

# Prognose bodemdaling Winningsplan 2018



Auteur : J. Visser  
Versie : 2  
Datum : 7 november 2018

## 1. INTRODUCTIE

In het Winningsplan 2018 <sup>1)</sup> beschrijft Nedmag het plan voor de productie van 315 ktpa  $MgCl_2$  met een totaal van 1.7 Mt  $MgCl_2$  voor Periode 1. Hierin wordt voorzien dat naar verwachting in de eerste 1 – 2 jaar voldoende pekkel wordt geproduceerd uit het TR-1 t/m TR-8/VE-4 cluster door bleed off. Omdat na 2 jaar de productie uit het cluster zal gaan afnemen, zal er ook actief pekkel worden geproduceerd met bestaande cavernes VE-3 en TR-9.

Bij verdergaande vermindering van de clusterproductie is het nodig vier nieuwe cavernes VE-5 t/m VE-8 te boren en te ontwikkelen vanaf Well Head Centre 1 in Borger-compagnie.

De nieuwe VE-5 t/m 8 cavernes zijn gericht op het oplossen Bischofiet uit de ZE-III 1b afzetting. Na sumpvorming zal onder licht sub-lithostatische druk condities Bischofietische pekkel worden geproduceerd met een geringe bijdrage van 1 – 2 mm per jaar aan bodemdaling. Nadat de VE-5 t/m VE-8 cavernes voldoende volume hebben gekregen wordt overgegaan op squeeze productie waarbij de druk in de caveerne geleidelijk wordt verlaagd tot de hieruit geproduceerde pekkel voor ca. 40 % uit squeezepekkel bestaat. In deze fase zullen de cavernes VE-5 t/m VE-8 gaan bijdragen aan bodemdaling.

Nadat een cumulatieve productie van 1.7 Mton  $MgCl_2$  wordt bereikt in Periode 1, wordt de injectie van water gestopt en in Periode 2 pekkel geproduceerd door bleed off uit bestaande en nieuwe cavernes.

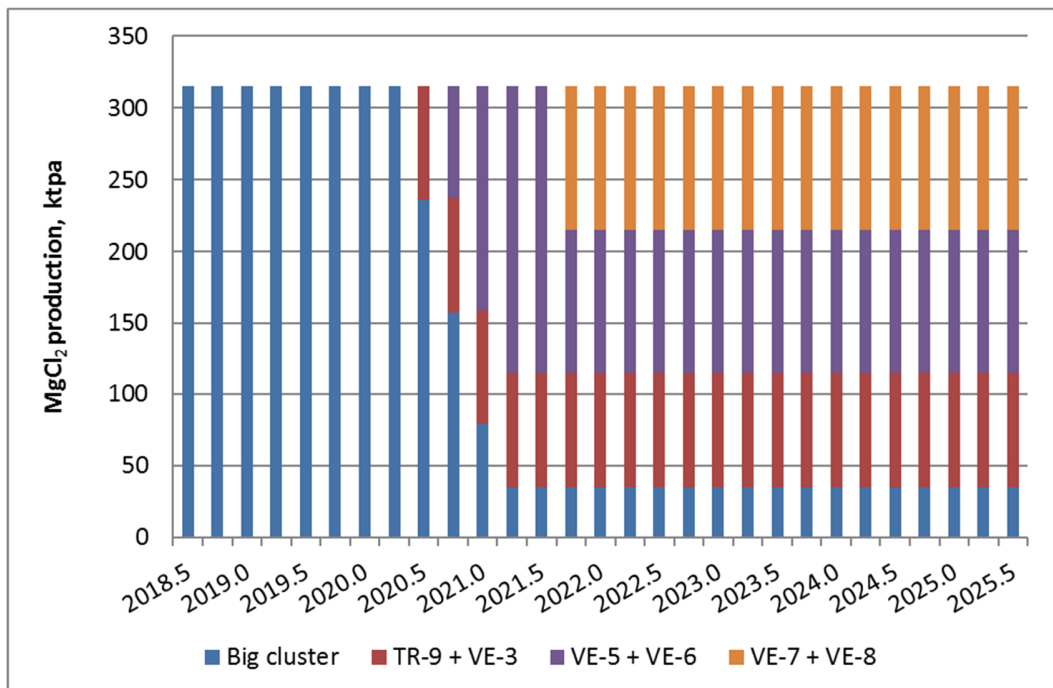
Deze notitie beschrijft de voorziene bodemdaling die mag worden voorzien gedurende:

- Periode 1 van het Winningsplan 2018: met bleed off van vrije pekkel uit het cluster en actieve productie met VE-3, TR-9 en later ook nieuwe cavernes VE-5 t/m VE-8.
- Periode 2 met bleed off van resterende vrije pekkel uit het cluster alsmede de vrije pekkel uit cavernes VE-1 t/m VE-3, TR-9 en VE-5 t/m VE-8.

## 2. WINNINGSPLAN 2018

### 2.1 Productieplanning

De fasering van inzet van bestaande en toekomstige cavernes tijdens Periode 1 is weergegeven in onderstaande Figuur 1.



Figuur 1: Inzet van cavernes voor 315 ktpa MgCl<sub>2</sub> productie in Periode 1

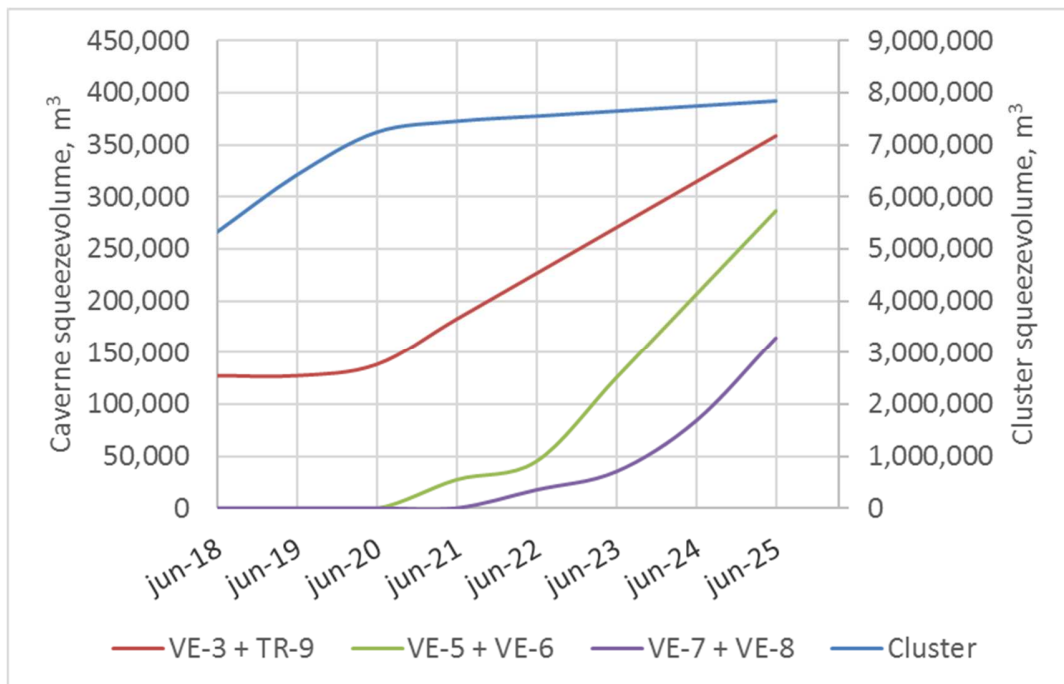
Of dit productieprofiel kan worden gerealiseerd is afhankelijk van een aantal factoren zoals o.a. de werkelijke hoeveelheid winbare pekels uit het cluster en het succes van de nieuwe VE cavernes. Voor de berekening van de bodemdalingseffecten van de nieuwe VE cavernes wordt ervan uitgegaan dat deze twee aan twee gelijktijdig worden ontwikkeld met gelijke productie.

## 2.2 Ontwikkeling van squeezevolume in Periode 1

Bij de berekening van het squeezevolume van nieuwe cavernes VE-5 t/m VE-8 is uitgegaan van een squeezebijdrage van 8 % aan de hieruit geproduceerde pekels tijdens de eerste licht sub-lithostatische ontwikkeling. In de squeeze operatie worden de cavernedrukken verlaagd tot een minimale squeezebijdrage van 40 %.

De aangehouden squeeze-bijdragen van het cluster, VE-3 en TR-9 zijn respectievelijk 100, 10 en 44 %, de laatste gebaseerd op de historie van deze cavernes.

De ontwikkeling van het squeezevolume vanaf 1993 voor het cluster en de andere actieve cavernes is weergegeven in Figuur 2. Duidelijk is dat de squeezevolumes uit het cluster en VE-3/TR-9 overheersen met een relatieve bijdrage van ca. 5 % voor VE-5 t/m VE-8 aan het eind van Periode 1.



Figuur 2: Squeezevolume ontwikkeling vanaf 1993 bij 315 ktpa MgCl<sub>2</sub> productie in Periode 1

### 2.3 Ontwikkeling van totaal en vrije pekervolume in Periode 1

De ontwikkeling van totaal pekervolume is berekend met het massabalans model v2<sup>2)</sup> met input van procesgegevens en gemeten pekelsamenstelling. Voor de berekening voor de nieuwe VE cavernes is ervan uitgegaan dat deze een typische Bischofietische pekelsamenstelling gaan produceren en dat de Bischofiet-lagen dik genoeg zijn om de gewenste squeezesnelheid mogelijk te maken.

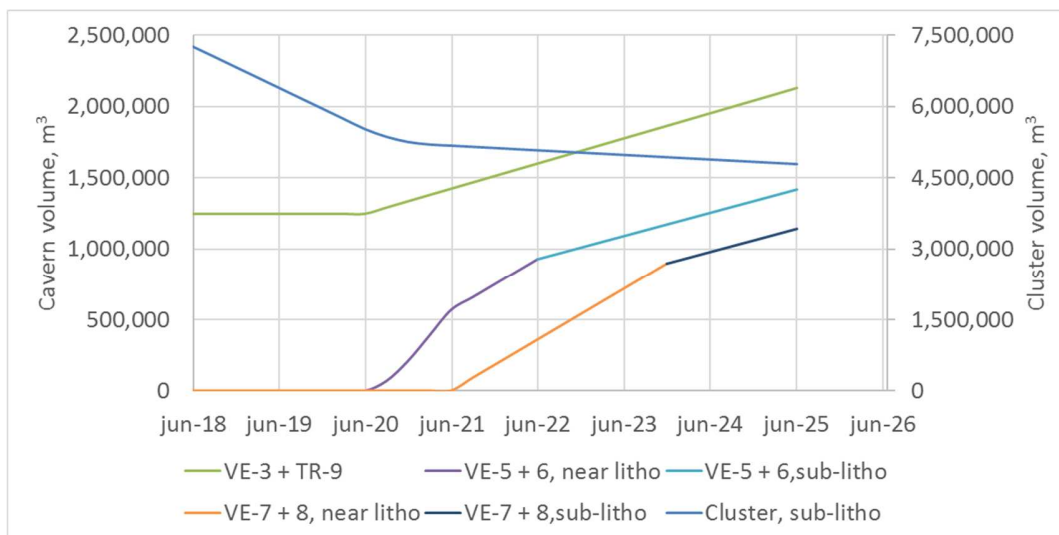
De berekening van het gebonden volume is gebaseerd op de simulatie van selectief oplossen van Bischofiet uit zoutsamenstelling afgeleid uit boorgat metingen, hieruit resulteert een bulking factor en de gebonden pekelpductie per m<sup>3</sup> injectiewater<sup>3)</sup>.

	Bulking factor	Gebonden pekkel vorming
		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> injectie water
TR-1	1.14	0.472
TR-2	1.10	0.594
TR-3	1.17	0.604
TR-4	1.18	0.630
TR-5	1.18	0.608
TR-6	1.10	0.355
TR-7	1.22	0.989
TR-8	1.22	1.030
TR-9	1.13	0.556
VE-2	1.22	0.475
VE-3	1.15	0.642
VE-4	1.15	0.650

Tabel 1: Berekende bulking factor en gebonden pekkel vorming bij selectief oplossen van Bischofiet

Voor de nieuwe VE cavernes is uitgegaan van een bulking factor van 1.15 waarbij 0.65 m<sup>3</sup> gebonden pekkel ontstaat per m<sup>3</sup> injectiewater. Een nauwkeuriger berekening hiervan zal worden gedaan wanneer de boorlogs beschikbaar zijn.

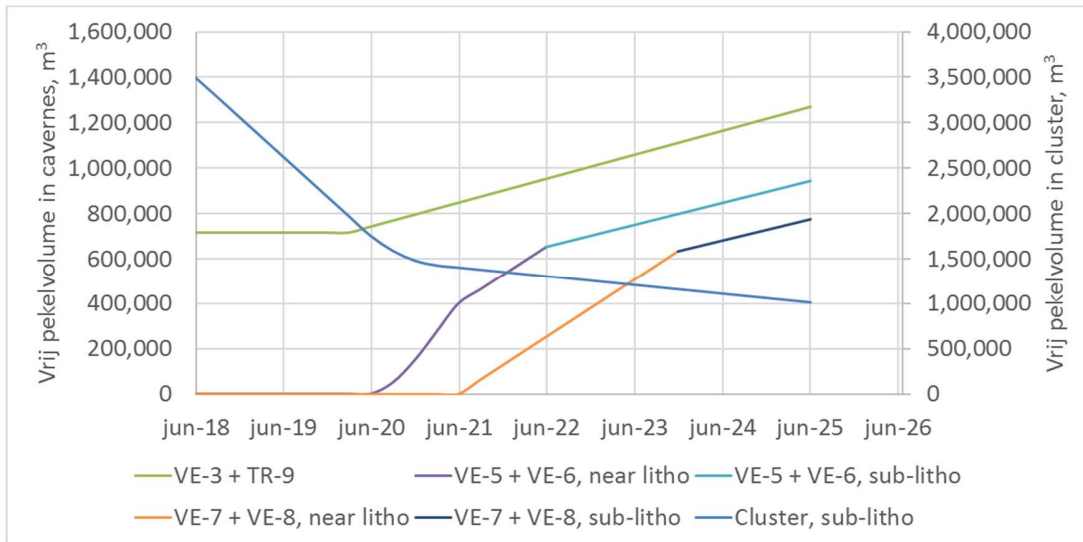
De ontwikkeling van het totaal pekkelvolume vanaf juni 2018 is gegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Ontwikkeling van het totaal pekkelvolume in Periode 1

In de berekeningen is ervan uitgegaan dat de ontwikkeling van VE-5 en VE-6 wordt gestart in juni 2019 en die van VE-7 en VE-8 in juni 2020 waarbij de nieuwe cavernes na

een ontwikkelperiode van een jaar gaan bijdragen aan de productie. Bij de ontwikkeling van de nieuwe VE cavernes is ervan uitgegaan dat deze eerst bij licht sub-lithostatische druk worden ontwikkeld tot een totaal pekelvolume van elk ca. 450,000 m<sup>3</sup> alvorens tot de squeeze modus wordt overgegaan.



Figuur 4: Ontwikkeling van het vrije pekelvolume in Periode 1

De ontwikkeling van het vrij pekelvolume is gegeven in Figuur 4. Hierin daalt gedurende Periode 1 het vrij pekelvolume van het cluster van 3.5 tot 1 Mm<sup>3</sup>. Het vrije pekel volume van de andere cavernes neemt tijdens de actieve loofphasen toe, waarbij de snelheid van toename van de nieuwe VE cavernes vermindert wanneer wordt overgegaan tot squeeze productie hieruit. Aan het eind van Periode 1 is er in het cluster en alle andere cavernes totaal 10 Mm<sup>3</sup> pekel aanwezig. Hiervan is 4.2 Mm<sup>3</sup> aanwezig als vrije pekel met 3.1 Mm<sup>3</sup> in de 1b cavernes en 1.2 Mm<sup>3</sup> in de 2b/3b cavernes.

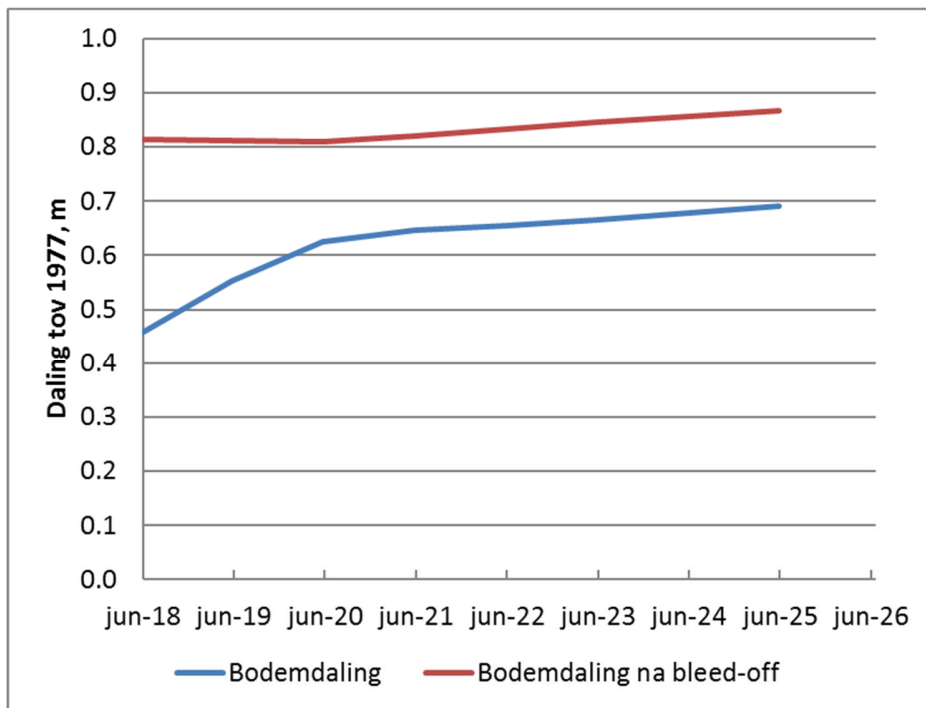
	Vrij pekelvolume juni 2018			Vrij pekelvolume juni 2025		
	1b	2b/3b	totaal	1b	2b/3b	totaal
	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>	Mm <sup>3</sup>
Cluster	2.279	1.233	3.512	0.000	0.993	0.993
TR-9	0.253	0.000	0.253	0.436	0.000	0.436
VE-3	0.387	0.075	0.462	0.759	0.073	0.832
VE-1	0.000	0.054	0.054	0.000	0.054	0.054
VE-2	0.152	0.044	0.196	0.152	0.044	0.196
VE-5 + VE-6	0.000	0.000	0.000	0.943	0.000	0.943
VE-7 + VE-8	0.000	0.000	0.000	0.776	0.000	0.776
Totaal	3.071	1.405	4.476	3.067	1.164	4.230

Tabel 1: Vrij pekelvolume per 1 juni 2018 en bij aanvang Periode 2, naar verwachting in 2025

### 3. BEREKENENING BODEMDALING

Voor de berekening van bodemdaling is gebruik gemaakt van een model ontwikkeld door SGS Horizon <sup>4)</sup>. Het model is gebaseerd op een Geertsma- Van Opstal routine met een variabel rigide fundament en is getuned aan historische squeezevolumes en gemeten bodemdaling over de periode 1993 tot 2016. In de berekeningen wordt daar waar het enkelvoudige caveerne betreft het squeezevolume gespecificeerd voor de betreffende cavernepositie. Ingeval van hydraulisch verbonden cavernes wordt een empirisch bepaalde verdeling toegepast. Vanaf het jaar 2012 kan alle additionele squeeze van het cluster worden toegeschreven als afkomstig uit de positie van caveerne TR-1. In deze studie wordt dezelfde benadering toegepast voor squeeze als gevolg van bleed off uit het cluster. De squeeze van de afzonderlijke cavernes VE-1 t/m VE-3 en TR-9 evenals die van de nieuwe VE-5 t/m VE-8 cavernes wordt toegewezen aan de respectievelijke posities. In de berekeningen is ook het beperkte squeezevolume uit de bestaande cavernes over de periode 1977 – 1993 meegenomen.

Naast de ontwikkeling van de meetbare bodemdaling is ook berekend wat de toekomstige bodemdaling zou zijn wanneer op een willekeurig moment in Periode 1 zou worden overgegaan tot bleed off van de op dat moment aanwezige vrije pekel.



Figuur 4: Ontwikkeling bodemdaling op het diepste punt gedurende Periode 1 en na bleed off van alle vrije pekel

De berekeningen geven aan dat bij een productie van 315 ktpa  $MgCl_2$  aan het eind van Periode 1, ongeveer in het jaar 2025, een bodemdaling van ca. 69 cm wordt bereikt.

De daling bij bleed off van alle vrije pekel aanwezig in juni 2018 zou een daling van 81 cm geven. Deze daling neemt toe vanaf het moment dat er weer actief wordt geloofd in cavernes VE-3 en TR-9 en de nieuwe VE-5 t/m VE-8 -cavernes.

Bij aanvang van Periode 2 is er 4.2  $Mm^3$  vrije pekel aanwezig. Van dit vrije pekelvolume is 3.1  $Mm^3$  aanwezig in relatief snel convergerende 1b cavernes. De bleed off hiervan over een periode van 5 – 10 jaar geeft een bodemdaling van ca. 82 cm.

Het bleeden van de resterende 1.1  $Mm^3$  vrije pekel uit de langzamer convergerende 2b/3b cavernes vergt enkele tientallen jaren resulterend in een eindbodemdaling van bijna 88 cm.

Als sensitivity is de bodemdaling berekend voor een vrij pekel volume van 4.6  $Mm^3$  bij start Periode 2, dit geeft een bodemdaling van 95 cm na bleed off van alle vrije pekel.



-----REFERENTIES-----

1. Nedmag, Winningsplan 2018.
2. Visser, J. Mass balance study of the Nedmag caverns. Modelling of magnesium salt dissolution and calculated squeeze volume, version 2, 24 February 2017.
3. N. Grüşchow and C. Theis. Dissolution tests on Nedmag Carnallite and Bischofite samples, 12 July 2016.
4. Straathof, G. en Vries, S. de, SGS-Horizon (april 2018). Modelling of subsidence induced by salt squeeze mining from the Veendam concession: History match 1993 – 2016 and forecast including two new wells