



**NAM** Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

De Minister van Economische Zaken

Uw ref.:

Postbus 20401  
2500 EK DEN HAAG

Brief ref.: EP201609210335

Datum: 30 september 2016

**Betreft: Aanbieden Winningsplan De Wijk Fase 2**

Uwe Excellentie,

Hierbij zenden wij het winningsplan voor "De Wijk Fase 2", met het verzoek op grond van de Mijnbouwwet uw instemming te verlenen. Een conceptversie van dit winningsplan is gecontroleerd op compleetheid door medewerkers van Staatstoezicht op de Mijnen.



Het De Wijk Fase 2 project vergt een significante investering. NAM voert het project in 2016 uit en de faciliteiten zullen begin 2017 gereed zijn voor productie. Gegeven de nieuwe procedure rond winningsplannen, houden we rekening met een goedkeuringstraject dat 10 maanden gaat duren. Naar verwachting is het instemmingstraject voor het winningsplan later afgerond dan dat het project gereed is voor de productiestart.

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

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

Hoogachtend,

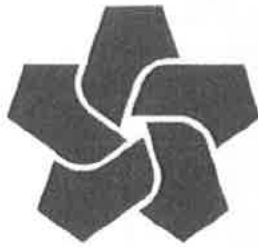
Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.

<p>Mw 35 lid 1e Mb 24 lid 1f</p>	<p><b>D2.1) Bedrijfsvoeringskosten/jaar (Opex):</b></p> <p>De bedrijfsvoeringskosten (Opex) bestaan uit de kosten die gemaakt worden door het huidige systeem.</p> <p>5.1.2f</p> 
<p><b>Ondertekening</b></p> 	<p>Datum: Plaats: Assen</p> <p>30/9/16</p>

Mw= Mijnbouwwet  
Mb= Mijnbouwbesluit  
Mr= Mijnbouwregeling

Behoort bij aanvraag om instemming winningsplan De Wijk Fase 2

	<b>E) Bedrijfs- en productiegegevens</b> <i>(conform het bepaalde in artikel 10 lid 1 sub c van de Wet openbaarheid van bestuur wordt deze informatie vertrouwelijk medegedeeld en niet ter inzage gelegd of openbaar gemaakt.)</i>
Mb 24 lid 1a,b Mr 1.2.1 lid 3	5.1.2f 
Mw 35 lid 1e Mb 24 lid 1l	5.1.2f 



**NAM**

**Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.**

---

**Aanvraag Instemming Winningsplan  
De Wijk Fase 2**

---

## **Inleiding**

De Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V. (NAM) is houder van de winningsvergunning Schoonebeek waarin het gasveld De Wijk is gelegen. Conform de Mijnbouwwet (Mw) dient de winning van koolwaterstoffen, in dit geval aardgas, te gebeuren overeenkomstig een Winningsplan. In het Mijnbouwbesluit (Mb) is in artikel 24 aangegeven welke informatie het Winningsplan moet bevatten.

Dit Winningsplan voor de "Fase 2" ontwikkeling van het De Wijk gasveld bestaat uit vier onderdelen:

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

Bijlage 1 geeft meer informatie ten ondersteuning van onderdeel D.

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

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

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

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

<u>Artikel</u> 1)	<u>Onderwerp</u>	<u>Beschrijving</u>
Mw 34 lid 1	<b>Verzoek om instemming voor winningsplan</b>  De Wijk Fase 2	<input type="checkbox"/> een winningsplan voor voorkomens in het continentaal plat vanaf de 3 zeemijlszone  <input checked="" type="checkbox"/> een winningsplan voor voorkomens in Nederlands territorium tot 3 zeemijl
	<b>A) Algemene gegevens</b>	
	<b>A1.1) Naam indiener</b>	Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.
	<b>A1.2) Adres</b>	Postbus 28000 9400 HH Assen
	<b>A1.3) Contactpersoon</b>	(tel: 0592 )
	<b>A1.4) E-mail</b>	@shell.com
	<b>A1.5) Fax</b>	0592: )
Mw 22	<b>A1.6) Indiener</b>	<input checked="" type="checkbox"/> is houder van de vergunning  <input type="checkbox"/> is uitvoerder
	<b>A2) Winningsvergunninggebied</b>	winningsvergunning: Schoonebeek
Mw 34 lid 1 Mb 24 lid 1a	<b>A2.1) Voorkomens koolwaterstoffen</b>	De Wijk Basal Dongen Tuffite/ Landen Clay/ Chalk
Mb 24 lid 1a	<b>A2.2) Soort koolwaterstof die wordt gewonnen</b>	<input type="checkbox"/> olie <input checked="" type="checkbox"/> hoog calorisch gas <input type="checkbox"/> Groningen kwaliteit gas <input type="checkbox"/> laag calorisch gas <input type="checkbox"/> zwavelhoudend gas <input checked="" type="checkbox"/> condensaat
Mr 1.2.1 lid 3	<b>A3) Bestaande of nieuwe winning</b>	<input checked="" type="checkbox"/> winningsplan voor reeds bestaande winning (inclusief voorziene uitbreiding)  <input type="checkbox"/> winningsplan voor nieuwe winning
Mw 38	<b>A4) Samenloop vergunningen Wet milieubeheer</b>	<input checked="" type="checkbox"/> nee  <input type="checkbox"/> ja: te weten: -

## B) Bedrijfs- en productiegegevens

Mw 35  
lid 1

### B1) Beknopte beschrijving van de winning

Het De Wijk gasveld bestaat uit de volgende reservoirs (van boven naar beneden):

- Basal Dongen Tuffite (WYK-NLFFT)
- Landen Clay (WYK-NLLFC)
- Chalk (WYK-CKGR)
- Lower Cretaceous (WYK-KN) (maakt geen deel uit van dit winningsplan)
- Triassic (WYK-RN/RB) (maakt geen deel uit van dit winningsplan)

De bovenste drie reservoirs liggen rond 500 meter diep en vormen samen het voorkomen beschreven in dit Winningsplan. Deze reservoirs zijn in de periode 1959-1990 slechts beperkt in productie geweest. Doordat deze reservoirs relatief ondiep liggen en het gesteente daar redelijk samendrukbaar is, zou productie tot bodemdaling kunnen leiden.

De onderste twee reservoirs liggen op ongeveer 1100-1400 meter diepte. Productie uit deze reservoirs geeft minder bodemdaling. De bodemdaling boven het De Wijk veld tot nu toe (maximaal 13.2 cm is gemeten sinds de nulmeting in 1974) is voornamelijk afkomstig van productie uit deze reservoirs. Er zijn geen problemen gemeld die mogelijk door deze bodemdaling veroorzaakt kunnen zijn.

Het "Aardgas+" project is ontwikkeld om verdere productie uit het De Wijk veld mogelijk te maken terwijl de bodemdaling beperkt blijft. In het "Aardgas+" project wordt door injecteren van stikstof ( $N_2$ ) het resterende gas naar de productieputten verplaatst. Door de stikstofinjectie wordt de druk in de reservoirs gestabiliseerd, waardoor de bodemdaling beperkt blijft. Het "Aardgas+" project is al succesvol toegepast in de onderste twee reservoirs ("De Wijk Fase 1") en beschreven in een ander, al bestaand Winningsplan ("De Wijk-Wanneperveen"). Dit nieuwe winningsplan beschrijft de toepassing van het "Aardgas+" project op de bovenste drie reservoirs ("De Wijk Fase 2").

Het Fase 2 project bestaat uit 11 nieuwe putten, 2 nieuwe locaties en 3,5 km nieuwe pijpleiding voor stikstofinjectie. De Fase 2 putten worden geboord op de 2 nieuwe locaties en op 4 al bestaande productielocaties. Het project maakt verder gebruik van bestaande pijpleidingen voor productiegas- en stikstoftransport. Stikstof ( $N_2$ ) wordt uit lucht gewonnen door een al bestaande luchtscheidingsinstallatie, de "Air Separation Unit" (ASU). Een overzicht van de ligging van de gasputten is opgenomen in sectie B3.

Naar verwachting zal Fase 2 ca. 673 mln Nm<sup>3</sup> extra gas produceren uit de bovenste drie reservoirs met beperkte drukdaling door de stikstofinjectie. Dit komt overeen met het jaarlijkse gasverbruik van ongeveer 450.000 huishoudens. Het totale "Aardgas+" project (Fase 1 en Fase 2 gecombineerd) kan tot 2030 produceren, wanneer naar verwachting het Ten Arlo Systeem niet meer rendabel geëxploiteerd kan worden. 'Ten Arlo' is de naam van de gasbehandelingsinstallatie waar gas uit de regio naar toe wordt geproduceerd om daar behandeld te worden tot verkoopkwaliteit.

Er is een milieueffectrapportage (MER) in september 2010 gepubliceerd waarin zowel Fase 1 als Fase 2 worden beschreven. De MER documenten zijn beschikbaar op de bestemmingsplanwebsite van gemeente De Wolden.<sup>1</sup>

Tijdens de Fase 2 productieperiode zal bodemdaling uitgebreid gemonitord worden via GPS- en satellietmetingen (InSAR). Daarnaast wordt de opgetreden bodemdaling gemeten door middel van regelmatig uitgevoerde optische waterpassingen. Rapportage van de opgetreden bodemdaling geschiedt zoals beschreven in het Meetplan De Wijk / Wanneperveen 2016<sup>2</sup>. De bodemdaling door productie uit dit winningsplan zal beperkt worden door stikstofinjectie en gasproductie te balanceren. De nog te verwachten bodemdaling door productie beschreven in dit winningsplan bedraagt minder dan 11 cm. Vijf jaar na de start van productie zoals beschreven in dit winningsplan, zal NAM een rapport leveren waarin de bodemdalingberekeningen worden vergeleken met de tot dan toe gemeten data. De bodemdaling zal dan binnen het niveau vallen zoals bestudeerd in de MER.

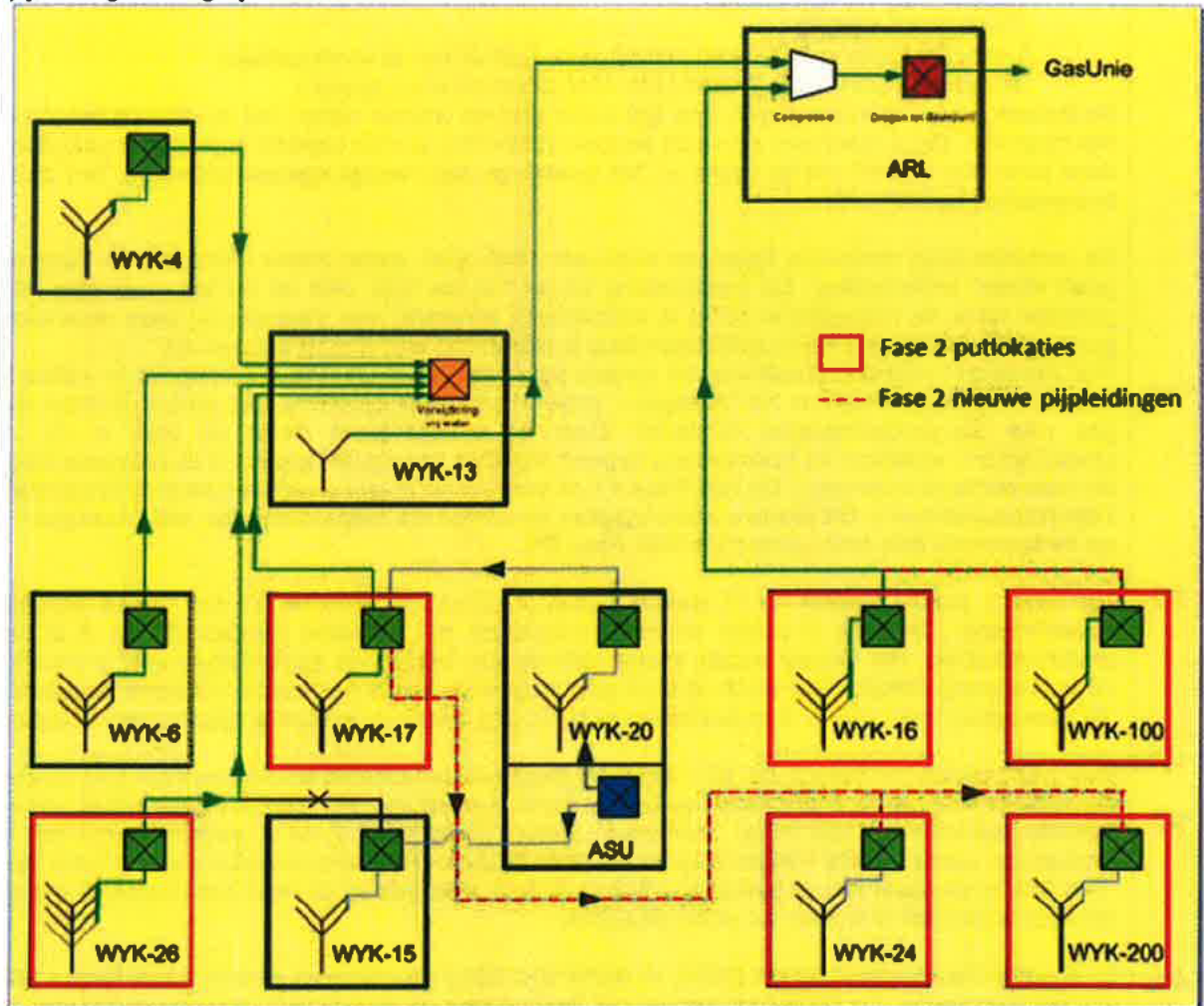
Het winningsplan wordt aangepast als de bodemdaling of seismische risicoanalyse afwijkt van de prognose zoals in dit winningsplan beschreven. Als voorzien wordt dat de cumulatieve productie uit een voorkomen gaat uitkomen boven de prognose van de uiteindelijke cumulatieve productie zoals in dit winningsplan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

<sup>1</sup> [http://www.dewolden.nl/wonen-en-leven/inzien-van-bestemmingsplannen\\_43812/Item/ontwerpbestemmingsplan-nam-locatie-de-wijk-100-en-bijbehorende-gasleiding\\_53092.html](http://www.dewolden.nl/wonen-en-leven/inzien-van-bestemmingsplannen_43812/Item/ontwerpbestemmingsplan-nam-locatie-de-wijk-100-en-bijbehorende-gasleiding_53092.html)

<sup>2</sup> <http://nlog.nl/geodetische-meetregisters-en-gps-metingen>

### B1.1) Beknopte beschrijving van wijze van winning door middel van mijnbouwwerken

In het schema hieronder zijn de putten en locaties aangegeven die betrekking hebben op De Wijk Aardgas+ Fase 1 (reeds lopende winningsplan) en Fase 2 (dit winningsplan). In rood is weergegeven op welke 6 locaties de nieuwe putten voor Fase 2 worden geboord. Verder is ook in rood aangegeven welke nieuwe pijpleidingen nodig zijn voor Fase 2.



Stikstof ( $N_2$ ) voor het Aardgas+ project wordt op de locatie WYK-20 uit lucht gescheiden door een bestaande Air Separation Unit (ASU). In Fase 2 wordt de stikstof van WYK-20 getransporteerd via locatie WYK-17 naar injectie locaties WYK-24 en WYK-200.

Injectie zal plaatsvinden via 4 nieuwe injectieputten

- 2 injectieputten op locatie WYK-24
- 2 injectieputten op locatie WYK-200.

WYK-200 is een locatie die voor Fase 2 nieuw wordt aangelegd.

Productie van Fase 2 gas (aardgas en stikstof) zal plaatsvinden via 7 nieuwe productieputten

- 3 productieputten op locatie WYK-26 (waarvan 1 met glasfiber voor compactie metingen)
- 1 productieput op locatie WYK-17
- 1 productieput op locatie WYK-16
- 2 productieputten op locatie WYK-100 (waarvan 1 met glasfiber voor compactie metingen)

De productielocatie WYK-100 is de tweede nieuwe locatie voor Fase 2 en moet nog aangelegd worden.

Onbehandeld gas van de satellietlocaties WYK-16 en WYK-100 zal worden geëxporteerd naar de productielocatie Ten Arlo ("ARL"). De nieuwe locatie WYK-100 zal door middel van een nieuwe pijpleiding worden aangesloten aan een bestaande pijpleiding naar Ten Arlo. Het gas dat wordt gewonnen op de andere WYK productielocaties wordt ontdaan van vloeistof (water/condensaat) op de productielocatie WYK-13 en vandaar geëxporteerd naar de productielocatie Ten Arlo. In Ten Arlo wordt het gas samen met gasstromen van andere voorkomens op specificatie gebracht voor aflevering aan het Gasunie netwerk.

Mb 24  
lid 1a

## **B2) Geologische beschrijving van de voorkomens**

### ***De Wijk Basal Dongen Tuffite, Landen Clay en Ommelanden Chalk (NLFFT/NLLFC/CKGR)***

De Basal Dongen Tuffite (NLFFT) en Landen Clay (NLLFC) formaties liggen op elkaar en zijn gevormd in het vroege deel van het Tertiaire tijdperk. De Ommelanden Chalk (CKGR) formatie ligt hieronder en is gevormd in het Late Krijt. De afsluitende laag voor deze voorkomens is de Ieper Clay (NLFFY). Deze laag bestaat voornamelijk uit kleien, met zandige intercalaties die gradueel toenemen naar de top van de formatie.

De Basal Dongen Tuffite formatie bestaat voornamelijk uit ongeconsolideerde klei met siltsteen intercalaties. Deze gesteentelaag vertoont een afwisselende porositeit en matige tot goede permeabiliteit. De Landen Clay formatie ligt direct onder de Basal Dongen Tuffite formatie. Deze formatie bevat permeabele intercalaties die gashoudend zijn en correleerbaar over het gehele De Wijk veld. De Landen Clay formatie bestaat voornamelijk uit enigszins ongeconsolideerde klei met een hoog mergelgehalte met enkele zeer fijnzandige intercalaties. Porositeit en permeabiliteit in dit gesteente is zeer matig. De onderliggende Ommelanden Chalk formatie is geërodeerd en bestaat voornamelijk uit zeer fijnkorrelig kalksteen. Dit gesteente heeft erg hoge porositeit maar doorgaans lage permeabiliteit. In het De Wijk veld is in de Ommelanden Chalk "secondair permeabiliteit" gecreëerd tijdens uitspoeling door meteorologisch water tijdens afzetting.

Tijdens het Tertiaire tijdperk is in bovenstaande formaties gas geaccumuleerd dat oorspronkelijk afkomstig is uit Carboon en Boven-Perm formaties. Dit gas is gedurende geologische tijdschalen naar de formaties gemigreerd langs onder andere breuken en stratigrafische discordanties. Net als het aardgas zal geïnjecteerd stikstof binnen de formaties blijven. Meer informatie over stikstofretentie is beschreven in sectie B5.2.

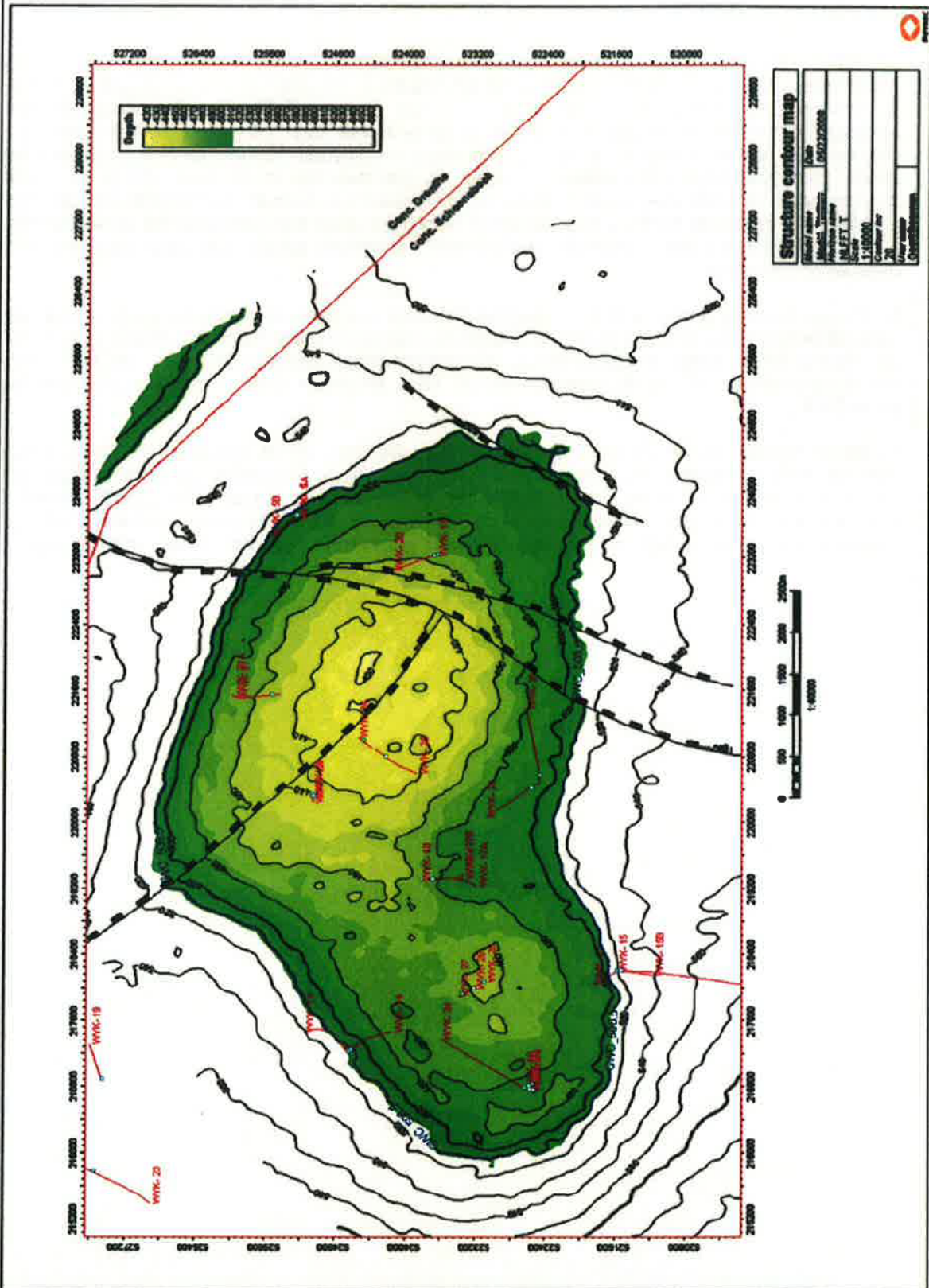
De Basal Dongen Tuffite (NLFFT), de Landen Clay (NLLFC) en de Ommelanden Chalk (CKGR) zijn verticaal slecht verbonden. De heterogeniteit in het gesteente is aanzienlijk. De permeabiliteitsverschillen zouden een negatieve invloed kunnen hebben op de verspreiding van de geïnjecteerde stikstof. Echter, kleine sub-seismische onregelmatigheden in de NLFFT en NLLFC zullen een gunstig effect hebben omdat permeabele en semipermeabele gesteenten geheel of gedeeltelijk tegenover elkaar komen te liggen.

Mb 24  
lld 1a  
Mb 24  
lld 1b

### B2.1) Geologische doorsnede van de voorkomens

Op de volgende pagina's is een contour diepte kaart van de Top Basal Dongen Tuffite (NLFFT) en de Top Ommelanden Chalk (CKGR) weergegeven. De Top Landen Clay (NLLFC) kaart is niet bijgevoegd aangezien deze vrijwel identiek is aan de Top Basal Dongen Tuffite diepte kaart met dieptecontouren die 20m dieper liggen. Tevens is er een dwarsdoorsnede van de voorkomens in het De Wijk veld weergegeven.

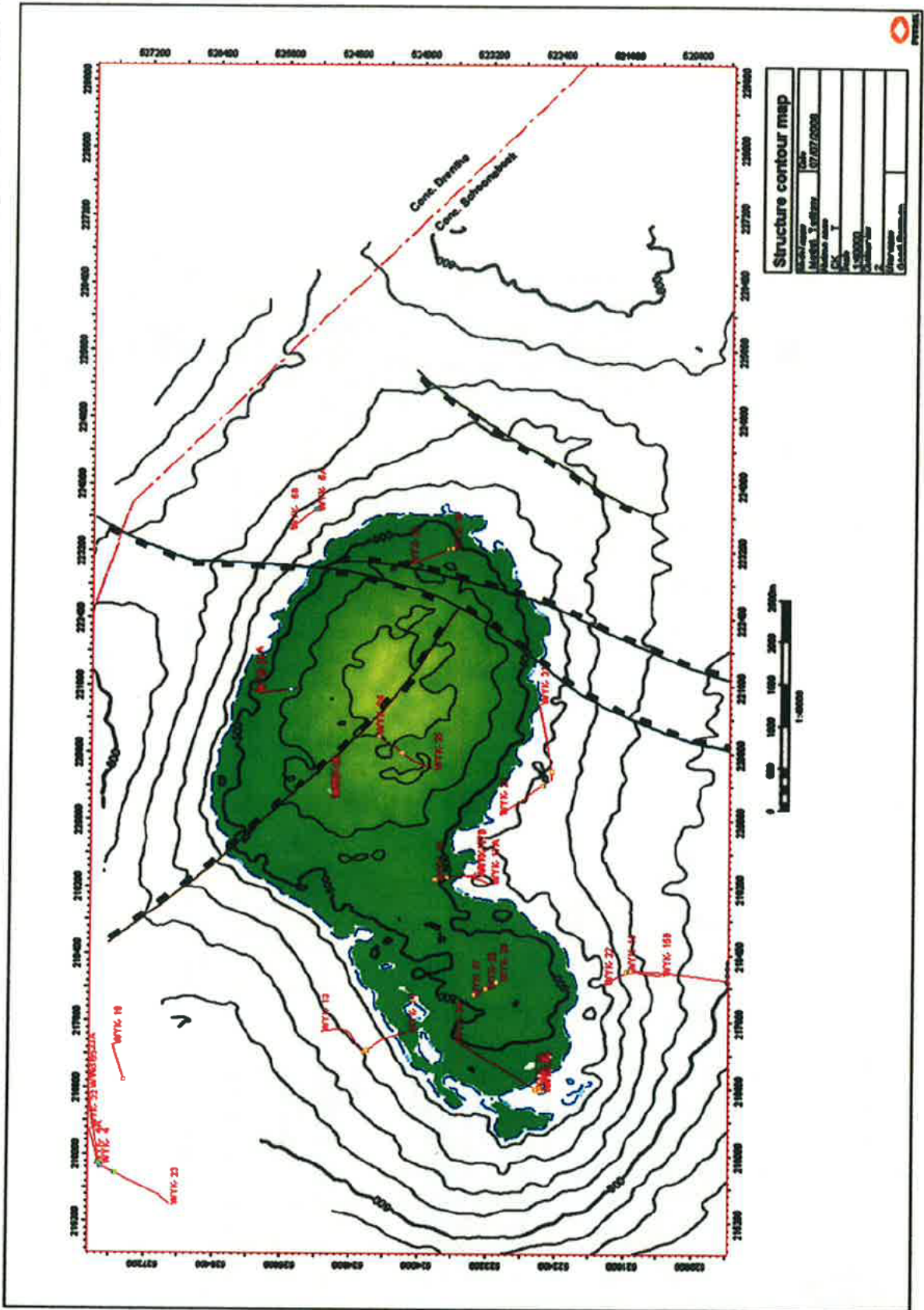
#### Top NLFFT diepte kaart



T

3102-01-0

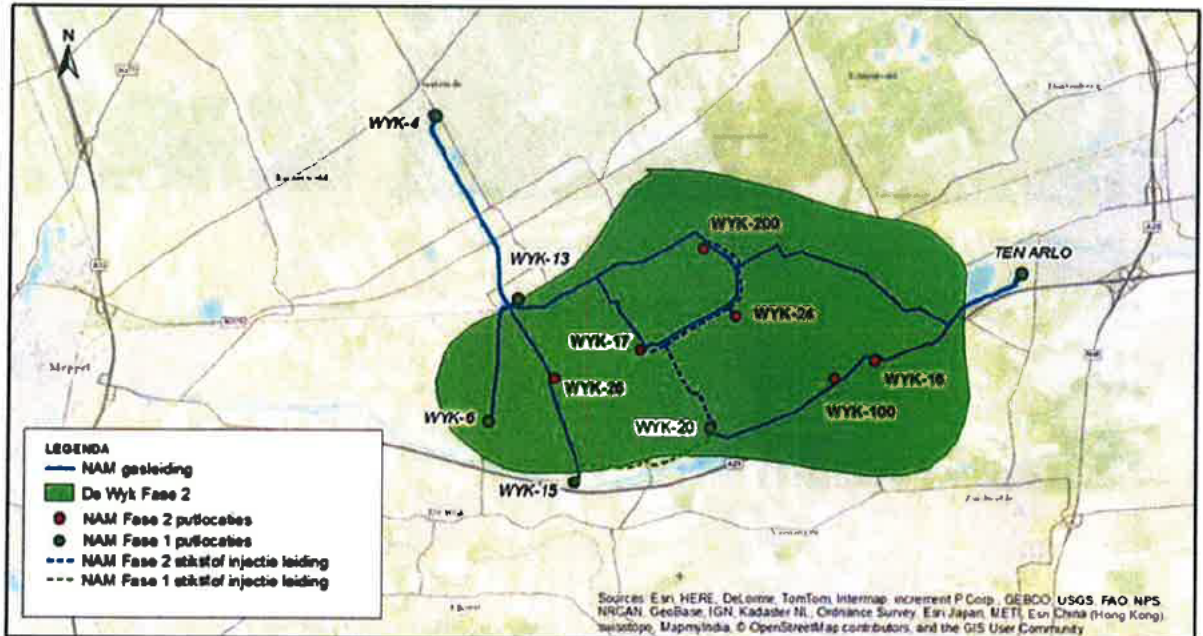
# Top CKGR dieptekaart





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

### B3) Overzicht ligging voorkomens en gasputten



In het navolgend overzicht zijn de nieuwe putten voor Fase 2 opgenomen inclusief de locaties waar vanaf geboord gaat worden. In totaal zijn het 11 nieuwe putten verdeeld over 2 nieuwe locaties (WYK-100, WYK-200) en 4 bestaande locaties.

Nieuw te boren putten voor Fase 2				
Locatie	Putnaam	Productie	Injectie	Opmerking
WYK-100	WYK-100_AP	*		Pilot voor compactie monitoring (glasfiber)
WYK-100	WYK-100_BP	*		
WYK-200	WYK-200_AI		*	
WYK-200	WYK-200_BI		*	
WYK-24	WYK-24_EI		*	Bestaande locatie verplaatst
WYK-24	WYK-24_FI		*	Bestaande locatie verplaatst
WYK-16	WYK-16_FP	*		
WYK-17	WYK-17_CP	*		
WYK-26	WYK-26_EP	*		
WYK-26	WYK-26_FP	*		Pilot voor compactie monitoring (glasfiber)
WYK-26	WYK-26_GP	*		

Mb 24  
lid  
1d,e,g

### **B3.1) Situering van de mijnbouwwerken**

De hier weergegeven locaties voor Fase 2 van WYK-16, WYK-17, WYK-24 en WYK- 26 liggen in de gemeente De Wolden (provincie Drenthe). Ook de nieuwe productielocatie WYK-100 en de nieuwe injectielocatie WYK-200 komen te liggen in de gemeente De Wolden. De aanleg van de WYK-200 locatie is voltooid. De verwachting is dat de locatie WYK-100 in 2017 wordt opgeleverd.



Aanleg WYK-200 is voltooid.

WYK-100 volgt later

Mb 24  
lid 1e  
Mb 24  
lid 1f

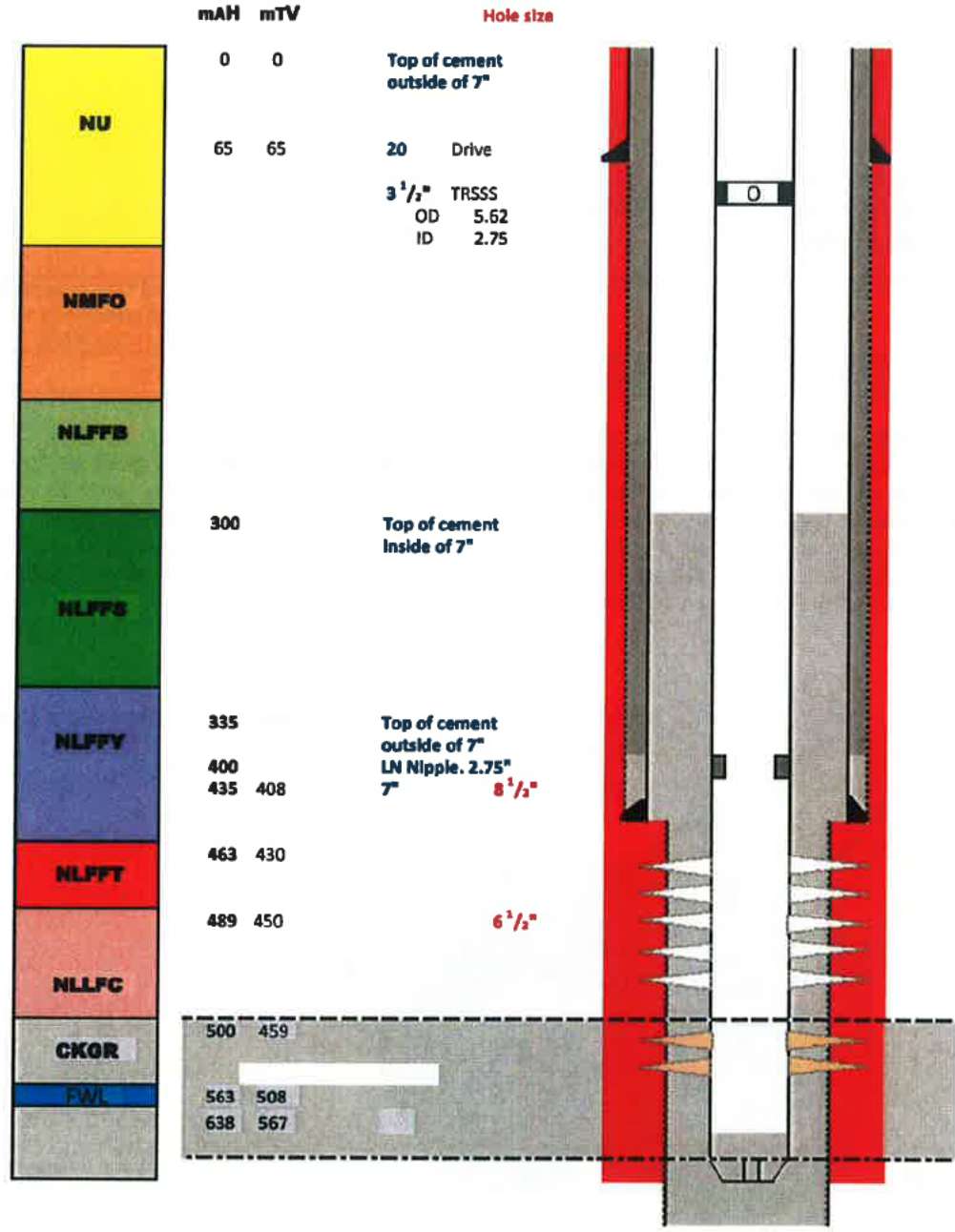
**B4) Overzicht boringen in de voorkomens**

Er zijn 11 boringen gepland in het Fase 2 project. Er zijn vooralsnog geen verdere boringen gepland.

Mb 24  
lid 1g

**B4.1) Schematische voorstelling putverbuizing van de nieuw te boren putten:**

**De Wijk Fase 2 put**



Mb 24  
lid 1h

**B4.2) Plaats en wijze waarop koolwaterstoffen in verbuizing treden**

De Wijk Fase 2 putten zijn typisch tussen de 500 en 650 meter diep 'along hole (AH)' en geperforeerd op de gasvoerende NLFFT, NLLFC en CKGR formaties. De putontwerpen zijn voor alle injectie- en productieputten gelijk. De maximale horizontale verplaatsing gemeten vanaf de boorlocaties is minder dan 200 meter.

### B5) Productieontwikkelingsstrategie

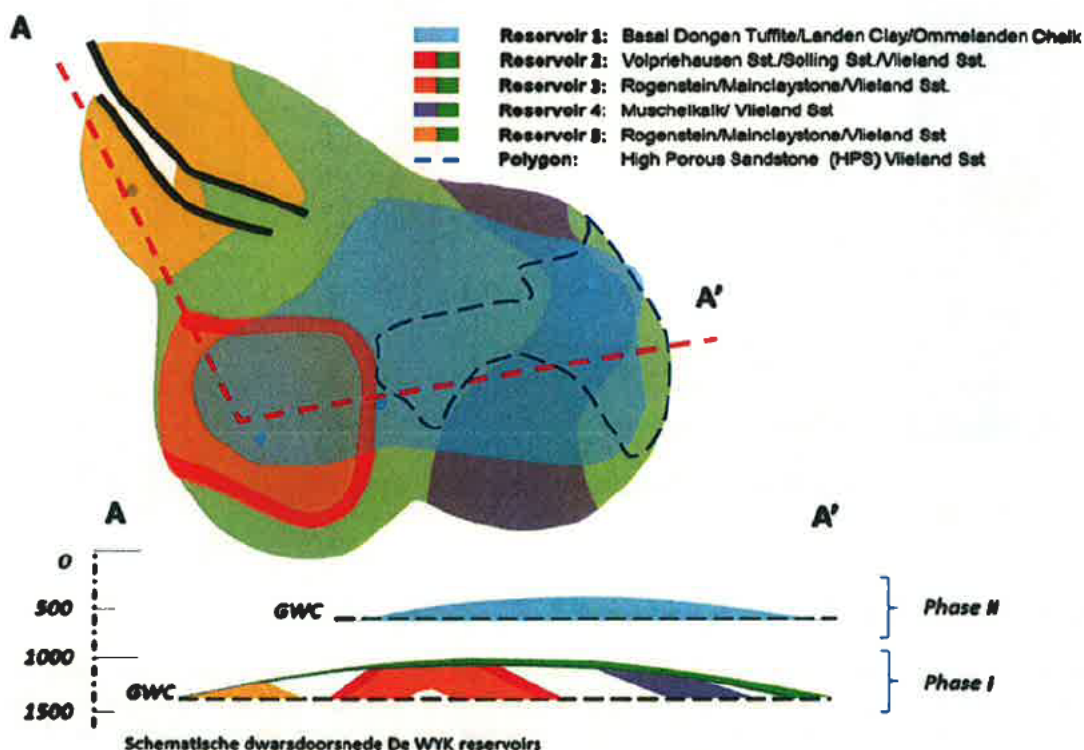
Het huidige winningspercentage van het voorkomen De Wijk Basal Dongen Tuffite/ Landen Clay/ Chalk (NLFFT-NLLFC-CKGR reservoirs) is door middel van eerdere depletie 16,5%. Dit is gebaseerd op het tot dusver geproduceerde gas volume in de periode 1959 tot 1990 uit de inmiddels ingesloten putten WYK-9, WYK-8 en WYK-3, afgezet tegen de **initiële** gasvolumes die in de reservoirs aanwezig waren. Met het Fase 2 "Aardgas+" project wordt met behulp van stikstofinjectie het gas in het voorkomen verplaatst en vervangen door stikstof. Dit proces verhoogt het totale winningspercentage van dit voorkomen van 16,5% naar 50,9%. Tevens vermindert de stikstofinjectie reservoirdepletie waardoor bodemdaling beperkt blijft zoals wordt beschreven in deel C2 van dit winningsplan.

#### De WIJK Fase 2:

De WIJK (NLFFT, NLLFC, CKGR)	Gas volume (mrd Nm <sup>3</sup> )
Initieel volume in de reservoirs	1,958
Productie tot nu toe (depletie)	0,323
Verwachte productie tijdens Fase 2 (stikstofinjectie)	0,673
Totale productie na Fase 2	0,996

Voorkomen	Verwacht winningspercentage	Winningspercentage In Hoog productie scenario (zie sectie B5.3)
De WIJK (NLFFT, NLLFC, CKGR) incl. "Aardgas+"	50,9%	62,7%

Hieronder wordt een schematisch overzicht weergegeven van de voorkomens in De Wijk. De legenda verwijst zowel naar de kaart als naar de schematische dwarsdoorsnede. De kaart geeft de ligging en de afmetingen van de reservoirs weer in het platte vlak. De dwarsdoorsnede geeft weer waar de reservoirs in diepte t.o.v. elkaar liggen en welke reservoirs geologisch verbonden zijn. In totaal zijn er 5 reservoir combinaties waarvan er uiteindelijk 4 in het "Aardgas+" project gefaseerd in productie genomen worden. Dit "Fase 2 winningsplan" betreft alleen "Reservoir 1": de verzameling reservoirs Basal Dongen Tuffite (NLFFT), Landen Clay (NLLFC) en de Chalk (CKGR).



Tabel B.1: Overzicht kenmerken "Aardgas+" reservoir in voorkomen De Wijk Fase 2

Reservoir naam	Basal Dongen Tuffite/Landen Clay/Ommelanden Chalk
Ligging in veld	De Wijk
Diepte	500m
Reservoirsteente	Silt/Klei en Kalk
Dikte reservoir	~30m max 120m
Gesteente afdeklaag	Klei
Dikte afdeklaag	>50m
Temperatuur in reservoir	31 °C
Afsluitende breuken	Niet aanwezig
Oorspronkelijke druk	61 bar
Huidige druk	59 bar
Verwachte einddruk huidige winning (geen verdere productie via huidige winning)	59 bar
Operationele putten aanwezig (gecompleteerd op NLFFT/ NLLFC / CKGR)	0
Afgesloten putten aanwezig (ingesloten op NLFFT/ NLLFC /CKGR)	3
Totaal volume gas oorspronkelijk aanwezig*	1958 mln Nm <sup>3</sup>
Verwachte eindproductie (zonder Aardgas+)	323 mln Nm <sup>3</sup>
Percentage eindproductie (regulier)	16,5%
Verwachte resterende productie (Aardgas+)	673 mln Nm <sup>3</sup>
Percentage eindproductie (incl. Aardgas+)	50,9%
Verwachte einddruk (incl Aardgas+)	56 bar

Mb 24 lid 2	<p><b>B5.1) Productiefilosofie</b></p> <p>Het in dit winningsplan besproken voorkomen wordt optimaal geproduceerd binnen de beperkingen van de bestaande leveringscontracten en de maximale bodemdaling. Het productieniveau wordt ondersteund door stikstofinjectie die de druk in het veld stabiliseert. Putten kunnen zonder verdere activiteiten worden geproduceerd. Inpassingstudies hebben aangetoond dat gas met verhoogd stikstofgehalte geproduceerd en afgeleverd kan blijven worden.</p>
Mb 24 lid 2	<p><b>B5.2) Reservoir management &amp; stikstof retentie</b></p> <p>Het "Aardgas+" project is ontworpen om het aardgas uit het reservoirgesteente te verplaatsen met stikstof en daarbij de reservoirdruk te stabiliseren tijdens en na productie. Injectie- en productievolumes zullen in balans gehouden worden om de reservoirdruk stabiel te houden. Productieputten worden uiteindelijk ingesloten, bijvoorbeeld omdat de gasproductie niet meer opweegt tegen de kosten van stikstofinjectie of omdat de hoeveelheid stikstof in het transportsysteem te hoog wordt.</p> <p>De geïnjecteerde stikstof zal in het reservoir achterblijven. Voor deze mijnbouwhulpstof is geen opslagplan nodig. Voor het stikstofgas geldt hetzelfde retentiemechanisme als dat voor het aardgas: het gas blijft opgesloten onder een afsluitende kleilaag. In het navolgende overzicht wordt uitgelegd waarom de kans op lekkage van gas en/of stikstof verwaarloosbaar is. Dit overzicht is een samenvatting van de analyse die beschreven is in de milieueffectrapportage (MER).</p> <p><b>Lekkage door scheuren in de afdekkende laag</b>  Als de druk in het reservoir tijdens de injectie te hoog zou worden, zouden scheurtjes in het reservoirgesteente of de afdeklag geïnitieerd of geopend kunnen worden. Grootschalige scheurvorming kan in de sedimentlagen niet optreden omdat het sediment plastisch en niet bros reageert op spanningsveranderingen door injectie.</p> <p>Tijdens de injectie van stikstof blijft de druk in de voorkomens onder de initiële druk. Alleen direct rond de perforaties zal de injectiedruk maximaal 3 tot 4 bar hoger zijn dan de initiële druk. Deze verhoogde druk zal binnen een straal van enkele meters van de perforaties afnemen tot een druk die gelijk is aan het huidige gemeten reservoir druk of lager. Dat wil zeggen dat de druk op de diepte van de afdekkende laag is afgenomen tot onder de 63 bar.</p> <p>Op basis van de huidige gegevens ("leak-off" en "limit test data" van bestaande putten) kan een minimale horizontale spanning van 63 bar worden afgeleid voor de afsluitende laag. Zoals hierboven aangegeven zal deze spanning niet worden overschreden door injectiedrukken.</p> <p><b>Lekkage via het spill-point</b>  Lekkage van gas en stikstof zou kunnen optreden via het zogenaamde spill-point (overstromingspunt) van een reservoir. Dit punt ligt aan de rand van het voorkomen. Wanneer teveel stikstofgas wordt geïnjecteerd zou de druk in het voorkomen te hoog kunnen worden waardoor gas mogelijk onder de afdekkende laag door weg kan lekken via het spill-point naar aangrenzende lagen.</p> <p>Lekkage via het spill-point wordt niet verwacht, omdat door het hierboven beschreven reservoir management de druk in de omgeving van het spill-point onder de waterdruk van de omliggende lagen zal blijven. De sedimentlagen van de NLFFT, NLLFC en CKGR reservoirs in De Wijk zijn ingesloten lagen, die niet in verbinding staan met grondwater dat wordt gebruikt voor waterwinning.</p> <p><b>Lekkage via geabandonneerde putten</b>  Injectie- of productieputten vormen een potentieel lekkagepad naar het maaiveld. Lekkage zou kunnen optreden als de kwaliteit van het staal en cement van de putten zou worden aangetast door activiteiten in de ondergrond. Ook zou een sterk verhoogde druk ertoe kunnen leiden dat lekkage via een put optreedt.</p> <p>Er bestaan reguliere veiligheidsvoorschriften voor het boren en afsluiten van putten. Alle afgesloten putten in het De Wijk veld zijn afgesloten onder de bestaande veiligheidsvoorschriften welke ontwikkeld zijn om te voorkomen dat lekkage vanuit het reservoir kan optreden. Dit geldt ook voor de putten die voor het project "Aardgas+" zullen worden gebruikt en vervolgens worden afgesloten.</p> <p>In Tabel B.2 is een overzicht gegeven van de tot nu toe afgesloten ("geabandonneerde") putten in het De Wijk veld.</p>

Tabel B.2: Overzicht geabandoneerde putten in het De Wijk veld

Abbreviated Wellbore Name	Platform/Site	Spud/Kick Off Date	Abandon Date	Hydrocarbon Content	Kick Off Depth (m)	Total Depth (m)
WYK- 1	DE WIJK-6	24/06/1949	04/11/1949	gas	-	1174
WYK- 2	DE WIJK-2	05/04/1951	03/11/1975	gas	-	1216
WYK- 2A	DE WIJK-2	04/11/1975	08/04/2004	gas	1078	1500
WYK- 3	DE WIJK-2	15/06/1951	23/05/1994	gas	-	485
WYK- 4	DE WIJK-4	13/09/1951	03/05/1978	gas	-	1205
WYK- 5	DE WIJK-5	18/12/1951	09/10/1973	gas	-	1406
WYK- 5A	DE WIJK-5	10/10/1973	21/12/1987	gas	1227	1298
WYK- 5B	DE WIJK-5	22/12/1987	28/05/2006	gas	526	1478
WYK- 7	DE WIJK-7	16/11/1953	21/04/1954	dry (no shows)	-	2696
WYK- 8	DE WIJK-6	12/09/1960	11/10/1975	gas	-	1220
WYK- 9	DE WIJK-6	09/10/1960	31/07/1975	gas	-	522
WYK- 10	DE WIJK-6	19/10/1960	17/07/1975	dry (no shows)	-	520
WYK- 12	DE WIJK-6	06/12/1960	21/07/1975	dry (no shows)	-	376
WYK- 14	De WIJK-13	06/01/1974	19/06/1994	gas	-	1502
WYK- 15	DE WIJK-15	25/05/1977	31/05/1977	dry (no shows)	-	438
WYK- 15A	DE WIJK-15	01/06/1977	31/08/1977	dry (no shows)	256	3380
WYK- 17	DE WIJK-17	20/05/1978	27/08/1978	gas	-	1152
WYK- 17A	DE WIJK-17	29/08/1978	01/07/1988	gas	838	1622
WYK- 18	DE WIJK-17	07/06/1978	03/11/1993	gas	-	658
WYK- 19	none	21/09/1978	30/11/1999	gas	-	1526
WYK- 21	DE WIJK-21	04/12/1981	20/01/2004	gas	-	2970
WYK- 24	DE WIJK-24	02/01/1985	17/10/1993	gas	-	612
WYK- 25	DE WIJK-24	11/01/1985	26/02/2004	gas	-	1410
WYK- 27	DE WIJK-26	09/10/1985	24/10/1993	gas	-	589
WYK- 28	DE WIJK-26	28/09/1985	27/10/1993	gas	-	576
WYK- 30	DE WIJK-30	09/04/1988	16/12/1999	gas	-	1380
WYK- 33	DE WIJK-4	28/12/1988	17/01/1989	gas	-	1750

Een verslechtering van de kwaliteit van het cement en staal van de aanwezige putten door stikstofinjectie wordt vrijwel uitgesloten. Het injectiegas dat wordt gebruikt in het project "Aardgas+" is bijna 100% puur stikstof, met een zuurstof concentratie van <10 ppm (0.00001%). Dergelijk lage concentraties van zuurstof vormen geen risico voor de integriteit van de putten.

#### Lekkage door reactivatie van breuken

Een breuk is een verschuivingsvlak waarlangs twee geologische lagen zich bewegen of hebben bewogen. De breuken door de afdeklaag zijn ondoorlatend voor migratie van gas naar het aardoppervlak, aangezien het gas zich in de geologische geschiedenis heeft kunnen ophopen onder de afdeklaag. Een reactivatie van deze breukzones met gaslekage tot gevolg is onwaarschijnlijk, gegeven de volgende observaties:

- De spanningsveranderingen in het reservoir en afdekkende laag zijn beperkt door drukhandhaving.
- Eventuele breukdeformatie zal plastisch verlopen waardoor het onwaarschijnlijk is dat er dilatant (verwijding van het de breuk en daarmee een verhoging van de doorlatendheid) gedrag zal optreden.
- De breuken zijn beperkt in hoogte en lopen niet door tot grondwaterlagen en aardoppervlakte.

#### Lekkage door chemische reacties

Voor de injectie van stikstof is de mogelijkheid op chemische reacties met het reservoir onderzocht. Het gas dat wordt geïnjecteerd is bijna 100% zuiver stikstof. Stikstof is een inert gas; het reageert niet op andere stoffen. Er kunnen micro-verontreinigingen in de geïnjecteerde stikstof aanwezig zijn, die uit de lucht afkomstig zijn. Het gaat om de volgende verontreinigingen:

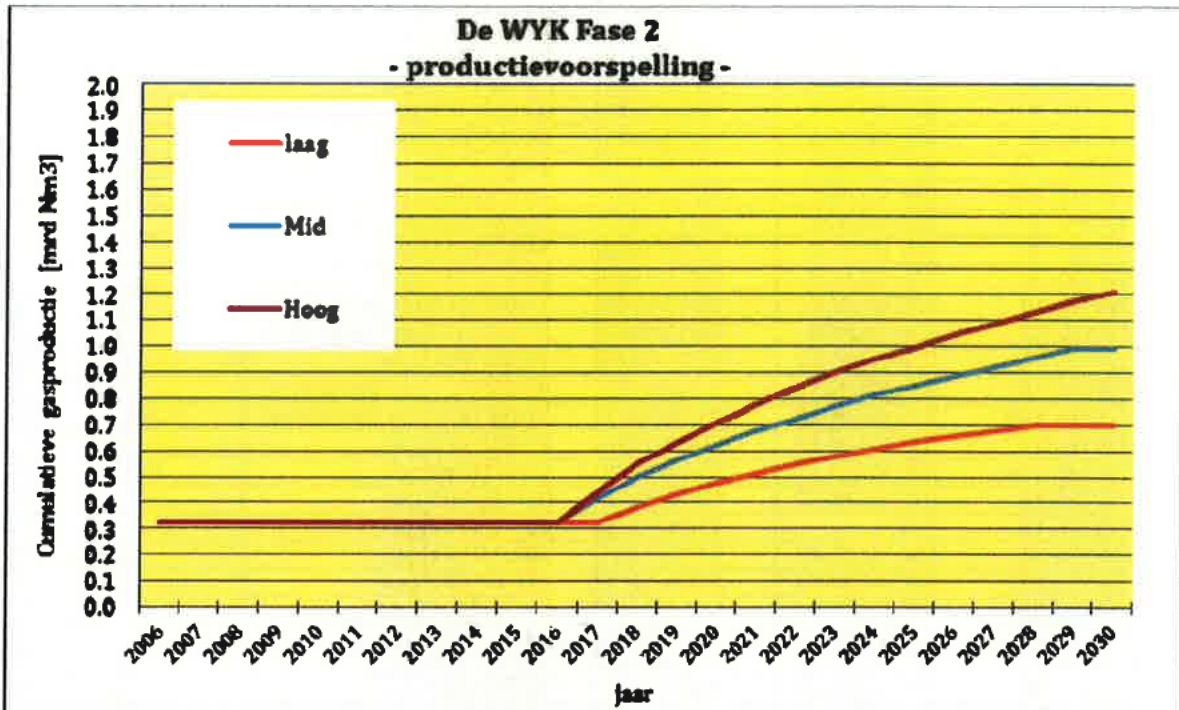
- <10 ppm (0.00001%) zuurstof
- Niet reactieve edelgassen
- Mogelijke sporen van andere componenten van lucht.

Van deze verontreinigingen is zuurstof het belangrijkste omdat zuurstof zou kunnen reageren met het gesteente in de ondergrond, maar ook met het cement en staal van de putten. Zuurstof dat in het reservoir wordt geïnjecteerd kan b.v. reageren op pyriet dat in kleine hoeveelheden aanwezig is waarbij dan ijzeroxide en zwavel ontstaan. De feitelijke hoeveelheden zwavel en ijzeroxide die gevormd zouden kunnen worden zijn echter bijzonder klein en vormen geen enkel risico voor een lekkage van stikstof uit het reservoir of voor een belemmering in het reservoir.

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

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

De onderstaande productievoorspelling betreft het verwachte cumulatieve productieprofiel van het De Wijk Fase 2 project.



De huidige verwachting van de hoeveelheid nog te produceren gas is ongeveer 0,673 mrd Nm<sup>3</sup>.

Navolgend overzicht geeft de getalsmatige specificatie van de bovengenoemde voorspelling. Het gasvolume in het navolgend overzicht is het volume aardgas dat geproduceerd wordt, waarbij meegeproduceerde stikstof niet meegeteld is ("netto gas")

		Cumulatieve gasproductie (mrd Nm <sup>3</sup> )														
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017				
<b>Winningsplan</b>																
Historische gasproductie - Totaal (mrd Nm <sup>3</sup> )		0.323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
		Cumulatieve gasproductie (mrd Nm <sup>3</sup> )														
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Winningsplan</b>																
Huidige plan - Jaar productie	laag (mrd Nm <sup>3</sup> )	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Huidige plan - Jaar productie	Mid (mrd Nm <sup>3</sup> )	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
Huidige plan - Jaar productie	Hoog (mrd Nm <sup>3</sup> )	0.008	0.011	0.010	0.004	0.013	0.017	0.023	0.029	0.034	0.040	0.046	0.048	0.047	0.045	0.041
Huidige plan - Cumulatief	laag (mrd Nm <sup>3</sup> )	0.323	0.323	0.330	0.337	0.344	0.351	0.358	0.365	0.372	0.379	0.386	0.393	0.400	0.407	0.414
Huidige plan - Cumulatief	Mid (mrd Nm <sup>3</sup> )	0.323	0.421	0.500	0.563	0.620	0.674	0.724	0.770	0.812	0.850	0.883	0.920	0.951	0.976	0.996
Huidige plan - Cumulatief	Hoog (mrd Nm <sup>3</sup> )	0.323	0.442	0.545	0.630	0.705	0.772	0.840	0.898	0.949	0.993	1.040	1.091	1.145	1.212	1.277

Voor de 3 scenario's zijn de productie volumes gebaseerd op 1 nieuw te boren putten. Onder deze 11 putten bevinden zich 2 monitoring putten, die uitgerust zijn met glasfiber als experiment om compactie langs de put te volgen. Nadat een testperiode voor deze techniek is beëindigd zullen deze putten ook in productie komen. Vanzelfsprekend zal het monitoren van bodemdaling niet worden beëindigd.

Het verschil tussen de scenario's voor laag- midden- en hoog productievolume is als volgt.

- In het laag scenario wordt verondersteld dat de geïnjecteerde stikstof alleen gas uit de Basal Dongen Tuffite (NLFFT) en Landen Clay (NLLFC) zal verplaatsen, maar er niet in slaagt het gas uit het Ommelanden Chalk (CKGR) reservoir te verplaatsen. Het totale verwachte additionele volume in dit scenario is 373 mln Nm<sup>3</sup>. Het totale stikstofvolume dat nodig is om het gas te verplaatsen wordt geschat op 63 mln Nm<sup>3</sup> per jaar.
- In het midden scenario wordt aangenomen dat de geïnjecteerde stikstof het gas zowel uit de Basal

	<p>Dongen Tuffite (NLFFT), Landen Clay (NLLFC) als de Ommelanden Chalk (CKGR) zal verplaatsen. Het additionele productievolume in dit scenario is berekend op 673 mln Nm<sup>3</sup>. Het stikstofvolume dat geïnjecteerd moet worden om het gas te verplaatsen is dan 83 mln Nm<sup>3</sup> per jaar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Het hoog scenario is gelijk aan het midden scenario, maar met de aanname dat de additionele productie opgevoerd kan worden tot 904 mln Nm<sup>3</sup> dankzij goed producerende lagen in de Basal Dongen Tuffite (NLFFT). Om dit productievolume te realiseren moet er 96 mln Nm<sup>3</sup> stikstof per jaar geïnjecteerd worden.</li> </ul> <p>Afwijkingen van de voorspelling door onvoorzien omstandigheden van technische of economische aard zijn mogelijk. Dit kan invloed hebben op de totale hoeveelheid te produceren gas en op de fasering van de productie. Indien de totale hoeveelheid te produceren gas buiten de voorspellingen van het laag en hoog scenario komt te liggen, zal een wijziging van het winningsplan ingediend worden.</p>						
<p>Mw 35 lid 1b</p>	<p><b>B5.4) Duur van de winning</b></p> <p>Productie van de voorkomens in De Wijk eindigt naar verwachting rond 2030 wanneer het Ten Arlo Systeem, waar het gas naartoe wordt geproduceerd, niet meer rendabel geëxploiteerd kan worden.</p> <p>De winning zal worden beëindigd indien de totale kosten van de winning groter zijn dan de opbrengsten van de winning of eerder, indien voortzetting van de winning niet plaats kan vinden door onvoorzien technische, geologische, geofysische of andere oorzaak.</p>						
<p>Mb 24 lid 1i</p>	<p><b>B6) Stoffen die jaarlijks worden mee geproduceerd</b></p> <p>Samen met de gasproductie worden uit dit voorkomen water en condensaat geproduceerd. De geproduceerde hoeveelheid water en condensaat is afhankelijk van de totale gasproductie. Naar verwachting zal door stikstofinjectie de Condensaat-Gas verhouding (CGR) en Water-Gas verhouding (WGR) laag zijn.</p> <p>De CGR en WGR waarden staan in de volgende tabel:</p> <table border="1" data-bbox="443 1055 1241 1144"> <thead> <tr> <th>Voorkomen</th> <th>CGR (m<sup>3</sup>/mln m<sup>3</sup> gas)</th> <th>WGR (m<sup>3</sup>/mln m<sup>3</sup> gas)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>De Wijk</td> <td>&lt;0.1</td> <td>&lt;0.1</td> </tr> </tbody> </table> <p>De waarden voor de WGR stijgen naarmate de druk van het reservoir afneemt.</p>	Voorkomen	CGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)	WGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)	De Wijk	<0.1	<0.1
Voorkomen	CGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)	WGR (m <sup>3</sup> /mln m <sup>3</sup> gas)					
De Wijk	<0.1	<0.1					
<p>Mb 24 lid 1i</p>	<p><b>B7) Jaarlijks eigengebruik bij winning</b></p> <p>Op de locatie WYK-13 wordt voor eigen gebruik (fakkelspoelgas en waakvlam) jaarlijks ca. 0,070 mln Nm<sup>3</sup> gas aangewend. Op de centrale behandelingslocatie Ten Arlo wordt jaarlijks voor eigen gebruik (fornuis + fakkelspoelgas + fakkelspoelgas + fakkelspoelgas) ca. 0,23 mln Nm<sup>3</sup> gas aangewend.</p> <p>Deze waarden zijn gebaseerd op de gemiddelde waarde uit de jaren 2011 t/m 2014 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.</p> <p>De genoemde locaties worden ook gebruikt voor de productie van gas van de voorkomens De Wijk / Wanneperveen en Coevorden (voor locatie Ten Arlo). De extra productie van gas door De Wijk Fase 2 zal een beperkte invloed hebben op het eigengebruik.</p>						
<p>Mb 24 lid 1j</p>	<p><b>B8) Jaarlijks bij winning afgeblazen/afgefakkelde koolwaterstoffen</b></p> <p>Het volume gas dat jaarlijks op de locatie WYK-13 wordt afgefakkeld/afgeblazen (bijv. ten gevolge van onderhoud) is te verwaarlozen.</p> <p>Op de locatie Ten Arlo (ARL) wordt er per jaar ongeveer 0,02 mln Nm<sup>3</sup> aan gas afgefakkeld dan wel afgeblazen (ten gevolge van bijv. onderhoud of storing). Er wordt op deze locatie gas behandeld van meerdere voorkomens.</p> <p>Deze gegevens zijn gebaseerd op de werkelijke waarden uit de jaren 2011 t/m 2014 en dienen als indicatie gebruikt te worden voor de komende jaren.</p> <p>De genoemde locaties worden ook gebruikt voor de productie van gas van de voorkomens De Wijk / Wanneperveen en Coevorden (voor locatie Ten Arlo). De extra productie van gas door De Wijk Fase 2 zal een beperkte invloed hebben op het affakkelen/afblazen van gas.</p>						

Mb 24 lid 1k	<p><b>B9) Jaarlijks bij winning in de ondergrond terug te brengen delfstoffen en andere stoffen</b></p> <p>Het vrijkomende productiewater wordt niet in het voorkomen geïnjecteerd, maar vanaf de locaties Wijk-13 en Ten Arlo met tankwagens afgevoerd naar Schoonebeek waar uiteindelijk het productiewater in de diepe ondergrond wordt geïnjecteerd.</p> <p>Het condensaat dat vrijkomt bij de gasproductie behorende bij dit winningsplan wordt per tankwagen getransporteerd naar een verlaadpunt in Delfzijl.</p>
-----------------	--

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

Mw  
35 lid  
1f

### C1) Aard van de bodemdaling

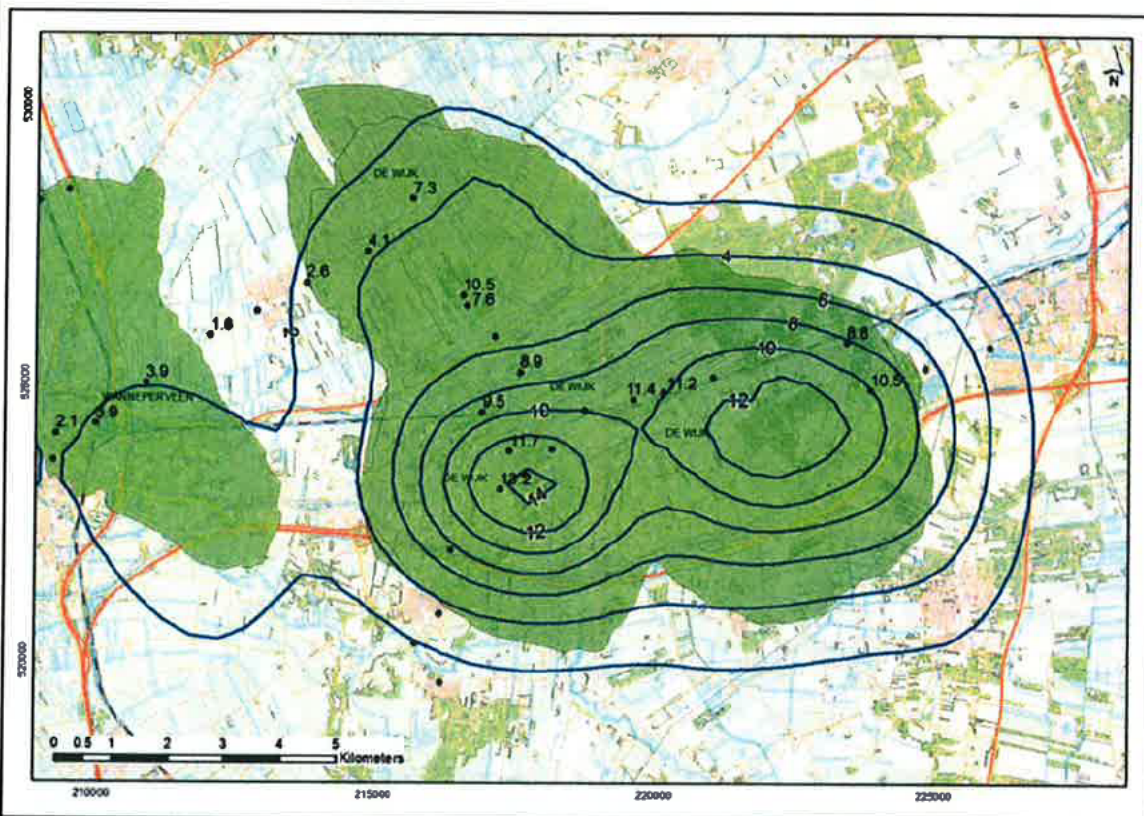
Door de winning van gas uit olie- en gasvoerende gesteentelagen zal de druk in de poriën van het gesteente verminderen waardoor compactie van de olie- en gasvoerende lagen optreedt. Dit manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van bodemdaling. Zie voor een uitgebreide beschrijving van het bodemdalingsproces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

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

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

#### Gekalibreerd bodemdalingsmodel

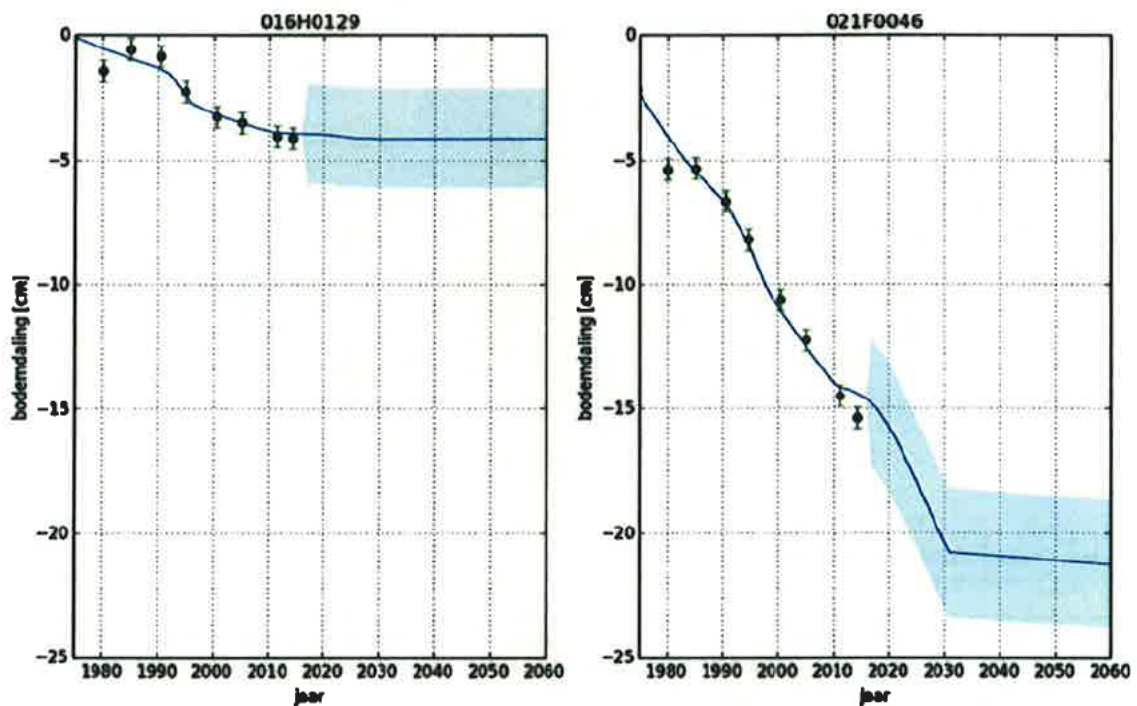
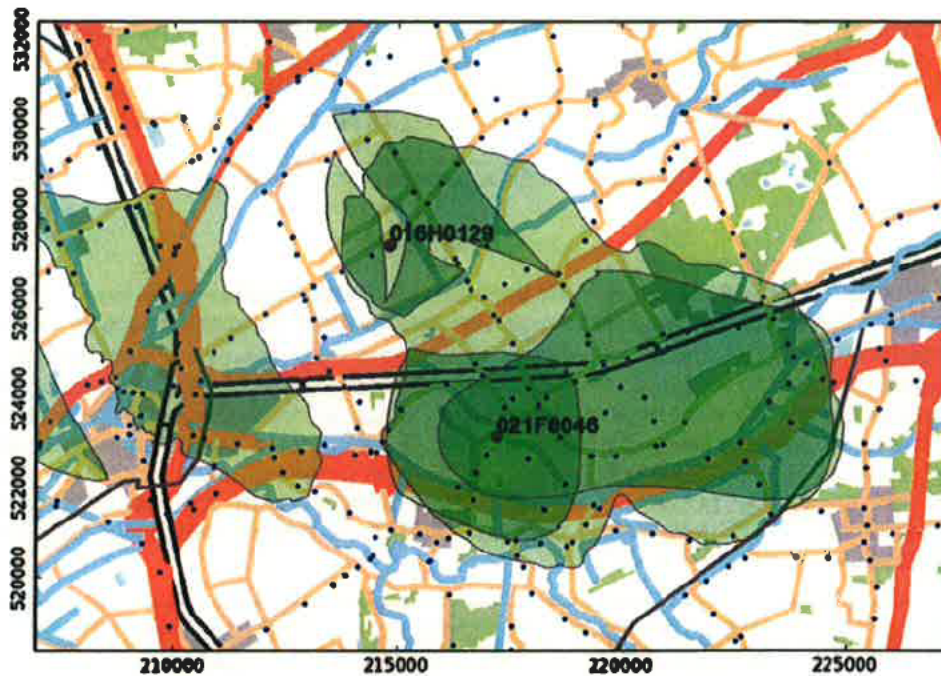
De meest recente bodemdalingsmeting in dit gebied heeft plaatsgevonden in het jaar 2014 ("Meetregister bij het meetplan Zuidoost Drenthe, Rapportage van de nauwkeurigheidswaterpassing Zuidoost Drenthe 2014", EP201506207718). Deze en alle andere beschikbare metingen uit het verleden zijn gebruikt om het bodemdalingsmodel te kalibreren. In figuur C1 wordt de in 2014 op de peilmerken gemeten daling sinds de nulmeting in 1974 weergegeven door punten. Deze getoonde punten vormen slechts een klein deel van het totaal aantal punten dat gebruikt is in de gemiddelde beste passing. Daardoor kunnen afwijkingen ontstaan op individuele punten tussen meting en modelresultaten. De blauwe lijnen geven de contouren van de gemodelleerde bodemdaling door gaswinning tot het jaar 2014. De historische bodemdaling is voornamelijk veroorzaakt door productie uit de diepere twee reservoirs "De Wijk Lower Cretaceous/Triassic (WYK-KN/RN/RB)<sup>3</sup>".



Figuur C1: In 2014 gemeten bodemdaling op basis van waterpassing sinds de nulmeting in 1974 zijn gegeven als punten. De contouren laten de modelberekeningen zien. Voor de kalibratie zijn alle beschikbare waterpassingmetingen gebruikt.

Om inzicht te verkrijgen in de kwaliteit van het model zijn twee meetpunten geselecteerd, waarbij het model vergeleken wordt met de metingen in de tijd (Figuur C2). Figuur C2 toont ook voorspellingen van de nog te verwachten bodemdaling plus een onzekerheidsmarge van +/-40%. Deze onzekerheidsmarge wordt in het laatste deel van deze paragraaf besproken.

<sup>3</sup> Voorkomen wordt beschreven in het winningsplan voor "De Wijk Wanneperveen" (2012)



Figuur C2: Vergelijking van gemeten (groene punten in grafiek) en gemodelleerde bodemdaling voor twee peilmerken. De meetonzekerheid in de metingen (gekozen als één standaard deviatie) bedraagt 4mm per meetpunt. De blauwe lijn toont de voorspelde bodemdaling op deze locatie, met een onzekerheid van +/- 40% (licht blauwe gebied) op de te verwachte bodemdaling met een minimum van 2cm.

### Toekomstige bodemdaling

De bodemdaling tot nu toe is voornamelijk veroorzaakt door productie uit het dieper voorkomen (De Wijk Lower Cretaceous/Triassic). Het ondiepe voorkomen bestaat uit drie reservoirlagen, namelijk de fijnzandige De Wijk Basal Dongen Tuffite (NLFFT) en Landen Clay (NLLFC) reservoirs en een kalksteen reservoir Ommelanden Chalk (CKGR). De bodemdaling door productie uit het ondiepe voorkomens zal anders verlopen, zowel door de diepte van de reservoirs als door de stikstofinjectie die de bodemdaling zal beperken.

De compactie van de kalksteenlaag CKGR kan zich als gevolg van drukdaling anders gedragen dan de twee fijnzandige reservoirs. Naast de elastische compactie zou er ook "pore collapse" (een niet-elastisch mechanisme dat zorgt voor een extra reductie van het bulkvolume van het gesteente) en "kruip" (na-ijlende compactie) kunnen optreden.

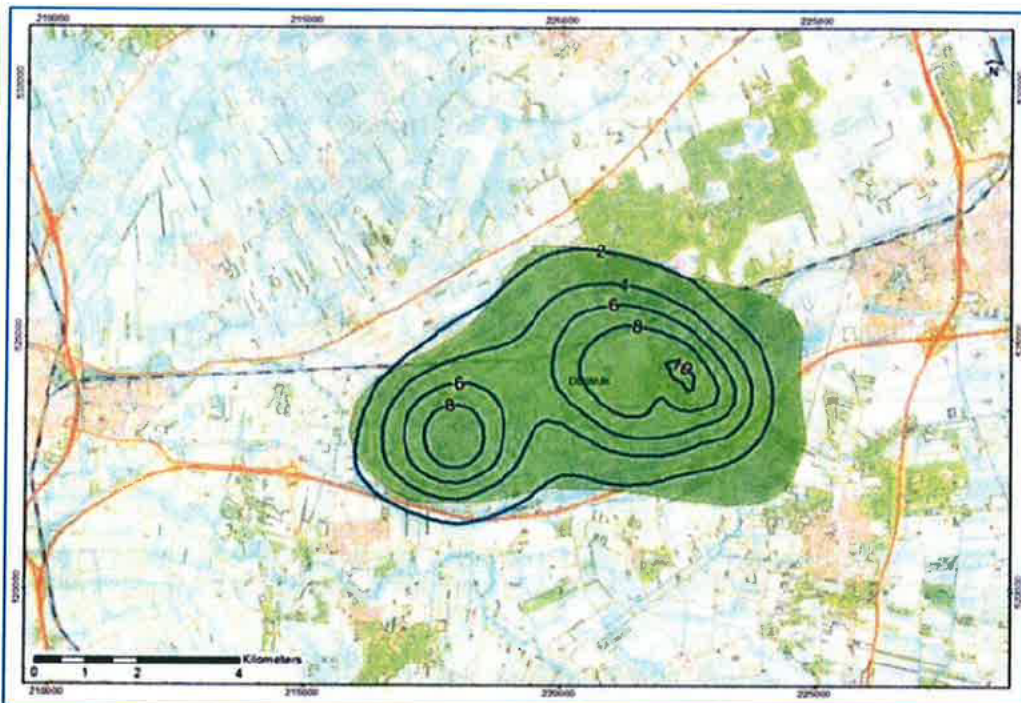
Het Norwegian Geotechnical Institute (NGI), dat veel ervaring heeft met kalksteen velden, is gevraagd om de te verwachten compactie als gevolg van drukdaling in het kalksteen reservoir (CKGR) te berekenen. De bodemdalingberekening is beschreven in de volgende rapporten:

- *Compaction assessment of a depleting shallow chalk reservoir, DeWijk compaction and subsidence study NGI 20130660-01-R 13 May 2015*<sup>4</sup>
- *DeWijk Phase 2: Compaction assessment of a depleting shallow chalk reservoir, 2D axisymmetric FE analysis, 20130660-02-R 6 November 2014*<sup>5</sup>.

Als invoergegevens heeft het NGI de resultaten van laboratoriumexperimenten en waterpasgegevens gebruikt. De rekenmethode bevat naast de gebruikelijke elastische compactie ook effecten van pore collapse en kruip zoals hierboven beschreven. Met behulp van waterpasgegevens is het model gekalibreerd aan metingen tijdens de vroegere productie periode van de bovenste drie reservoirs.

Als gevolg van de stikstofinjectie zal slechts een geringe drukdaling in het reservoir rond de productieputten plaatsvinden. Als pore collapse zou optreden, kan dit slechts op zeer beperkte schaal plaatsvinden in de directe omgeving (enkele meters) van deze productieputten. De kruip die is berekend tot 30 jaar na beëindiging van de productie bedraagt enkele cm. Het compactiemodel dat door NGI is voorgesteld is gebruikt om de toekomstige bodemdaling te berekenen.

De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de voorkomens zoals beschreven in dit winningsplan is weergegeven in figuur C3. De nog te verwachten bodemdaling door gaswinning uit de in dit winningsplan beschreven voorkomen is minder dan 11 cm en zal worden bereikt in het jaar 2060.

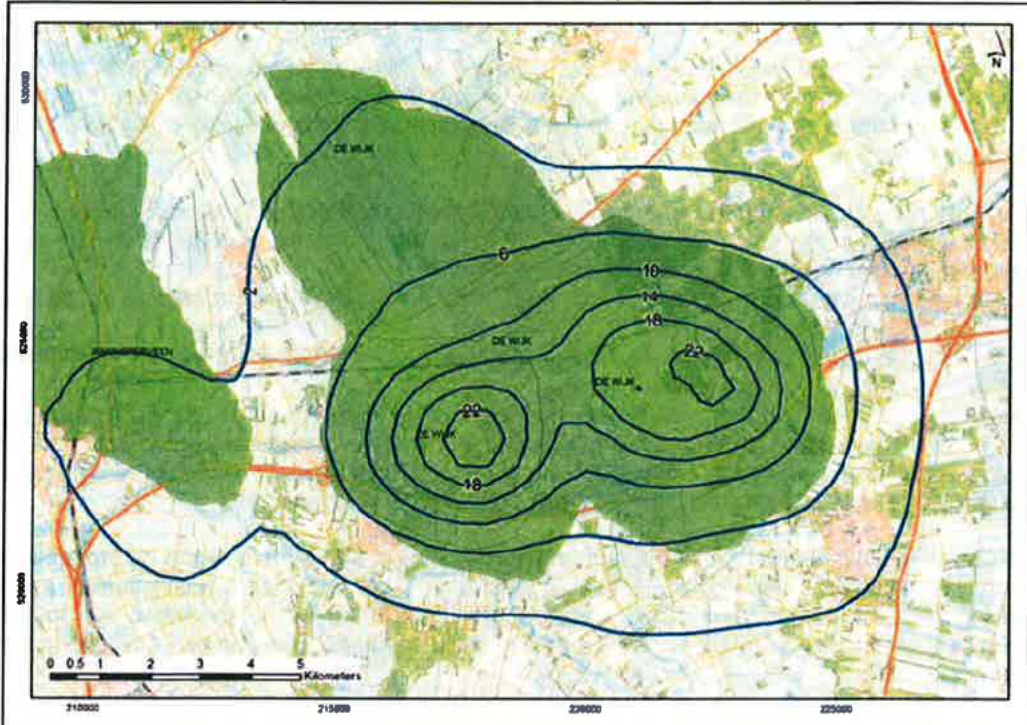


Figuur C3: Nog te verwachten bodemdaling in cm (2016 – 2060) veroorzaakt door productie uit het voorkomen De Wijk Basal Dongen Tuffite/ Landen Clay/ Chalk.

<sup>4</sup> <http://s01.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/business/nam/downloads/pdf/technische-rapporten-compactie-en-bodemdeling-deel-1.pdf>

<sup>5</sup> <http://s05.static-shell.com/content/dam/shell-new/local/business/nam/downloads/pdf/technische-rapporten-compactie-en-bodemdeling-deel-2.pdf>

Na het beëindigen van de winning in 2030 plus een periode van 30 jaar waarvoor kruip en effecten van drukkivellering zijn berekend (2060) zal de totale bodemdaling door gaswinning maximaal circa 24 cm bedragen (Figuur C4). Deze daling is een combinatie van daling tot nu toe (Figuur C1), daling door productie zoals beschreven in dit winningsplan (Figuur C3) en een beperkte daling door productie uit het dieper voorkomen De Wijk Lower Cretaceous/Triassic (WYK-KN/RN/RB)<sup>6</sup>.



Figuur C4: Prognose van de totale bodemdaling als gevolg van gaswinning voor 2060. De contourlijnen geven de bodemdaling in cm aan.

#### Onzekerheid in verwachte bodemdaling

Er is onzekerheid bij de bepaling van de toekomstige bodemdaling door de onzekerheden in de bij de berekening gebruikte invoergegevens en de betrouwbaarheid van het gebruikte gesteentemechanische model. Echter, voor dit winningsplan is bodemdaling **beheersbaar** door het optimaal balanceren van injectie- en productievolumes en het tegelijkertijd meten van de compactie en bodemdaling.

In de rapporten van NGI is de onzekerheid in bodemdaling geschat op basis van het bereik van de mogelijke waarden voor de verschillende invoergegevens. Deze schatting resulteert uiteindelijk in een onzekerheid van rond +/- 40% voor de toekomstige bodemdaling zoals getoond in Figuur C2. Tevens is een minimum absolute onzekerheid van 2 cm gebruikt om alleen significante afwijkingen tussen modelwaarden en metingen te kunnen vaststellen.

In sectie C4 is beschreven met welke middelen en maatregelen de bodemdaling gemonitord cq. beperkt wordt.

Mb 24  
lid 1q

### C3) Omvang en aard van mogelijke schade

#### C3.1 Algemeen

Bodemdaling door gaswinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte en gelijkmatige schotel. Deze schotel veroorzaakt een zeer geringe helling van maximaal een paar centimeter over een kilometer afstand aan het maaiveld.

#### C3.2 Schade aan openbare infrastructuur door bodemdaling

Omdat bodemdaling een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft, wordt geen directe schade aan infrastructuur verwacht. Niet uitgesloten is echter dat de bodemdaling gevolgen kan hebben voor het normale beheer en het onderhoud van waterkeringen en waterlopen. Voor zover dat beheer onvermijdelijk te maken meerkosten met

<sup>6</sup> Voorkomen wordt beschreven in de Wijk Wanneperveen Winningsplan (2012)

	<p>zich meebrengt die, in overeenstemming met het gestelde in onderdeel C5, voor vergoeding in aanmerking komen dan rust op NAM de verplichting die schade overeenkomstig de regels van het burgerlijk recht te vergoeden. In sommige gevallen loopt dat via een hiertoe ingestelde commissie. In andere gevallen kunnen afspraken worden gemaakt in bilateraal verband met de betreffende waterschappen. De verwachte bodemdaling behorend bij dit winningsplan en beschreven in de MER, is besproken met het waterschap Drents Overijsselse Delta (voorheen waterschap Reest en Wieden).</p> <p><b>C3.3 Schade aan bouwwerken door bodemdaling</b></p> <p>Omdat bodemdaling door gaswinning een geleidelijk en gelijkmatig verloop heeft en de resulterende vervorming (zoals scheefstand, kromming en horizontale rek) van de bovengrond zeer klein is, wordt geen directe schade aan bebouwing verwacht. Hierbij wordt verwezen naar "Studieresultaten betreffende ongelijkmatige zakkingen in verband met aardgaswinning in de provincie Groningen; een uitgave van de Commissie Bodemdaling door Aardgaswinning; maart 1987"<sup>7</sup>. Meer recente rapporten die mogelijke oorzaken van schade in het gebied rondom West-Groningen<sup>8</sup> en Loppersum<sup>9</sup> beschrijven bevestigen dit beeld.</p> <p><b>C3.4 Schade aan natuur en milieu door bodemdaling</b></p> <p>Bodemdaling door gaswinning kan het waterpeil t.o.v. het maaiveld beïnvloeden. Waterpeilen zijn vastgelegd in peilbesluiten. Indien een relatieve stijging van het waterpeil t.o.v. het maaiveld kan leiden tot negatieve effecten, moet dit worden tegengaan door aanpassingen in de waterafvoer (compartimentering, versnelde afvoer waterbezwaar). Het waterschap is verantwoordelijk voor het waterbeheer in het beheersgebied. Met het betreffende waterschap Drents Overijsselse Delta is gesproken om zorg te dragen dat er geen negatieve effecten ontstaan (zie paragraaf C5).</p>
Mb 24 lid 1r	<p><b>C4) Maatregelen om bodemdaling te voorkomen / te beperken</b></p> <p>Tijdens de productieperiode van De Wijk Fase 2 zal de bodemdaling uitgebreid gemonitord worden door middel van waterpassing, InSAR (satelliet) en GPS. Indien een gedrag van bodemdaling wordt vastgesteld dat afwijkt van het verwachte gedrag van bodemdaling, kan de druk in het reservoir worden aangepast, bijvoorbeeld door tijdelijk minder gas te produceren dan dat er stikstof aan het reservoir wordt toegevoegd.</p> <p>Rapportage van de opgetreden bodemdaling geschiedt zoals beschreven in het Meetplan De Wijk / Wanneperveen 2016<sup>10</sup>. Vijf jaar na de start van productie zoals beschreven in dit winningsplan, zal NAM een rapport leveren waarin de bodemdalingberekeningen worden vergeleken met de tot dan toe gemeten data. De verwachte bodemdalingprognose plus onzekerheid zal op dat moment ruim onder de bodemdaling liggen die gebruikt is voor de effectenstudie op de waterhuishouding (zie ook sectie C5). Indien de metingen aanleiding geven tot een aanpassing van de nog te verwachten bodemdaling zal NAM mogelijke mitigerende maatregelen bespreken met het waterschap en SodM.</p>
Mb 24 lid 1s	<p><b>C5) Maatregelen die gevolgen van schade door bodemdaling beperken of voorkomen</b></p> <p>Zoals beschreven in sectie C3 wordt geen schade aan bouwwerken verwacht. De mogelijke effecten van de bodemdaling op de waterhuishouding zijn onderzocht in de studie "Effectenstudie bodemdaling de Wijk op de waterhuishouding (2015, kenmerk GM-0159694)" die is uitgevoerd door Grontmij onder toezicht van het Waterschap Reest en Wieden (heet nu Waterschap Drents Overijsselse Delta). Eventuele kosten die voortvloeien uit het nemen van mitigerende maatregelen als gevolg van veranderingen in de grondwaterspiegel door de bodemdaling zullen worden vergoed door NAM.</p>

<sup>7</sup> <http://www.commissiebodemdaling.nl/gebouwschade/onderzoek/>

<sup>8</sup> [http://www.namplatform.nl/gaswinning-en-aardbevingen/aardbevingen/onderzoek-aardbevingsschade-buiten-contour/ocr\\_content/par/textimage\\_1820293032.stream/1458749672644/cc9011210377240167e4d080487a1027fb06bca3eaa92200320c265291fad95/addendum-bodem-and-water-groningen-west-4b.pdf](http://www.namplatform.nl/gaswinning-en-aardbevingen/aardbevingen/onderzoek-aardbevingsschade-buiten-contour/ocr_content/par/textimage_1820293032.stream/1458749672644/cc9011210377240167e4d080487a1027fb06bca3eaa92200320c265291fad95/addendum-bodem-and-water-groningen-west-4b.pdf)

<sup>9</sup> [http://www.commissiebodemdaling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum\\_def\\_par\\_20110421.pdf](http://www.commissiebodemdaling.nl/files/1202097-000-BGS-0003-r-Gebouwschade%20Loppersum_def_par_20110421.pdf)

<sup>10</sup> <http://nlog.nl/geodetische-meetregisters-en-gps-metingen>

	<b>D) Gegevens inzake bodemtrilling als gevolg van de winning van koolwaterstoffen.</b>
Mw 35 lid 1f	<p><b>D1) Aard van de bodemtrilling</b></p> <p>Compactie van de olie- en gasvoerende lagen kan onderlinge beweging tussen gesteentelagen veroorzaken. Dit kan zich soms aan de oppervlakte manifesteren in de vorm van bodemtrillingen. Deze sectie D beschrijft het seismisch risico en mogelijke maatregelen gerelateerd aan de gasproductie beschreven in dit winningsplan.</p> <p>Naast productie van gas vindt in dit winningsplan ook injectie van stikstof plaats. Het effect van injectie op eventuele bodemtrilling wordt in sectie D2.2 en in bijlage 2 beschreven.</p> <p>Om de doorlatendheid van het gashoudende gesteente te vergroten kunnen operators gebruikmaken van de hydraulische stimulatie-techniek of zuurstimulatie. De kans op schadelijke bodembeweging (trilling en daling) die zou kunnen volgen uit deze operaties wordt als verwaarloosbaar ingeschat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De kans op eventuele bodembeweging als gevolg van een kortdurende zuurstimulatie is verwaarloosbaar gezien de beperkte volumes die gebruikt worden. Dit is een activiteit die met grote regelmaat en wereldwijd in de olie en gas industrie toegepast wordt en voor zover bekend zijn dergelijke gevolgen nog nooit gerapporteerd.</li> <li>• Er zijn geen plannen om hydraulische stimulatie toe te passen op de reservoirs in dit winningsplan.</li> </ul>
Mb 24 lid 1p	<p><b>D2) Risicoanalyse bodemtrilling</b></p> <p><b>D2.1 Risico voor bodemtrillingen als gevolg van geïnduceerde bevingen door gasproductie</b> In Nederland is/wordt uit ongeveer 140 olie- en gasvelden op het vasteland geproduceerd. Boven een beperkt aantal velden (ca. 20%) zijn bevingen geregistreerd. Boven ongeveer 20% van de velden zijn bevingen geregistreerd. Boven 11 velden zijn bevingen geregistreerd die ook duidelijk aan het oppervlak voelbaar waren (Magnitude meer dan 2,0 op de schaal van Richter).</p> <p>Het De Wijk veld beschreven in dit winningsplan is seismisch niet actief geweest.</p> <p>Recent heeft SodM een tijdelijke leidraad voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd<sup>11</sup>. De SRA voorziet in een analyse van het seismisch risico op basis van veld-specifieke kwantitatieve parameters en geeft een richtlijn voor maatregelen die passend zijn bij een bepaalde risicocategorie die uit de analyse volgt. De basis van de analyse wordt uitgelegd in bijlage 1.</p> <p><b>Seismische Risico Analyse (SRA) voor de reservoirs binnen dit winningsplan</b> Bijlage 1 geeft een uitgebreid overzicht van de waarden van de parameters die gebruikt worden in de formules zoals gehanteerd in de SRA en hoe deze bepaald zijn. Uit de analyse blijkt dat het De Wijk voorkomen een <b>verwaarloosbare kans heeft op bevingen</b>, waarmee het voorkomen uitkomt in de laagste risicocategorie (I). Voor dit type voorkomens hoeft verder geen risicomatrix te worden uitgewerkt (stap 2).</p> <p><b>D2.2 Risico voor bodemtrillingen als gevolg van geïnduceerde bevingen door gasinjectie</b> TNO heeft recentelijk onderzoek gedaan naar de mogelijke mechanismes die aardbevingen kunnen veroorzaken bij stikstofinjectie<sup>12</sup>. Tevens wordt in dit onderzoek een overzicht gegeven van de water- en gasinjecties in Nederland<sup>13</sup>. Op basis van het aantal waarnemingen in Nederland is het seismisch risico voor injectie tot nu toe zeer beperkt.</p> <p>Bijlage 1 beschrijft in meer detail wat de mogelijke mechanismes kunnen zijn die injectie geïnduceerde aardbevingen kunnen veroorzaken en of deze van toepassing zijn voor De Wijk. Naar aanleiding van deze analyse wordt geconcludeerd dat de kans op injectie-geïnduceerde bevingen als verwaarloosbaar kan worden ingeschat.</p>
Mb 24 lid 1q	<p><b>D3) Omvang en aard van de schade</b></p> <p><b>D3.1 Schade aan openbare infrastructuur door bodemtrillingen</b></p>

<sup>11</sup> Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016

<sup>12</sup> Synthesis of the main findings from the three main parts of the study (TNO-rapport 2015 R11648, 21 december 2015).

<sup>13</sup> Description and analysis of field cases of Injection in The Netherlands (TNO-rapport 2015 R10906, 5 november 2015).

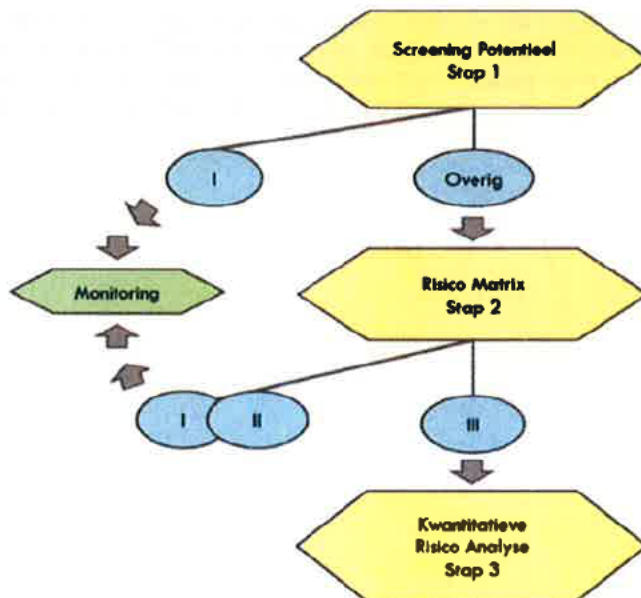
## Bijlage 1: Samenvatting SRA en gebruikte gegevens m.b.t. de SRA voor de voorkomens in dit winningsplan

### Samenvatting

De analyse in deze bijlage laat zien dat het voorkomen beschreven in dit winningsplan in risicocategorie 1 (zeer laag seismisch risico) valt. Verdere analyses of mitigerende maatregelen, in de vorm van additionele monitoring, zijn voor deze categorie niet nodig.

### SRA methodiek

Recent heeft SodM een tijdelijke richtlijn voor Seismische Risico Analyse (SRA) gepubliceerd (methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning tijdelijke leidraad voor adressering mbb. 24.1.p, versie 1.2, SodM, 1 februari 2016). De SRA gaat uit van het schema zoals getoond in Figuur 1.1.



Figuur 1.1: Schematische weergave van de verschillende stappen en risico categorieën (I, II, III) in de seismische risico inventarisatie (conform SodM, 2016)

#### Stap 1:

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

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

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

#### Stap 2:

In deze stap worden alle voorkomens bekeken die

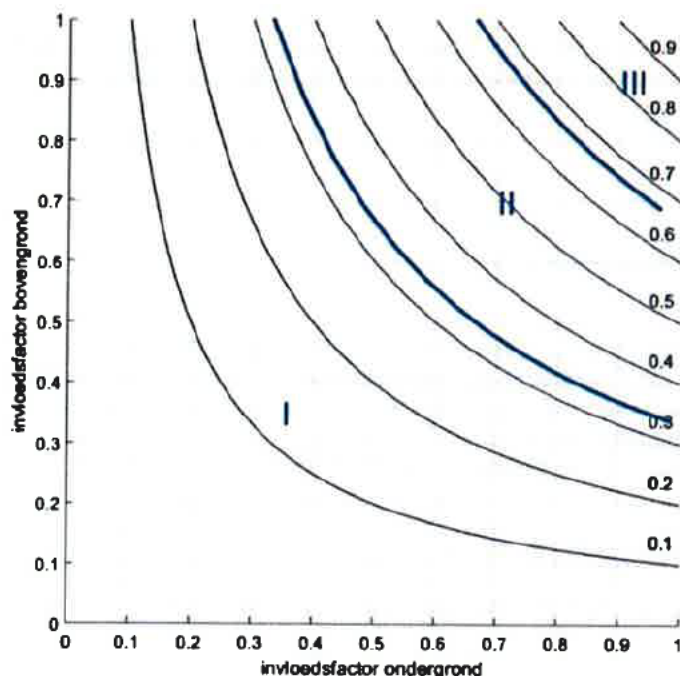
- seismisch actief zijn geweest en
- een hogere toekomstige kans op seismiciteit hebben (volgens de DHAIS methodiek) en waarvoor op basis van reservoircompactie of mogelijke breukverplaatsing de waarde voor  $M_{max}$  ("maximale bevingsmagnitude") hoger uitvalt dan  $M=2,5$

In stap 2 wordt op basis van een risico matrix benadering het risico van geïnduceerde aardbevingen verder gekwalificeerd. Figuur 1.2 geeft een schematische weergave van de verschillende factoren die bepalen of een geïnduceerde beving kan resulteren in een sterke groundbeweging (de "invloedfactoren ondergrond") en de verschillende factoren die invloed hebben op de grootte van de mogelijke gevolgen (de "invloedfactoren bovengrond").



Figuur 1.2: Schematische weergave van de bedreigingen en gevolgen van geïnduceerde bevingen en de verschillende invloedfactoren die daarbij een rol spelen (SodM, 2016).

In de risico matrix analyse worden de verschillende factoren zoveel mogelijk kwantitatief geanalyseerd en op basis van de uitkomst per factor gerankt. Over de scores van de individuele factoren wordt gesommeerd, zodat een totaalscore voor zowel de invloedfactoren ondergrond als de invloedfactoren bovengrond wordt bepaald. Deze worden genormaliseerd met het maximaal te behalen aantal punten voor ondergrond cq. bovengrond en in de risico matrix tegen elkaar uitgezet waarmee kwalitatief een risicocategorie wordt bepaald (zie Figuur 1.3).



Figuur 1.3: De risicomatrix. De zwarte lijnen zijn lijnen van gelijk genormaliseerd risico. De verdeling in categorieën is gedaan op basis van 1/3 en 2/3 van het genormaliseerde risico. (SodM, 2016).

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Stap 3:**

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

## **Uitwerking SRA voor dit winningsplan**

### **Stap 1: Inschatten risicopotentieel voor de verschillende voorkomens**

#### **De kans op beven van een olie- of gasvoorkomen**

In de studie 'Deterministische Hazard Analyse voor Geïnduceerde Seismiciteit (DHAIS)<sup>15</sup> is onderzocht welke eigenschappen (geologische, productietechnische en geomechanische eigenschappen) van de olie- en gasvoorkomens invloed hebben op het wel of niet optreden van aardbevingen. In 2012 is een update van deze studie uitgevoerd, waarin alle nieuwe data zijn meegenomen tot mei 2010<sup>16</sup>.

Aan de hand van de volgende parameters van een olie- of gasvoorkomen wordt de kans op beven van dat voorkomen bepaald:

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

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

Waarbij :

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

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

Waarbij:  $l_b$  = De totale breuklengte van de intra reservoir breuken en de randbreuken van het voorkomen in meters;

$h$  = De maximale dikte van de gaskolom van het voorkomen in meters;

$A$  = De oppervlakte van het voorkomen gemeten binnen de GWC dieptecontour (in vierkante meters);

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

<sup>15</sup> TNO-rapport NITG 04-171-C. Van Eijs, 2004. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit

<sup>16</sup> TNO-rapport 2012 R10198. Van Thienen, 2012. Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland.

Reeds bevende voorkomens	
DP/P <sub>ini</sub> ≥ 28%	B > 0,86 en E ≥ 1,34: P <sub>f</sub> = 0,42 ± 0,08
	B > 0,86 en 1,01 ≤ E ≤ 1,33: P <sub>f</sub> = 0,19 ± 0,05
	B < 0,86 en/of E < 1,01: verwaarloosbare kans
DP/P <sub>ini</sub> < 28%	Verwaarloosbare kans

De waarden die zijn gebruikt in de bepaling van de DHAIS kans zijn gegeven in Tabel 1.1. Voor beide reservoirs geldt dat de DHAIS kans "verwaarloosbaar" is wat automatisch betekent dat deze reservoirs en daarmee het voorkomen in risicocategorie 1 komen. Verdere analyses of mitigerende maatregelen, in de vorm van additionele monitoring, zijn niet meer nodig.

Tabel 1.1: Invoergegevens voor de bepaling van de DHAIS en de DHAIS kansen. Voor de "verwachte totale drukdaling" is uitgegaan van de maximum drukdaling rond de productieputten genomen, welke veel lager ligt dan de gemiddelde reservoirdruk.

Voorkomen	Reservoir dikte (m)	Initiele druk (bar)	Verwachte totale drukdaling (bar)	Totale breuklengte (km)	Reservoir oppervlakte (km <sup>2</sup> )	Maximale waargenomen aardbeving	Aantal aardbevingen per jaar	DHAIS E	DHAIS B	DHAIS kans
WYK Chalk	120	61	27	9,0	18,2	geen	geen	0,58	0,25	verwaarloosbaar
WYK NLFFT	30	61	23	13,1	31,2	geen	geen	1	0,26	verwaarloosbaar

#### Injectie-geïnduceerde bevingen.

De belangrijkste mechanismes bij het mogelijk optreden van injectie-geïnduceerde bevingen zijn onder andere beschreven in de recente TNO rapporten<sup>17,18,19</sup>. Per mechanisme wordt hieronder bepaald hoe relevant dit is voor het ondiepe De Wijk voorkomen.

- Een toename van de druk in een breuk ten opzichte van de druk in het gesteente. Een relatieve druktoename in de breuk leidt tot een afname van de normaalspanning op het breukvlak waardoor de breuk gereactiveerd kan worden. De top structuurkaart van het veld laat een aantal breuklijnen zien maar deze breuken hebben door het plastisch karakter van het reservoir niet de potentie om grote spanningen op te bouwen die zouden kunnen leiden tot het optreden van aardbevingen.
- Temperatuur; een verschil in temperatuur tussen het geïnjecteerde gas en het gesteente kan leiden tot spanningsveranderingen. Door de ondiepe ligging van de Wijk zal het temperatuurverschil tussen het geïnjecteerde gas en sediment klein zijn.
- Irreversibele spanningsveranderingen. Spanningspaden<sup>20</sup> gedurende productie en injectie zijn over het algemeen niet omkeerbaar. Dit wordt veroorzaakt door niet-elastische (plastische) deformatie van het gesteente gedurende de eerste fase van drukdaling. In de navolgende injectie fase kunnen de spanningspaden anders verlopen dan verwacht op basis van puur elastisch gedrag. Dit mechanisme zou een rol kunnen spelen in De Wijk maar ook in dit geval zal de mogelijk beperkte deformatie plaatsvinden via plastisch, niet seismisch gedrag van het sediment.

Voor alle bovenstaande punten geldt dus dat de observatie dat de reservoirs bestaan uit ongeconsolideerd sediment in plaats van reservoirgesteente belangrijk is voor de reductie van de seismische dreiging. Het voornaamste mechanische kenmerk van ongeconsolideerd sediment is de plastische vervorming bij verandering in spanning. De kalksteenlaag bestaat deels uit een meer competente kalksteen maar ook deze zal grotendeels plastisch vervormen, zoals voortvloeit uit de NGI studies

Sinds 2014 vindt er stikstofinjectie plaats in de diepere, meer competente, reservoirs van het De Wijk veld. Tot nu toe is er geen enkele beving geconstateerd boven en rondom deze reservoirs.

<sup>17</sup> Literature review on Injection-Related Induced Seismicity and its relevance to Nitrogen Injection (TNO-rapport 2014 R11761, 18 december 2014)

<sup>18</sup> Description and analysis of field cases of injection in The Netherlands (TNO-rapport 2015 R10906, 5 november 2015)

<sup>19</sup> Geomechanical modelling of the effects of (nitrogen) injection on fault stability in a reservoir, representative for a typical Rotliegend reservoir in the northern part of The Netherlands (TNO-rapport 2015 R11259, 11 november 2015)

<sup>20</sup> Het spanningspad beschrijft de verandering van de effectieve spanningen in het gesteente als gevolg van de drukverandering.



**NAM Nederlandse Aardolie Maatschappij B.V.**

Postbus 28000 9400 HH Assen

PostNL  
Port Betaald



to

De Nederlandse Aardolie Maatschappij



**BRON VAN ONZE ENERGIE**