van het doorlopen van deze methodiek voor het Eesveen voorkomen, is dat de kans op een beving (met een magnitude groter dan 1.5) 42% is. De maximale kracht van zo'n beving wordt op minder dan 2.5 geschat.

Het Eesveen voorkomen valt dus in de seismische risico Categorie-I, die de laagste risico categorie is. Een Niveau-2 analyse is niet nodig.

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

7.4 Monitoring van bodemtrillingen

Het monitoren van de seismische activiteit rondom het Eesveen 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 aan openbare infrastructuur door bevingen ten gevolge van gaswinning

Omdat de maximale sterkte van de bevingen klein is, wordt er geen significante schade aan infrastructuur verwacht (zie ook Ref 7).

7.5.2 Schade aan bouwwerken door bevingen ten gevolge van gaswinning

Omdat de maximale sterkte van de bevingen klein is, wordt er geen significante schade aan gebouwen verwacht. (Zie ook Ref 10 en Ref 8, Ref 9)

7.5.3 Schade aan natuur en milieu door bevingen ten gevolge van gaswinning

Schadelijke effecten op natuur en milieu door bevingen ten gevolge van gaswinning worden niet verwacht.

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

Gezien de indeling in categorie I, door de lage maximaal realistische bevingsmagnitude, wordt er geen schade van betekenis verwacht, en voorziet het productieproces niet in maatregelen om trillingen te voorkomen of te beperken.

Indien als gevolg van bodemtrillingen door gaswinning toch schade ontstaat, dan zal deze worden vergoed overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht.

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)	MER(beoordeling) omgevingsvergunning milieu
Grondwaterverontreiniging	MER(beoordeling) omgevingsvergunning milieu
Oppervlaktewaterverontreinigin g	MER(beoordeling) omgevingsvergunning milieu evt. Watervergunning
Externe veiligheid	MER(beoordeling) omgevingsvergunning milieu
Natuur	MER(beoordeling) Wet Natuurbescherming

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

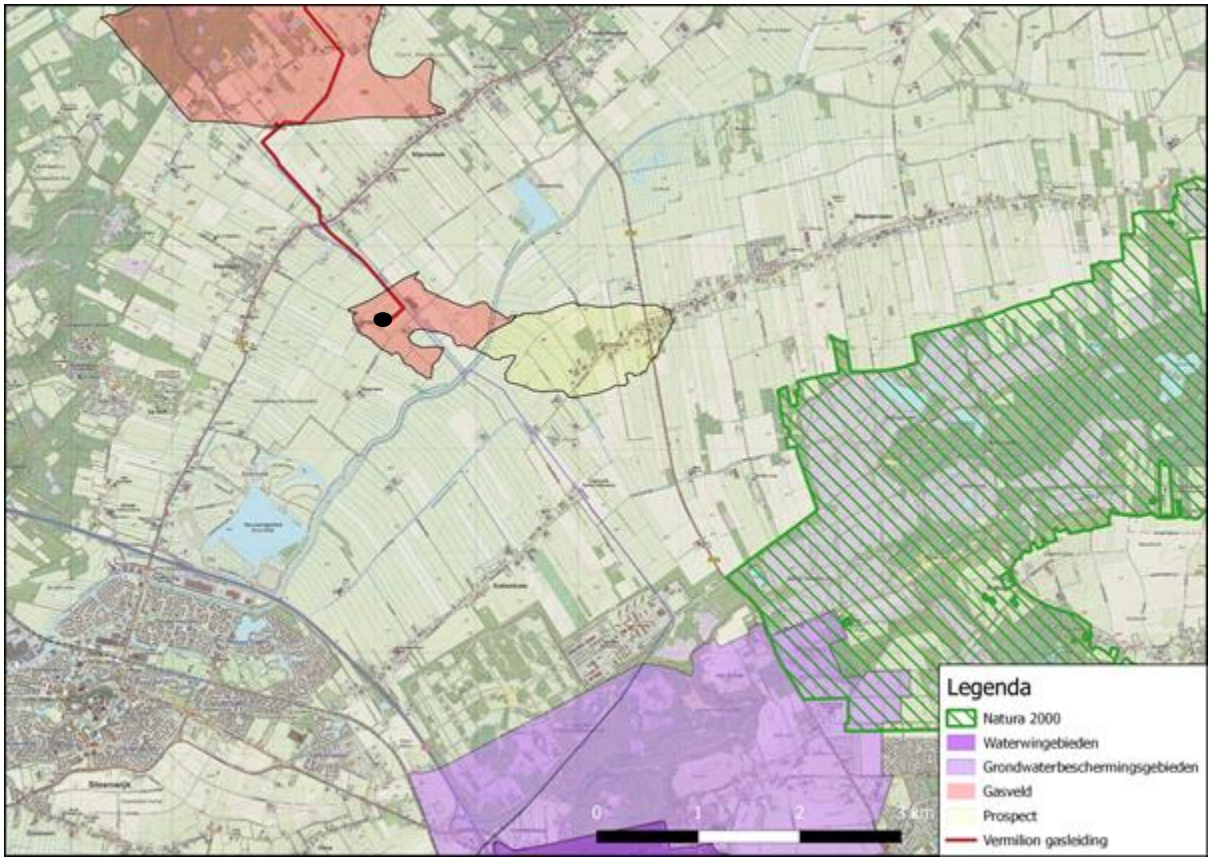
8.6 Natuur

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 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 Locatie 'Eesveen 1'

De locatie 'Eesveen 1' bevindt zich op ruim 3 km van Natura 2000 gebied, en ruim 3 km van grondwaterbeschermingsgebied (Figuur 8-1). In het kader van de Omgevingsvergunning zijn de mogelijke effecten op deze gebieden onderzocht. Ook de in paragraaf 8.2 - 8.6 genoemde aspecten zijn in het kader van de Omgevingsvergunning onderzocht en beoordeeld.



Figuur 8-1 Overzicht van ligging van de deelvoorkomens ten opzichte van waterwingebieden en Natura-2000 gebieden. De 'Eesveen-1' locatie is in zwart gemarkeerd, het ESV-01 deelvoorkomen in roze, het ESV-02 deelvoorkomen in geel. Het voorkomen in het noordwesten is Nijensleek, uitgeproduceerd sinds 2006.

'Eesveen 1' is een bestaande mijnbouwlocatie. De vigerende vergunning is de Omgevingsvergunning met het kenmerk DGETM-EM / 14213221, verleend op 29 december 2014.

In procedure is een omgevingsvergunning voor een milieu-neutrale wijziging, om mogelijk te maken dat na het boren van de put ESV-02 deze kan produceren via de bestaande productiefaciliteiten, ingediend op 17 november 2016,

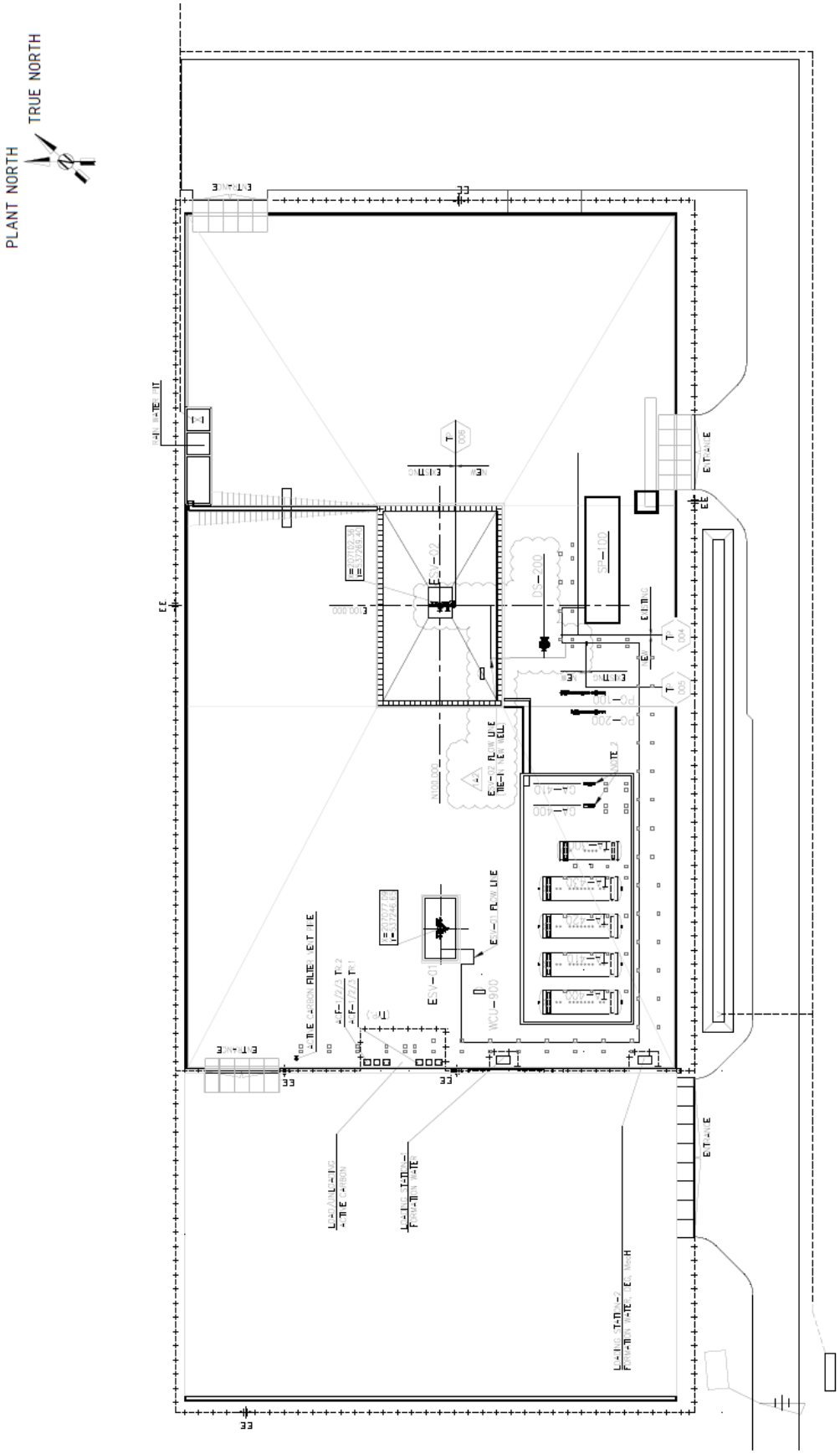
9 Verklarende woordenlijst

Aquifer	Watervoerend deel van het reservoir. Dat kan naast en/of onder het gasvoerende deel gelegen zijn.
Cm	Uniaxiale compactie-coëfficiënt; mate van samendrukbaarheid van het gesteente
Compactie	Het samendrukken van het reservoirgesteente als door productie de druk van de vloeistof in de poriën daalt, en onvoldoende tegenwicht geeft aan het gewicht van bovenliggende gesteenten.
Compressibiliteit	Samendrukbaarheid
Depletie	Drukdaling door het onttrekken van gas (of olie of water) uit reservoirgesteente
ESV	Eesveen
EZ	Ministerie van Economische Zaken
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 (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. 16)
NSL	Nijensleek
Permeabiliteit	De mate waarin een (poreuze) vaste stof een andere stof (gas of vloeistof) doorlaat. Indien een materiaal een andere stof niet doorlaat heet het materiaal voor die stof impermeabel.
Porositeit	Verhouding tussen het poriënvolume en het totale volume van het gesteente.
RD coördinaat	Coördinaten in het topografische kaartmateriaal zijn vermeld in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting (RD). De auteursrechten en databankrechten zijn voorbehouden aan de Topografische Dienst Kadaster, Emmen, 2006
SodM	Staatstoezicht op de Mijnen
SRA	Seismische Risico Analyse
TCBB	Technische Commissie Bodembeweging
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
VEN	Vermilion Energy Netherlands B.V.
Vermilion	Vermilion Energy Netherlands B.V.

10 Referenties

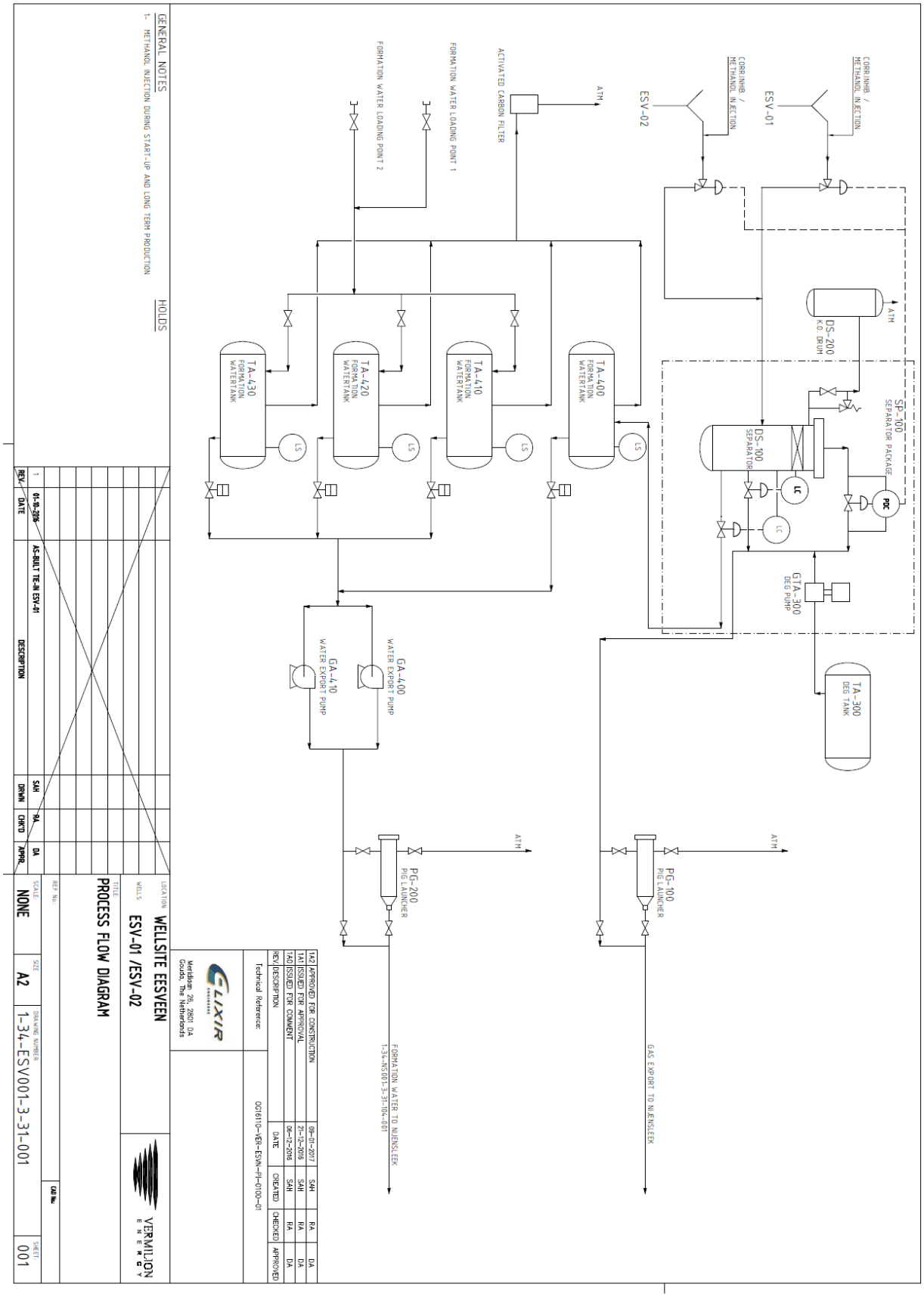
1. Deltares, *Bodemdalingskaarten*, 2011.
2. TCBB, *Industrieleidraad ter Geodetische bepaling van bodembeweging als gevolg van mijnbouwactiviteiten*, 2014.
3. TNO, *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland*, 2004 (NITG 04-171-C),
4. TNO, *Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit in Nederland*, update 2012 (R10198).
5. SodM, *Methodiek voor Risico-Analyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning* (Tijdelijke Leidraad), Februari 2016.
6. TNO, *Seismiciteit onshore gasvelden Nederland*, 2016 (R10164).
7. *Schade aan buisleiding door aardbeving, fase 1 inventarisatie*, Deltares Project report 1001649-000, 2010.
8. *Seismisch hazard van geïnduceerde aardbevingen Integratie van deelstudies*, Wassing, B.B.T. (TNO) & Dost, B. (KNMI), Report nummer TNO 2012 R11139, 24 december 2012.
9. *De relatie tussen schade aan gebouwen en lichte, ondiepe aardbevingen in Nederland: inventarisatie*, TNO Rapport 97-CON-R1523-1, door Van Staalduinen & Geurts, 1998.
10. *Seismisch Risico in Noord-Nederland*, Th. de Crook & H.W. Haak & B. Dost, februari 1998, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Afdeling Seismologie
11. 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
12. Nederlands Aardolie Maatschappij, *Bodemdalingsrapport Noord-Nederland*, 2015
13. *Geology of the Netherlands,* Wong et al. (eds), Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2007 / Amsterdam University Press, 2007
14. *Meetregister bij het meetplan Nijensleek, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Nijensleek 2015*; projectnr. 262444, revisie 00; 4 mei 2015; Antea Group
15. *Analyse bodemdaling De Hoeve, Vinkega, Nijensleek;* Vermilion, 2017
16. *Physical Properties of Natural Gases*, Nederlandse Gasunie, 1988

11 Bijlage: Plattegrond ‘Eesveen-1’ Locatie



OG16110-VER-ESVN-DW-0301-Rev 1A2

12 Bijlage: Proces-stroomdiagram van de Eesveen aardgaswinningslocatie



13 Bijlage: Detailschema putverbuizing

VERMILION	FIELD : Steenwijk	WELL : ESV 1
RT/TH : 8.16m. COMPLETION DATE : 30-06-1989	ANNULUS FLUID : 1.19 SG INHIBITED SODIUM BRINE	
VOLUMES	DRILLING DEPTHS / RT	
TUBING : 8.2 m3	13 3/8" CSG SHOE 1346 m	
ANNULUS 55.4 m3	9 5/8" CSG SHOE 1685 m.	
HOLE : 72.5 m3	7" LINER FROM 1633 TO 2174 m.	

X-MASTREE

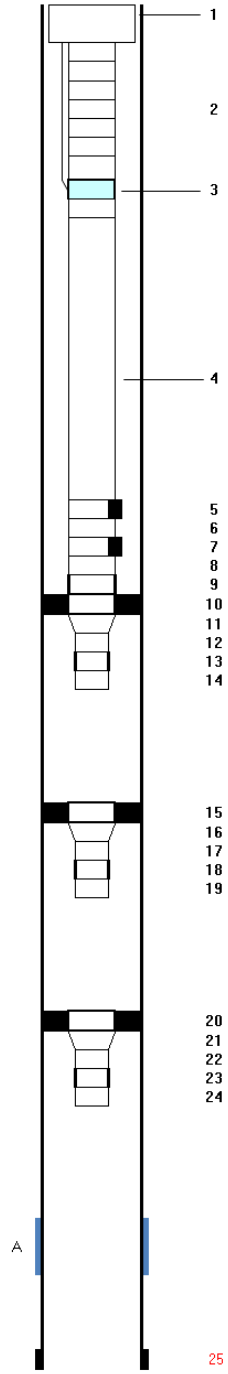
TUBING HEAD	SRT
TUBING HANGER	SRT HEAD RAM SIZE 6.1/4" , 3.1/2" NEW VAM
X-MAS TREE	4.1/16" 10 k MONOBLOCK
SRT CAMERON	4.1/16 10k TOP FLANGE, WING OUTLETS

STRING

ITEM	QTY	DESIGNATION	L / M	Depth/TH bottom of item	ID/in
1	1	SRT TUBING HANGER WITH 3" CIW-H BPV PROFILE		0,00	2,996
2	10	3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		96,00	2,922
3	1	3.1/2" OTIS SCSSSV LN 2.75"		97,00	2,750
4		3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		1875,00	2,992
5	1	SPMA CAMCO DUMMY VALVE 1		1876,00	2,992
6	1	3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		1887,00	2,922
7	1	SPMA CAMCO SHEARDISC 270 BAR 1"		1888,00	2,992
8		3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		1893,00	2,922
9	1	3.1/2" OTIS X LN NEW VAM CR 9		1894,00	2,750
10	**1**	**7"BAKER PACKER 84DAB-40 WITH ANCHOR SEAL**		**1899,00**	**3,500**
11	1	5" MILL OUT EXTENSION 15 LBS/FT NEW VAM 5" TO 3.1/2" X OVER		1902,50	4,000
12	1	3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		1907,00	2,922
13	1	3.1/2" OTIS X LN NEW VAM CR 9		1908,00	2,750
14	1	2,75" WIRE LINE ENTRY GUIDE		1909,00	2,750
15	**1**	**7"BAKER PACKER 84DAB-40**		**1964,00**	**3,500**
16	1	5" MILL OUT EXTENSION 15 LBS/FT NEW VAM 5" TO 3.1/2" X OVER		1968,00	4,000
17	1	3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		1972,00	2,922
18	1	3.1/2" OTIS X LN NEW VAM CR 9		1973,00	2,750
19	1	2,75" WIRE LINE ENTRY GUIDE		1974,00	2,750
20	**1**	**7"BAKER PACKER 84DAB-40**		**1980,00**	**3,500**
21	1	5" MILL OUT EXTENSION 15 LBS/FT NEW VAM 5" TO 3.1/2" X OVER		1982,00	4,000
22	1	3.1/2" TUBING, 10.2 LBS/FT, L80 NEW VAM		1988,00	2,922
23	1	3.1/2" OTIS X LN NEW VAM CR 9		1989,00	2,750
24	1	2,75" WIRE LINE ENTRY GUIDE		1990,00	2,750
25	**1**	**TOP CEMENT PLUG**		**2141,00**	-

PERFORATIONS / RT

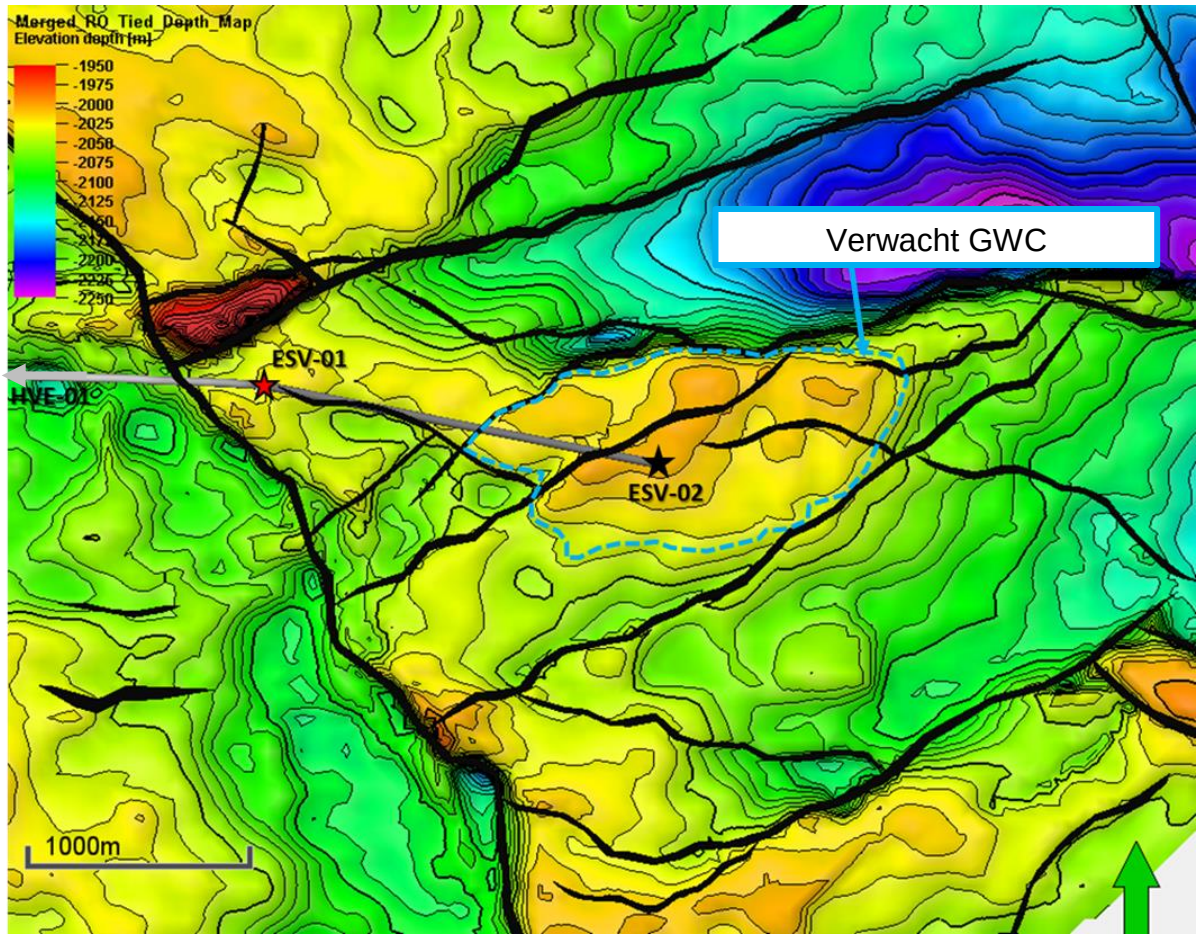
Perfs		
A		2039,9 TO 2043,9 M/RT



NORM CLASSIFIED : NO

DEVIATION : 2 DEG

14 Bijlage: Geologische kaart



Figuur 14-1 Kaart van het ESV voorkomen, met de ESV-01 put, en de geplande gedevieerde ESV-02 put. Het pad van Havelte-01 put (HVE-01) is links-midden te zien Het verwachte gas-water-contact (GWC) dat de uitgebreidheid van het voorkomen aangeeft, is weergegeven.

15 Bijlage: Analyse en Berekening Bodemdaling Meetplan Eesveen

Zoals hierboven uitgelegd staat, leidt productie tot drukdaling (d*p*), drukdaling tot compactie (d*h*) die aan de (depleterende) hoogte *h* gerelateerd is via de compactie-coëfficiënt C_m:

$$dh = C_m * h * dp$$

Compactie leidt vervolgens tot bodemdaling. De modellering van dit proces is gedaan conform de methode van Van Opstal (ref. 11). In de berekening is de bodemdaling als gevolg van de productie van ESV-01 en ESV-02 meegenomen. De overlap met dalingskommen ten gevolge van naburige winningen is bekeken.

Er treedt een vertraging op tussen productie en bodemdaling. Die is het gevolg van een aantal factoren, zowel in het reservoir zelf (bijv. kruip), en daarboven (ref. 12). Daarom is het nodig de tijdafhankelijkheid specifiek te modeleren. Daarvoor is een tijd-convolutie met een eerste-orde (of 'time decay') functie gebruikt, waarbij de cumulatieve productie als proxy voor de daling van de gemiddelde druk is gebruikt.

Ook het gesteente onder het reservoir wordt in principe 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. Gezien de geologische setting, wordt een rigid basement factor van 1.05 genomen voor Slochteren en Zechstein reservoirs, en 1.2 voor Vlieland zandsteen.

Voor elke onzekere invoer-parameter is de onzekerheid gerepresenteerd door 2-3 waarden mee te nemen (zie de tabellen hieronder). Bij de bepaling van de mogelijke waarden zijn eerdere ervaringen in analoge Vermilion velden gebruikt, en ook gerapporteerde NAM waarden (2015, ref. 12). De bodemdaling is vervolgens voor alle parametercombinaties uitgerekend, en aan alle combinatie-realisaties is een kans toegekend conform de kansen in de onderstaande tabellen. Het resultaat is een kansverdeling zoals in Figuur 6-4. Figuur 6-5 geeft de corresponderende onzekerheid voor het tijdsverloop. Bij het optellen van de dalingen door deelvoorkomens is rekening gehouden met het niet volledig samenvallen van de centra van de dalingskommen.

Om een conservatieve schatting te geven, is het gebruikelijk de zgn. P10 waarde te gebruiken. Dat is de waarde die met 90% zekerheid niet overschreden wordt. De getallen die in dit winningsplan vermeld worden en de kaarten (Figuur 6-6) zijn gebaseerd op een realisatie die tot zo'n conservatieve P10 daling leidt. Deelvoorkomens zijn deterministisch opgeteld (dat wil zeggen dat de P10 van het geheel bepaald is door de P10 van de delen op te tellen).

In het Eesveen-Nijensleek meetplan is in 2015 een meting gedaan. Deze meting gaf nog geen bodemdaling ten gevolge van Eesveen winning (de meting was bedoeld als nulmeting, dus dat werd ook niet verwacht). Wel gaf de meting dat de uiteindelijke bodemdaling in Nijensleek, waar de productie in 2006 gestopt is, een waarde heeft van ong. 18 mm in het diepste punt van de Nijensleek dalingskom. De metingen kwamen goed overeen met het model in de richting van Eesveen. Daarom kan geconcludeerd worden dat de daling in 'Eesveen 1' t.g.v. Nijensleek enkele mm bedraagt.

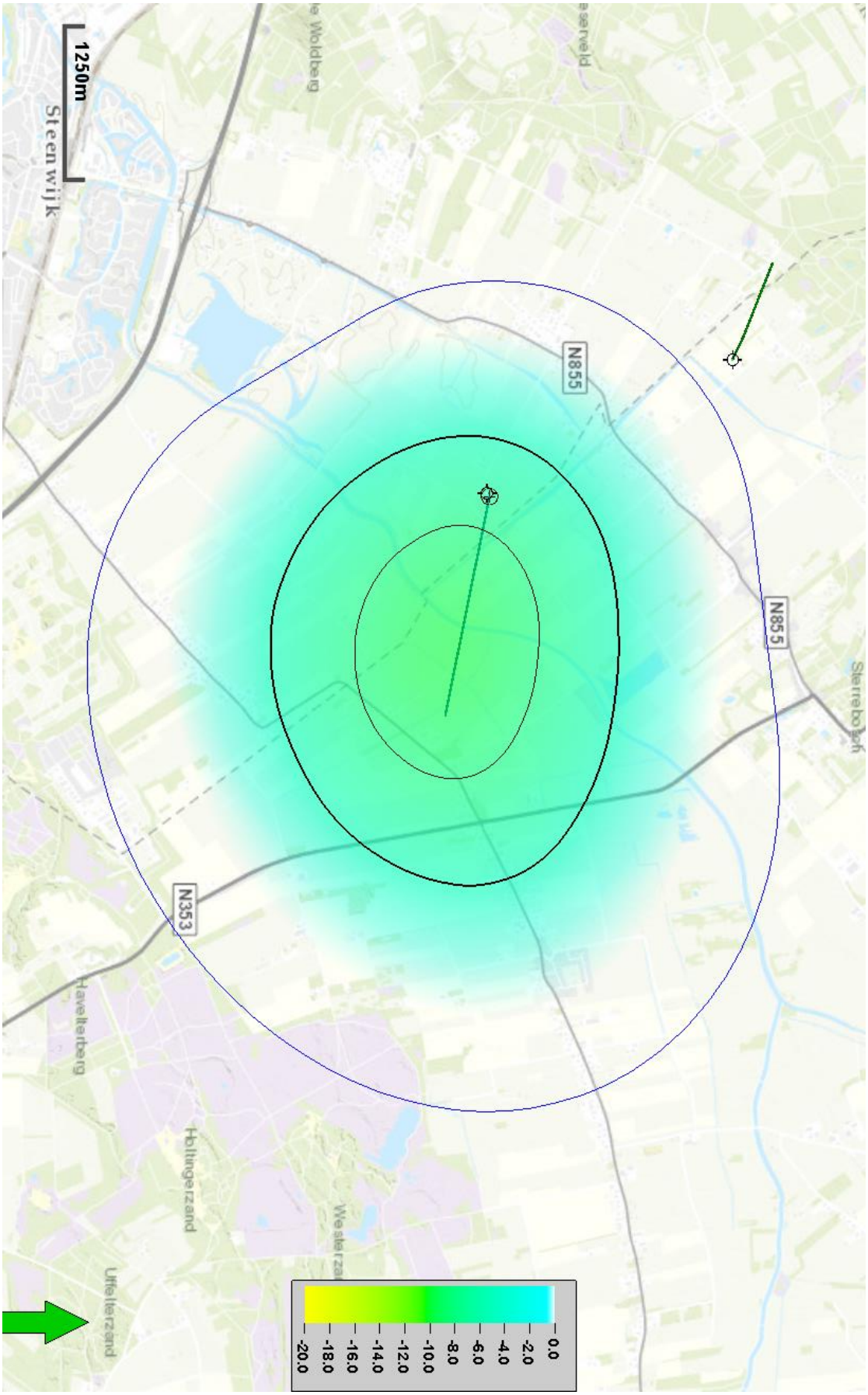
Er wordt omgekeerd nauwelijks een bijdrage van Eesveen op de Nijensleek locatie verwacht, omdat de Eesveen kom kleiner is dan de Nijensleek kom. Dat heeft te maken met het iets stijvere gesteente in Eesveen (Slochteren), met de verschillende dikte, en met de verschillende uitgestrektheid van de twee voorkomens.

Tabel 15-1 Bodemdalings-parameters gebruikt voor het ESV-01 breukblok

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	P_v	Gas area	Full fault block		[bar]	50%	50%		No water impact observed in ESV-01 pressures
Virgin Pressure	P_v	235			[bar]	100%			Pressures measured in ESV-01
Abandonment Pressure	P_a	50	15		[bar]	50%	50%		Non-zero chance of water limiting production (perforation is close to GWC)
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			Some uncertainty, but low impact
Depth of the Formation	z	2045			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	0.000004	0.000006	0.000008	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	16	23	26	[m]	30%	40%	30%	Range inferred from surrounding wells
Rigid Basement Factor	RB	1.001	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited)
Tau	τ	2	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	

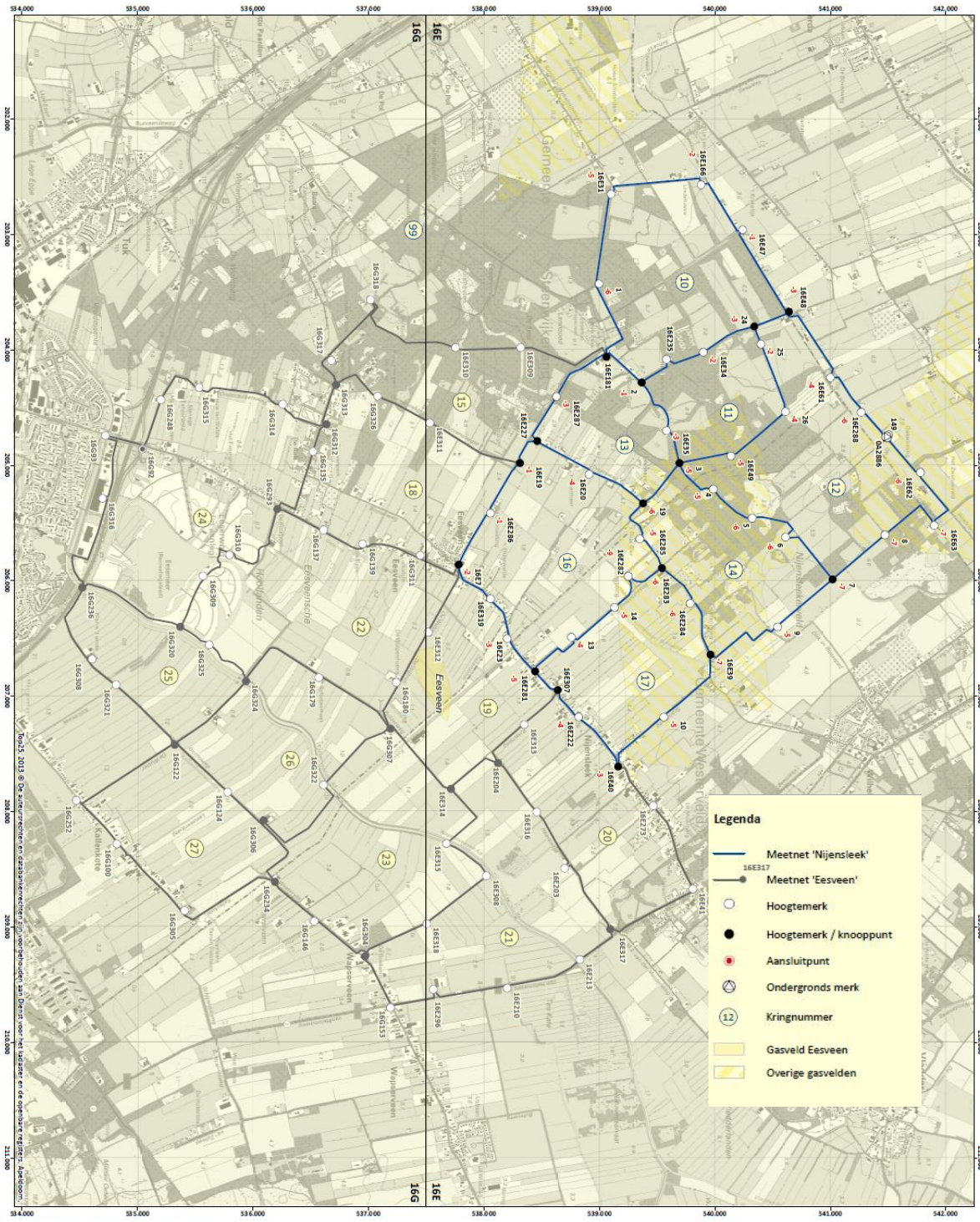
Tabel 15-2 Bodemdalings-parameters gebruikt voor het ESV-02 breukblok

		Values				Realization Probabilities			
Name	**Symbol**	**L**	**M**	**H**	**Unit**	**L**	**M**	**H**	**Comment**
Depleted area	P_v	Gas area	Full fault block		[bar]	50%	50%		No water impact observed in ESV-01 pressures
Virgin Pressure	P_v	230			[bar]	100%			Pressures measured in ESV-01
Abandonment Pressure	P_a	75	15		[bar]	50%	50%		Non-zero chance of water limiting production (perforation is close to GWC)
Poisson's Ratio	ν	0.25			[-]	100%			Some uncertainty, but low impact
Depth of the Formation	z	2035			[m]	100%			Uncertainty low compared to depth
Oedometric Compressibility	C_m	0.000004	0.000006	0.000008	[1/bar]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Depleting Height	h	8.8	16	23.2	[m]	30%	40%	30%	Range inferred from surrounding wells
Rigid Basement Factor	RB	1.001	1.05	1.1	[-]	30%	40%	30%	Some uncertainty (impact is limited)
Tau	τ	2	3	5	[y]	30%	40%	30%	Range e.g. from NAM report (2015)
Production Profile		L profile	M profile	H profile	[-]	30%	40%	30%	



Figuur 15-1 Uitvergroting van Figuur 6-6, zie daar voor legenda [schaal in mm].

16 Bijlage: Meetnet Eesveen



Figuur 16-1: Overzicht meetplan Nijensleek-Eesveen. De uitbreiding in 2015 naar Eesveen (ten SW van Nijensleek) is ook op de kaart weergegeven (zie ref. 14). Een verdere uitbreiding t.b.v. Eesveen-02 is in ontwerp.

17 Bijlage: Seismische Risico Analyse: Details en Achtergronden

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

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

17.1 Algemeen kader voor Seismische Risico Analyse

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

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

Niveau 1: Screening Potentieel
In deze stap wordt het potentiele vermogen van het gasveld 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 velden 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: $P_h = 0.42 \pm 0.08$
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: $P_h = 0.19 \pm 0.05$
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
$\Delta P/P_{ini} < 28\%$	Verwaarloosbare kans

De grenswaarde voor de drukval als gevolg van gaswinning waaronder geen geïnduceerde bodemtrillingen zijn gemeten, is 28% van de initiële reservoirdruk. De drukval in het Eesveen-voorkomen zal deze grenswaarde overschrijden.

Voor wat betreft de breuken, de B factor is berekend op 4.35. De gesteente-stijfheid is verwerkt in de E factor, die is berekend op 1.79 (Tabel 17-2).

Hierdoor valt het Eesveen voorkomen in de categorie 42%. Het is dus nodig de maximaal realistische magnitude te schatten. Een eerste schatting voor de hoeveelheid energie die vrijkomt bij een beving, en daarmee de sterkte van een beving, gaat ervanuit dat die schaalt met het breukoppervlak dat beweegt. De grootte van een breuk is daarmee limiterend voor de sterkste beving die op die breuk kan plaatsvinden. Deze schatting wordt gegeven door (Kanamori, 2001; Stein en Wysession, 2006; zie Ref. 5):

$$M_0 = \frac{3\pi}{8}\Delta\sigma(w^2 L)$$

Hierin is M_0 het seismisch moment (maat voor de hoeveelheid energie) die bij een beving vrijkomt, $\Delta\sigma$ stress drop, oftewel de spanning die tijdens een beving wordt gerelaxeerd, w de hoogte en L de lengte van de breuk. Uit de literatuur volgt dat 5 MPa een bruikbare waarde voor $\Delta\sigma$ is.

Een tweede schatting gaat uit van de door compactie opgebouwde energie. Op basis van Kostrov (1974) hebben Bourne et al. (2014) voor Groningen afgeleid (zie Ref. 5):

$$M_{0,T}(t) \cong \frac{4\mu}{3}\alpha|\Delta V(t)|$$

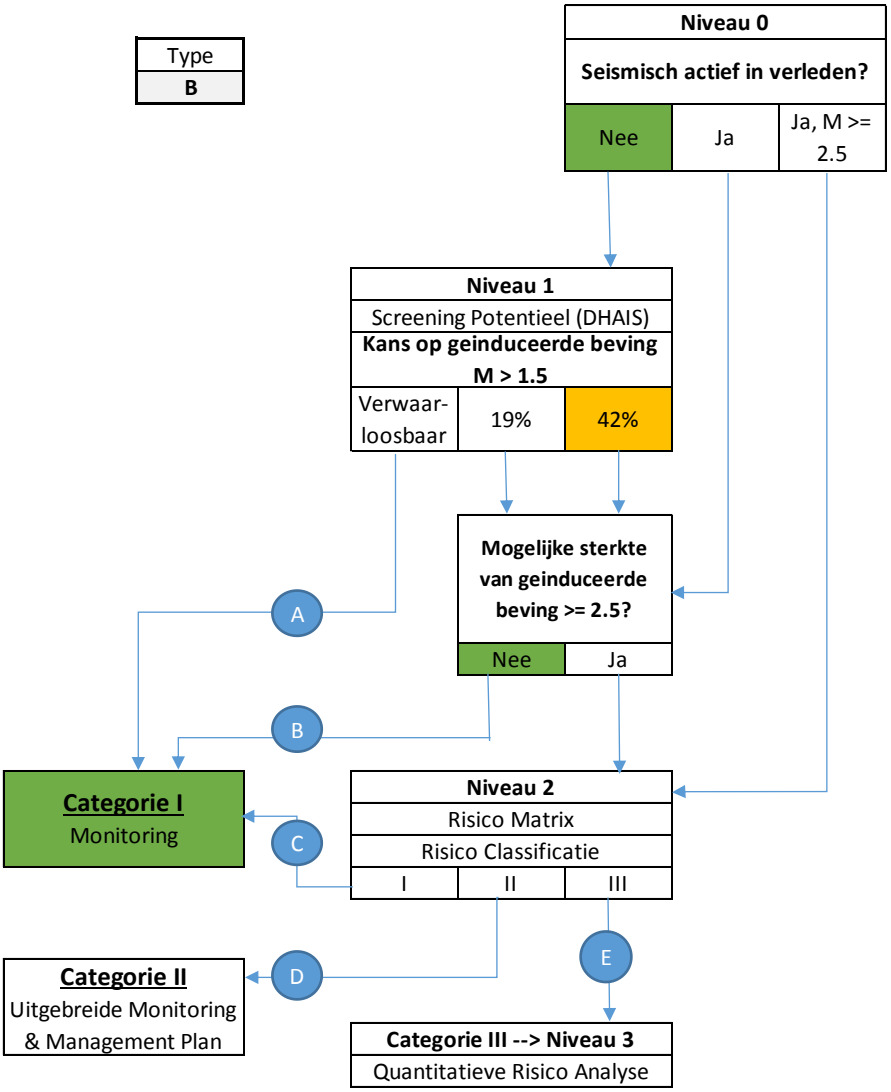
Hierin is M_0 het seismisch moment is dat maximaal vrij kan komen, μ de schuifmodulus en ΔV de volume verandering in het reservoir ten gevolge van de compactie door gasonttrekkking. De fractie van de door compactie opgebouwde energie die seismisch vrij kan komen wordt gegeven door de zogenaamde partitiecoefficient α. Uit de literatuur volgt dat 0.01 een redelijke waarde voor α is (Ref. 5).

De relatie tussen het seismisch moment M_0 en de magnitude M van een beving wordt gegeven door (Hanks and Kanamori, 1979 zie Ref. 5):

$$log_{10}\, M_0 = 9.1 + 1.5M$$

De uitkomst van deze twee schattingen voor het Eesveen voorkomen is een bovengrens van 2.3 (Tabel 17-2). Op grond van de maximaal realistische magnitude is een niveau 2 analyse is dus niet noodzakelijk.

De conclusie is dus dat het Eesveen voorkomen in Categorie I valt. Deze conclusie is schematisch weergegeven in Figuur 17-1.



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

Tabel 17-2 Parameters voor SRA voor het Eesveen voorkomen

Depth (GWC)	[mTVDss]	2045
Initial pressure	[bar]	225
Dp/Pini	[-]	93%
Total Fault Length	[m]	15323
Longest Fault	[m]	3548
Area @ GWC	[km2]	1.95
H	[m]	20
B factor	**[-]**	**4.35**
Data sources E		APS-02 RO
		APS-02 ZEZ1
		WIT-03 ROSL
		WIT-03 ZEZ1
Overburden, Vp	[m/s]	5304.56
Overburden, Vs	[m/s]	2963.54
Overburden, rho	[kg/m3]	2796.40
Reservoir, Vp	[m/s]	4053.73
Reservoir, Vs	[m/s]	2435.87
Reservoir, rho	[kg/m3]	2435.84
Static E Overburden	[GPa]	39.70
Static E Reservoir	[GPa]	22.20
E factor	**[-]**	**1.79**

Historic Seismicity?		N
Mmax_hist		0
Num events > 1.5		0

Height of largest fault	[m]	20
Poisson Ratio Reservoir	[-]	0.217
Mmax	*(frac)*	**1.9**
	(comp)	**2.3**

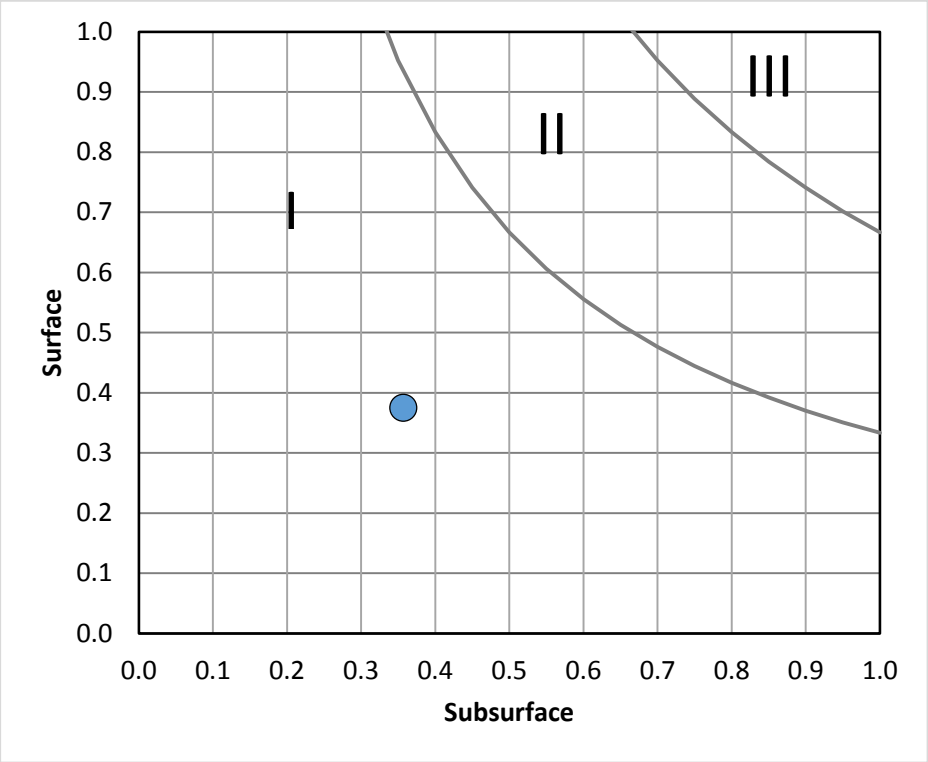
In deze analyse zijn de twee deelvoorkomens samen bekeken. Als ze elk apart bekeken worden, is de conclusie gelijk.

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

Er is vanuit gegaan dat de verhouding tussen de lengte van een bewegend breukdeel en de reservoir hoogte hoogstens 20:1 kan zijn.

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

Een niveau 2 analyse is niet nodig voor het Eesveen voorkomen. Zouden we die analyse toch uitvoeren, dan blijft het Eesveen voorkomen heel ruim binnen het Categorie-I gebied



Figuur 17-2 Resultaat van een Niveau-2 analyse voor Eesveen. Deze analyse is niet verplicht (de maximaal realistische magnitude is onder de 2.5), maar de grafiek laat zien dat het resultaat ruim in categorie I valt, zelfs al zouden we de analyse wel doen.

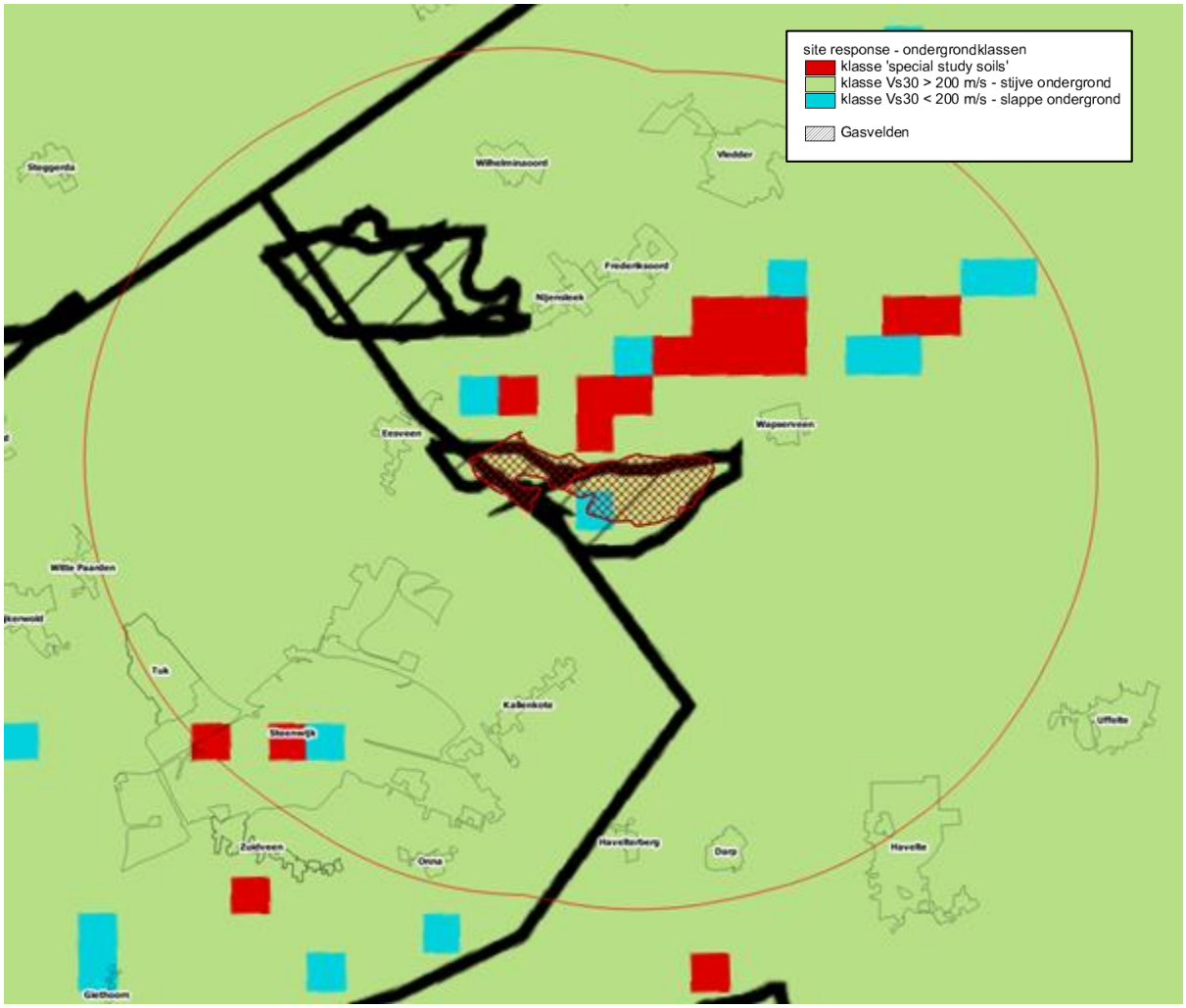
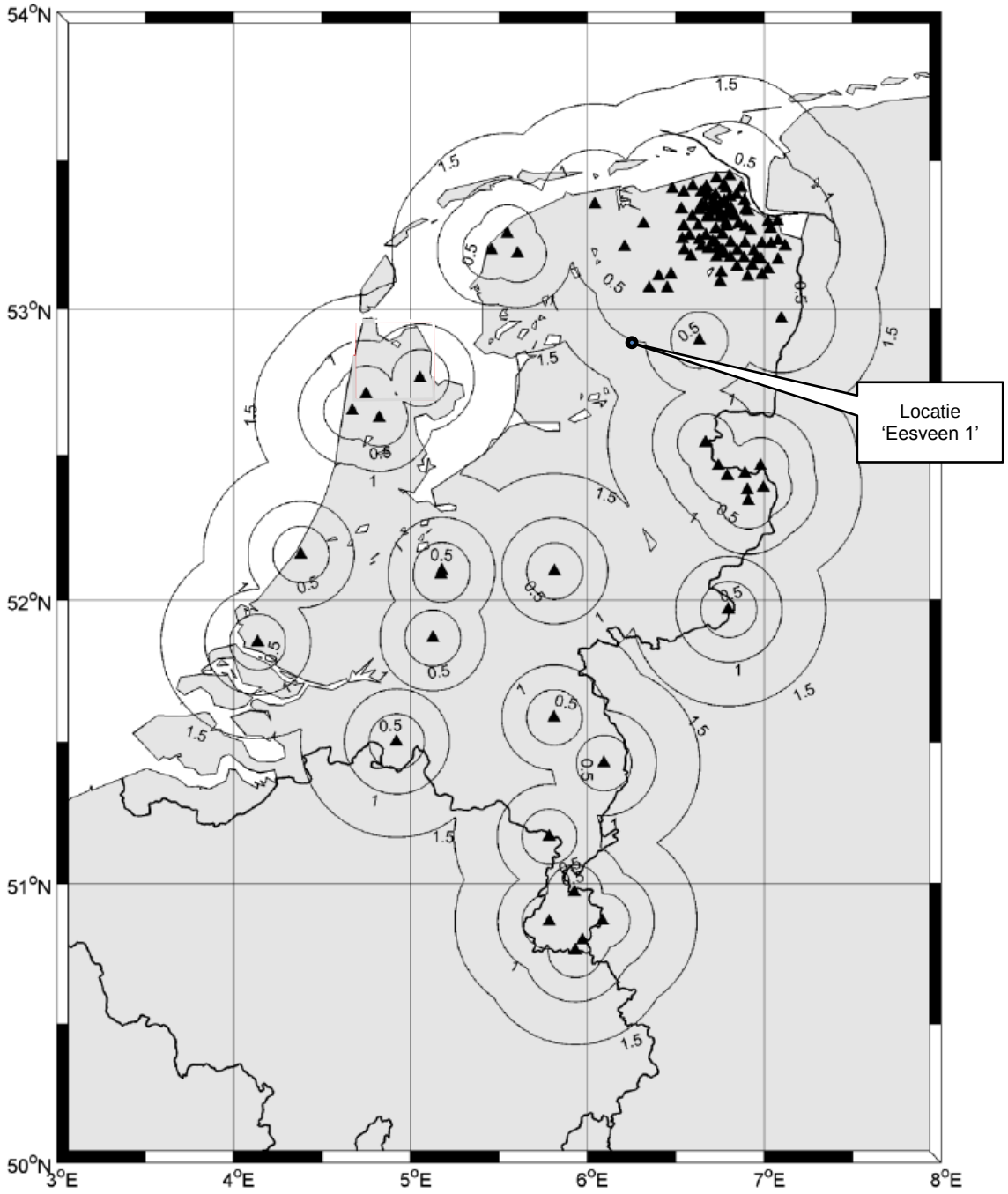


Figure 17-3 Grondsoorten in de buurt van het Eesveen voorkomen, gecategoriseerd naar mogelijke opslingeringseffecten (ref. 3). De rode cirkel geeft de 5 km straal in die relevant is voor de SRA. De zwarte contouren zijn zoals in de referentie (het weergegeven veld ten noordwesten is Nijensleek). Het doel van het kaartje is een inschatting van de fractie aan opslingeringsgevoelige grondopbouw, niet een locatie-specifieke detail-analyse (ref. 5).



Figuur 17-4 Seismische detective-stations en detectie-drempel-magnitude. Aangepast (met stations na 2010) naar Fig. 2a uit KNMI Ref. 10.