

MEMO



Van: Jacob Visser, Frans Goorman
Aan: Gerco Hoedeman
Kopie: Abel Jan Smit
Datum: 5 april 2018
Onderwerp: Beantwoording vragen SodM over massabalansstudie
Nedmag – Artikel 6 instemmingsbesluit

1. INLEIDING

In de instemming met het Nedmag Winningsplan door EZ op 12 december 2013 is onder andere Artikel 6 opgenomen. In Artikel 6 wordt gevraagd een studie te doen naar het verschil tussen het squeezevolume uit de materiaal balans en het lagere volume uit de inversie en de invloed daarvan op de onzekerheid in de bodemdalingsvoorspellingen. Hiertoe heeft Nedmag een massabalansstudie uitgevoerd ¹⁾ en voorgelegd aan NGConsulting voor een second opinion. Op basis van de aanbevelingen uit het second opinion rapport ²⁾ zijn de massabalans berekeningen verfijnd en gerapporteerd in revisie 2 ³⁾. Zowel het second opinion rapport als van het massabalans rapport revisie 2 zijn besproken en gerapporteerd aan SodM. Na bestudering van beide rapporten zijn door SodM een aantal vragen gesteld ⁴⁾ die in deze memo worden beantwoord.

2. KEUZE MASSABALANSSCENARIO

Systematisch werd tot 2010 na deformatieanalyse middels objectpuntanalyse ⁵⁾ slechts 57 % van het squeezevolume, berekend met het huidig gebruikte BDS massabalansmodel, teruggevonden als bodemdalingskomvolume. Deze discrepantie was de aanleiding om, op advies van SodM, in 2011 een AESubs inversiestudie te laten doen door TNO. Een belangrijke conclusie uit de AESubs studie was dat de toenmalig gebruikte referentiepeilmerken, op 3.5 - 4 km afstand van de Nedmag zoutwinning, over de periode 1993 – 2010 onderhevig waren aan een daling van gemiddeld 1.3 cm als gevolg van toenemende verbreding van de bodemdalingskom ⁶⁾. Wanneer hiervoor wordt gecorrigeerd wordt 85 % van het BDS squeezevolume teruggevonden in de gemodelleerde kom. Op basis van de AESubs resultaten heeft Nedmag in 2012 het meetnet ingrijpend uitgebreid en 12 nieuwe referentiepeilmerken gedefinieerd op 6.5 km afstand. Uit de deformatieanalyse van 2016 blijkt dat, in overeenstemming met de AESubs bevindingen, de oude referentiepeilmerken vanaf 2012 tot aan 0.7 cm zijn gedaald.

Het uitgangspunt is dat 100 % van het squeezevolume wordt teruggevonden in het komvolume. In de Nedmag situatie is dit nog niet het geval.

Samenvattend: Met het instemmingsbesluit met het Winningsplan 2013 wordt aan Nedmag gevraagd om het verschil tussen het squeezevolume en komvolume beter met elkaar in overeenstemming te brengen en de materiaalbalans nader te onderzoeken.

Vraag SodM: “De keuze van Nedmag voor het “correcte” massabalansscenario is gebaseerd op een match met de inversieresultaten van TNO uit 2011. De inversie van TNO moet niet gezien worden als een scherp ijkpunt, omdat ook deze onzekerheid kent.”

Uit de gedegen uitgevoerde AESubs studie volgt dat de Nedmag bodemdalingskom in de tijd verbreedt. Een logische consequentie is een toenemende daling van de oude referentiepeilmerken. Dit laatste is bevestigd met de deformatieanalyse van de 2016 metingen met de nieuwe

referentiepeilmerken waaruit blijkt dat de oude referentiepeilmerken vanaf 2012 tot aan 0.7 cm zijn gedaald.

Samenvattend: De inversie wordt door Nedmag niet gezien als een scherp ijkpunt en de overeenkomst met het scherper gedefinieerd squeezevolume uit de massabalans studie versie 2 is deels toevallig. Niet alleen uit de TNO inversie studie blijkt dat de bodemdalingskom zich in de praktijk verbreedt maar ook waterpasmetingen bevestigen dit.

Vraag SodM “De massabalansscenario’s laten zien dat de keuze voor wel/geen hold-up van brine grote gevolgen heeft voor het squeezevolume.”

Het squeezevolume is gedefinieerd als de toename in productievolume als gevolg van caverneconvergentie ten opzichte van de lithostatische productiehoeveelheid zonder convergentie. De laatste wordt met een massa/volumebalans berekend uit de gemeten pekelsamenstelling, de hoeveelheid injectiewater en loofase zoals bepaald door injectiediepte.

NGConsulting is de specialist op het gebied van oplosmijnbouw en heeft zich in detail verdiept in de oplosprocessen bij de magnesiumchloride winning van Nedmag. Een te hoog squeezevolume zou volgens NGConsulting kunnen worden veroorzaakt door onvoorziene pekelsamenstelling waardoor het lithostatische productievolume wordt onderschat. Na diverse discussies en uitwisseling van ideeën tussen NGConsulting en Nedmag over mogelijke expansieve oplosmechanismen heeft NGConsulting een aantal verkennende scenario’s opgezet en uitgewerkt voor de gesommeerde injectie- en productievolumes en gemiddelde pekelsamenstellingen van de gehele periode 1972 – juni 2015.

Scenario’s 1 t/m 5 zijn hypothetische situaties met een aangenomen concentratie gelaagdheid in de caverne in de vorm van 23 trappen met 0 % $MgCl_2$ bij het injectie punt oplopend tot 32.7 % $MgCl_2$ bij het diepliggende productiepunt. Bij het oplossen van zout ontstaat holruimte, in geval van hold-up is verondersteld dat de gevormde holruimte wordt opgevuld met pekelsamenstelling. In geval van geen hold-up wordt verondersteld dat de holruimte niet wordt opgevuld. De situaties van geen hold-up (scenario 1), constante solventflow (scenario 3) en een verticaal gedistribueerde solvent input (scenario 5) hebben naar mening van Nedmag geen fysieke realiteit. Scenario’s 2 en 4, met hold-up, leiden tot squeezevolumes van 13 – 15 Mm^3 en zijn factoren hoger dan het bodemdalingskomvolume van ongeveer 5 Mm^3 . De conclusie van scenario’s 2 en 4 is dat gezien de onrealistisch hoge squeezevolumes er geen sprake kan zijn van een sterke gelaagdheid in de Nedmag cavernes. In scenario 6 is de gelaagdheid verminderd tot 4 trappen terwijl in scenario 7 is uitgegaan van een 1 trap met een homogene $MgCl_2$ concentratie van 32.7 %. Helaas is in deze scenario’s uitgegaan van geen hold-up waardoor de berekende squeezevolumes onnauwkeurig zijn.

In hoofdstuk 4 van de second opinion van NGConsulting is het squeezevolume berekend op basis van dit volgens NGConsulting meest waarschijnlijke scenario op basis van de maandgemiddelde Nedmag productie data voor de periode 1972 – juni 2015 voor 1-traps oplossen, met hold-up en direct oplossen van Bischofiet maar nog zonder temperatuur correctie voor pekeldichtheid. Hieruit resulteert een overall squeezevolume van 5.56 Mm^3 . Wanneer de berekeningen worden uitgevoerd voor de twee afzonderlijke cavernes en clusters resulteert een gesommeerd squeezevolume van 5.39 Mm^3 . Als laatste punt heeft Nedmag hierop een correctie toegepast voor de juiste pekeldichtheden en het effect verdisconteerd van het feit dat 10 % van de Bischofietische pekelsamenstelling via de indirecte route is gevormd. Dit resulteert in een uiteindelijk squeeze volume van 5.20 Mm^3 (zie punt 4).

Samenvattend: In discussie met NGConsulting zijn diverse uiteenlopende scenario’s onderzocht om te bepalen wat het meest realistische scenario is. Hieruit blijkt dat in de Nedmag cavernes geringe concentratie verschillen optreden. Op basis van de Nedmag productie data heeft NGConsulting een squeezevolume berekend van 5.39 – 5.56 Mm^3 .

Vraag SodM: “De meeste scenario’s zijn pure end-members van totaal geen of volledige hold-up.

- **Vraag: Los van de match met de inversie van TNO is er andere ondersteunende onderbouwing waarom je zou kiezen voor een “no hold-up” scenario?**
- **Vraag: Zijn er argumenten tegen een “mixed hold-up” scenario? Waarom zou een gedeeltelijke hold-up niet kunnen?”**

Een no hold-up situatie met niet gevulde holruimte of een mixed hold-up situatie met een gedeeltelijk opgevulde holruimte zijn beide fysisch niet reëel.

Het werk van NGConsulting heeft geleid tot het inzicht dat bij injectie in een 1b caveerne het injectiewater effectief mengt met de aanwezige cavernepemel en Bischofiet zout selectief oplost waarbij Bischofietische pemel wordt gevormd via de directe route. De massabalansen in versie 2 zijn aangepast voor directe Bischofiet logging in 1b cavernes en effecten van temperatuur op pekeldichtheid zijn nu meegenomen.

3. BODEMDALINGSTUDIE SGS-HORIZON

Vraag SodM: “Alleen gekeken naar de massabalansstudie zitten er dus veel verschillen tussen de squeezevolumes van de scenario’s. Vooral als gemengde scenario’s (bv. gedeeltelijke hold-up) ook mogelijk zijn.”

Zoals hierboven vermeld zijn geen of gedeeltelijke hold-up geen fysische realiteiten.

Vraag SodM: “SGS houdt het squeezevolume vast. Ze variëren alleen in komparameters/shape function.

Vraag: Welke andere squeezevolumes zouden passend zijn te krijgen met de bodemdalingmetingen? Bijvoorbeeld met dezelfde optimalisatie, maar dan 75%, 100%, 125%, 150% en 200% van het momenteel gekozen squeezevolume.”

De vorm en diepte van de bodemdaling kom worden bepaald met objectpuntanalyse waarbij de kom wordt gedefinieerd binnen een ring van 12 referentiepeilmerken die worden verondersteld buiten de invloedsfeer van Nedmag zoutwinning te liggen ⁷⁾. Wanneer geen rekening wordt gehouden met daling van de oude referentiepeilmerken wordt bij een BDS squeezevolume van 5.99 Mm³ een komvolume van $0.57 * 5.99 = 3.41 \text{ Mm}^3$ gevonden. Uit de TNO-AESubs studie is gebleken dat de referentiepunten daalden. Het corrigeren voor daling van de oude referentiepeilmerken tot aan 2012 is daarom noodzakelijk. In 2016 is vastgesteld dat de oude referentie-peilmerken over de periode 2012 – 2016 tot maximaal 0.7 cm zijn gedaald. De AESubs correctie resulteert in een komvolume van: $0.85 * 5.99 = 5.09 \text{ Mm}^3$.

Het hogere bodemdalingskomvolume gaat gepaard met een toegenomen maximale daling. Bij de waterpassing van 2016 was de daling ten opzichte van 1993 van peilmerk 121: 33.8 cm voor objectpuntanalyse, 36 cm na objectpuntanalyse en 37.7 cm na AESubs correctie voor de periode 1993 – 2012, ofwel een toename van 4 cm.

Samenvattend: De inversie studie van TNO heeft aangetoond dat de bodemdaling verder gaat dan afgebakend met de huidige referentie peilmerken. Dat de referentiepunten verder weg gelegen moeten worden is bevestigd met de metingen van 2016. Uitgaande van de inversie studie van TNO wordt een komvolume berekend van 5.09 Mm³. Deze aannames hebben er wel toe geleid dat de bodemdaling in het diepste punt is toegenomen.

Vraag SodM: “ In hoeverre kun je de bodemdalingsinversie gebruiken om een massabalansscenario te kiezen? En hoe vertaalt onzekerheid in de bodemdalingsmetingen zich via de inversie in onzekerheid over de massabalansscenario's?”

De bodemdaling is de enige onafhankelijke controle die Nedmag heeft op het werkelijk squeezevolume. Het uitgangspunt daarbij is dat het bodemdalingskomvolume gelijk moet zijn aan het squeezevolume. Hoe onzekerheden in de bodemdalingsmetingen, na deformatieanalyse met objectpuntanalyse doorwerken in het bodemdalingskomvolume is niet uitvoerig bestudeerd.

4. CAVERNEVOLUME

Vraag SodM: “De massabalansscenario's hebben naast effect op squeezevolume ook effect op de cavernevolumes.

Vraag: Waarom zijn in Massabalans versie 2 de cavernevolumes zoveel kleiner dan in de scenario's in de review van NGConsulting?”

De massabalans versie 2 volumes zijn het resultaat van gedetailleerde massabalansberekeningen op maanddata voor injectie- en productie volumes en gemiddelde pekconcentraties waarbij de loofase is gebaseerd op actuele injectiediepten. Daarnaast is er in de situaties met injectie in 1b cavernes uitgegaan van directe logging van Bischofiet en zijn alle pekeldichtheden gecorrigeerd voor de heersende cavernetemperatuur. Hierbij vindt Nedmag in juni 2015 een squeezevolume van 5.20 Mm³ en een cavernevolume van 8.00 Mm³. De onzekerheid in het cavernevolume is ca. 6 %.

Een lager squeezevolume dan 5.20 Mm³ is gegeven de historie van injectiedieptes, zout lithografie en bijbehorende loofasen fysisch-chemisch niet mogelijk. Indien gewenst kan Nedmag de detailberekeningen als excel file ter verificatie beschikbaar stellen.

NGConsulting houdt geen rekening met het feit dat 10 % van de productie pek afkomstig is uit indirecte logging van Bischofiet en heeft geen temperatuurcorrectie toegepast. De verschillen ten opzichte van de squeezevolumes van 5.56/5.39 Mm³ en cavernevolumes van 8.57/8.87 Mm³ van NGConsulting zijn het gevolg zijn van de verfijndere Nedmag benadering en de toegepaste temperatuur correctie.

5. CONCLUSIE

Het meest waarschijnlijke squeezevolume uit de massabalans berekeningen voor de magnesiumchloride productie bedraagt 5.20 Mm³. Hierbij zijn alle productie data over de periode 1972 – juni 2015 gereviewed en de juiste pekeldichtheden en temperaturen aangehouden. Het ondergrondse volume behorend bij dit squeeze volume bedraagt 8.00 Mm³. Hierbij wordt opgemerkt dat het vrije pek volume 3.60 Mm³ bedraagt.

Met dezelfde massabalans wordt voor de periode mei 1993 – april 2016 een squeezevolume van 4.93 Mm³ berekend. Als dit squeeze volume wordt vergeleken met het komvolume van 3.42 Mm³ na objectpuntanalyse over dezelfde periode wordt hiervan 70 % terug gevonden. Het corrigeren voor daling van de referentiepeilmerken (zoals vastgesteld door TNO) van gemiddeld 1.4 cm over de periode mei 1993 –maart 2012 geeft een komvolume van 4.49 Mm³ waarmee 91 % wordt terug gevonden.

-----REFERENTIES-----

1. Mass balance study of the Nedmag caverns rev. 1, 30 oktober 2015
2. Second Opinion for Nedmag Cavern Mass balance, NGConsulting, 15 februari 2017
3. Mass balance study of the Nedmag caverns rev. 2, 24 februari 2017
4. Massabalansstudie - Artikel 6 instemmingsbesluit, email SodM, 15 maart 2017
5. Bodemdaling door Nedmag Zoutwinning: periode 1993 t/m 2014 en 2019, Deltares, 27 september 2010
6. Nedmag Veendam inversie bodemdaling TNO-rapport (060-UT-2011-00687), 8 april 2011
7. Rapport deformatiemodellering concessie 'Veendam', Oranjewoud, 20 oktober 2005