



# verslag

|                        |                                     |  |        |
|------------------------|-------------------------------------|--|--------|
| Omschrijving           | Drukafname cavernes Nedmag          |  |        |
| Voorzitter             |                                     |  |        |
| Vergaderdatum en -tijd | 21 juni 2018, 13.00 uur - 17.30 uur |  |        |
| Locatie                | SodM, Posidonia Zaal                |  |        |
| Aanwezig               | Nedmag:                             |  | ; WEP: |
|                        | Panterra:                           |  | ;      |
|                        | SodM:                               |  |        |
| Afwezig                | -                                   |  |        |

## Actiepunten

### - Nedmag:

- o Doorsnede met gesimuleerde spanning in S3 ipv Sxx en Syy (voor 21 juli 2018).
- o Sensitivity study op totale bodemdaling (voor 21 juli 2018).
- o Informeer bij provincie naar de stroomrichting van het grondwater (voor 21 juli 2018).
- o Fracture propagation studie: adresseer de feedback van Sodm (voor 21 juli 2018).

### - SodM:

- o Delen contacten bij kadaster voor correctie GPS signaal (voor 21 juli 2018). (gedaan – Kadaster wil best informatie geven over methodes van aansluiting, maar geen opdrachten voor bedrijven uitvoeren. )
- o Informeer bij het KNMI of ze voor SodM een aantal vragen zouden kunnen beantwoorden (voor 21 juli 2018).

## Vergaderpunten

### 1. Intro en update op hoofdlijnen

#### a. Huidige situatie

- i. Nedmag produceert maximaal en injectie enkel bij spoelen tubings en injectie van gips als restproduct van de fabriek. Doel is de lekkage te minimaliseren/stoppen.
- ii. Het cluster daalt gelijkmatig in druk.
- iii. Belangrijke stap voor bepalen van leksnelheid is de snelheid van cavernekruip.

- iv. Nedmag: Voor maximale afvoer is lozing op zee nodig. RWS staat niet toe dit met een schip te doen. Opslag in bassins is enige realistische oplossing. Bassins bij Foxhol zijn een logistieke uitdaging, Nedmag heeft het liever op eigen terrein.
- v. Tot nu toe is er geen schade aan casings en tubings gedetecteerd.

## 2. Oorzaak incident

### a. Drukdaling in cluster

- i. Drukdaling bij TR-1,2,5 van 10 bar in 3 minuten. Drukdaling in hele complex 10 bar in 30 minuten, 30 bar in 2 dagen.
- ii. SodM: Waar is de outline van het veld op gebaseerd? Hier zitten variaties in tussen kaartjes.
- iii. Nedmag: De exacte outline is onzeker het is gebaseerd op druk communicatie tussen putten en het gegeven dat logging plaatsvindt opdip van de injectiepunten.

### b. Oorzaak

- i. SodM: Wordt uitvallen van een stuk uit het dak ook nog als hypothese gezien?
- ii. Nedmag: Uitvallen van een stuk uit dak wordt als minder waarschijnlijk gezien, ontstaan van een scheur wordt als meest waarschijnlijke hypothese gezien.

### c. Volumeverlies uit cavernestelsel

- i. Nedmag: uit periodes met hoge injectie en periodes met hoge producties is meer bekend geworden over de stijfheid van het cavernestelsel.
- ii. Nedmag: Uit de range van 1500-3200 m<sup>3</sup>/bar wordt 2500 m<sup>3</sup>/bar gezien als redelijke waarde boven verwachting. 30 bar drukdaling komt overeen met 75.000 m<sup>3</sup> en 25.000 m<sup>3</sup> extra in de eerste weken.

### d. Spanningsdaling

- i. SodM: is de daling van spanning in het dak een heel nieuwe inzicht?
- ii. WEP: Vrij nieuw inzicht dat spanning zover kan dalen. Daling van de spanning vooral in het midden van het cavernestelsel.
- iii. SodM zou de plaatjes van slide 10 en 11 graag zien met de minimale hoofdspanning S3 i.p.v. Sxx en Syy (**Actie Nedmag voor 21 juli 2018**).
- iv. SodM: Het model is acceptabel gezien de tijd, het zou complexer kunnen.

- v. WEP: Het model zou inderdaad complexer kunnen, ook om bijvoorbeeld een betere match te krijgen met de bodemdaling.
- vi. SodM: Wat verwacht Nedmag dat de spanningsdaling bij het kleinere VE-2/3 cluster is? Is daar ook een risico op fracking?
- vii. WEP: Grofweg zou je kunnen zeggen dat de effecten kleiner zijn doordat het cluster kleiner is en de bodemdaling terplekke minder .
- viii. Nedmag: Momenteel wordt voornamelijk op gefocust op het grote cluster. Cavernes VE-2 en VE-3 worden op dit moment en zolang als nodig alleen nog afgelaten.
- ix. Slide 12 laat geplande aanvullende modellering zien, inclusief invloed op nieuwe cavernes.
- x. SodM: Voor onderzoek naar toekomstige cavernes moet een onzekerheidsanalyse worden uitgevoerd. Een enkele simulatie is niet voldoende.
- xi. SodM: De huidige situatie met een frac tijdens de operationele periode laat een mismatch zien met de eerdere abandonneringsstudie.
- xii. Nedmag: Bij een nieuw winningsplan zal ook de abandonnerings-studie worden geupdatet. De druk werd op maximaal 90% van een lithostatische gradient gehouden, de frac is ontstaan bij 84% van lithostatisch.

### 3. Gedrag cavernecluster, volumebalans en bodemdaling

#### a. Lekstroom

- i. Nedmag: In de afgelopen 2 maanden is de druk verder gedaald van 100 naar 95 bar. In periodes met weinig productie stijgt de druk een beetje door zoutkruip.
- ii. Nedmag: Als de druk constant is en er geen injectie is zal de lekstroom gelijk zijn aan de squeeze minus de productie.
- iii. SodM: Dit is een vergelijking met twee onbekenden: leksnelheid en kruipsnelheid. Er zit ook een mate van onzekerheid in de aangenomen waarde van de elasticiteit van het cluster.
- iv. Nedmag: de squeeze rate van het zout is geschat voor de operationele drukken. Onzeker is nog wat de squeeze rate is bij de huidige druk. Drie scenario's met 60, 80 en 100 m<sup>3</sup>/hr zijn gebruikt.
- v. SodM: voor de punten bij 60 bar is de fit niet goed. Zou de squeeze-snelheid alsnog niet 150 m<sup>3</sup>/hr kunnen zijn? Dit

heeft effect op de lekstroom berekening: grotere squeeze grotere leksnelheid.

- vi. Nedmag: de bodemdalingssnelheid is de enige onafhankelijke maat hiervoor.
- vii. Nedmag geeft aan een lekstroom van nul te willen bevestigen met insluittest.

b. Bodemdaling totaal

- i. Aannames Nedmag op slide 19.
- ii. SodM: hoe zeker is Nedmag van het open caverne volume? Is de sump werkelijk  $\sim 13$  miljoen  $m^3$  om de 4 miljoen  $m^3$  geborgen pekels te bevatten.
- iii. Nedmag: Ja, de verdeling van verschillende typen zouten is gebaseerd op zoutkernen van put TR-9.
- iv. SodM: Neem de onzekerheid hier van mee, ook de onzekerheid in aanname dat de sump niet compacteert. Pas als de bodemdaling afvlakt weten we meer over het vrije pekelvolume, maar dat duurt nog jaren.
- v. SodM: de onzekerheid in het vrije pekelvolume lijkt de grootste onzekerheid te zijn voor de totale bodemdaling. De bodemdaling kan ook groter worden als de sump (deels) dicht gesqueezed wordt. SodM wil een zo goed mogelijk gekwalificeerde sensitivity study zien op de maximum bodemdaling (Actie Nedmag voor 21 juli 2018).
- vi. Nedmag: na het grotendeels dichtsqueezes van de bischoffiet in ongeveer 3 jaar zal de squeeze snelheid dalen.
- vii. WEP: verspreiding van de pekels door bovenliggende lagen zorgen mogelijk voor een vertraging van de bodemdaling. Met langere periode van monitoring is hier meer over te zeggen.
- viii. SodM: Is het oppervlakte onder de curves in slide 21 hetzelfde? Slide 22 en 24 als de squeeze snelheid van  $80 m^3/hr$  naar  $100 m^3/hr$  gaat (+25%) waarom gaat de bodemdaling de eerste 2-3 jaar slechts van 6 cm/jaar naar 6,7 cm/jaar, ipv 7,5 cm/jaar (+25%). Dit zijn intuïtieve checks waar een uitleg voor moet zijn.
- ix. Nedmag: 8,3 cm bodemdaling in het diepste punt per miljoen  $m^3$  productie.
- x. Korte discussie over vergelijking met Frisia waar het 10 cm per miljoen  $m^3$  productie is.

- xi. Nedmag: De 50 cm sinds 1977 wordt gehaald op januari 2019. De daling uiteindelijke daling wordt 76 cm sinds 1977.
- xii. SodM: De winning is dus niet meer volgens het winningsplan. Handhaven door te stoppen met produceren is in dit geval niet een optie omdat er dan grotere uitstroom via het lek zal plaatsvinden.

c. Monitoring bodemdaling

- i. Slide 25 laat gemeten signaal zien van GPS-station op WHC-2.
- ii. SodM: Informeer eens bij kadaster en 06-GPS. Het gebruik van hun referentiestations kan de ruis van de groene stippen naar verwachting verlagen door filtering van atmosferische correcties. SodM kan connecties bij kadaster delen (**Actie SodM voor 21 juli 2018**).
- iii. Nedmag: er wordt naar Insar data gekeken over de periode van 20 april tot 1 mei.
- iv. SodM: Verwacht wordt dat er niet heel veel in te zien is. Mogelijk is het nuttig om een naar data bij de NAM te vragen.
- v. SodM: zou je uit de recent uitgevoerde waterpassing nog informatie kunnen halen.
- vi. Nedmag verwacht van niet omdat de waterpassing van buiten naar binnen is uitgevoerd.

#### 4. Monitoring mogelijke gevolgen

a. Peilbuizen

- i. Op WHC-2 gaan de peilbuizen tot 17 m die van de provincie wat verder van WHC-2 gaan tot 20 m.
- ii. Nedmag heeft in de planning om twee waterbronnen mee te nemen in de monitoring. Een van deze putten gaat tot 120 m, de ander is onbekend.
- iii. Nedmag: de peilbuizen bij de vuilstort kunnen ook gebruikt worden, maar deze staan op afgesloten terrein van andere eigenaar.
- iv. SodM: Informeer bij de provincie wat de stroomrichting van het grondwater is. Dit geeft een idee in welke peilbuizen mogelijk eerder wat te zien zou kunnen zijn (**Actie Nedmag voor 21 juli 2018**).
- v. Monitoring van sloten mogelijk minder nuttig volgens Waterschap omdat deel van het jaar het water van het weiland naar de sloten stroomt en ander deel van jaar andersom.

b. Drone inspectie

- i. Nedmag: Genomen beelden zijn: luchtfoto, vitaliteit van gewas en hoogte maaiveld. Vitaliteit en hoogte maaiveld kan een correlatie hebben. Afwijkingen in vitaliteit zou een indicatie van pekel/diesel kunnen zijn.
- ii. Nedmag: Een boer heeft zich gemeld met verminderde vitaliteit van zijn gewas. Nedmag neemt dit serieus en houdt het in de gaten. Mogelijke hypothesen zijn pekel/diesel in waterput of effect van gebruik van bestrijdingsmiddel.
- iii. SodM geeft een compliment over de uitgebreide manier van monitoring. Dit geeft vertrouwen in tijdige detectie.
- iv. Nedmag geeft aan dat het ook als doel heeft tijdig te detecteren en zelf de eerste waarnemer te zijn.

**5. Fracture propagation study**

a. Simulatoren

- i. Zelf geschreven simulator voor waterflooding, achtergrond is gedeeld met SodM. Is meer voor on-site toepassing.
- ii. Boundary element model is meer voor onderzoeksdoeleinden. Numerieke stabiliteit is hierbij een issue.

b. Water flooding model

- i. Panterra: Geologie is layer-cake, ook ondiepere lagen meegenomen.
- ii. Panterra: Minimale spanning op basis van tekstboek waardes. Stress contrast met Eaton: zandsteen  $PR=0.25$ , kleisteen  $PR=0.35$ , pore pressure grad=1,1 SG. YM schatting uit sonic logs.
- iii. SodM: Waar is de permeabiliteit op gebaseerd?
- iv. Panterra: op basis van logdata omgerekend naar porositeit en die vertaald naar permeabiliteit. heeft hierbij geadviseerd. Meeste lagen zijn impermeabel, behalve de Vlieland zandsteen 300 mD en ondiepe sedimenten.
- v. Panterra: Frac lengte bij bron beperkte constante lengte van 150 m, een soort lijnbron van vloeistof. Injectiefases zijn onafhankelijk van elkaar gemodelleerd.
- vi. SodM: Test de gevoeligheid van de frac voor deze parameter. Daarnaast mogelijk interessant om een frac in het haliet te initiëren i.p.v. direct in de Bunter.
- vii. SodM stelt sterke twijfels bij de aanname dat de injectiefases los van elkaar gemodelleerd mogen worden. Is er voldoende leak-off waardoor de vloeistof van de vorige fase al uit de frac gelekt is dat je een nieuwe fase mag beginnen?

- viii. SodM: De meeste simulatoren kunnen pump schedules aan met meerdere fases. Dat een frac niet meer groeit wil niet zeggen dat de frac volledig gesloten is en dat er geen vloeistof meer in zit.
  - ix. SodM: Los hier van wordt bij een tweede onafhankelijke cycle waarschijnlijk weer de fracture breakdown pressure als barriere gevoeld door de frac i.p.v. dat de het gesteente al gescheurd is en de fracture propagation pressure de relevante druk is.
  - x. SodM: Kan de Vlieland al gecharged zijn tijdens de eerste injectiefase waardoor leakoff in de tweede fase moeilijker gaat? Wat is de capaciteit van de Vlieland? Zijn er bounding faults?
  - xi. Korte discussie over de schijnbare versnellingen en knikken in de groeicurve van de frac.
  - xii. SodM: Voornaam punt van aandacht is de modellering die begint net boven de haliet-laag: mogelijk wordt daarmee de gemodelleerde vorm van de frac heel anders (breder) waarmee de lengte flink zou kunnen afnemen.
  - xiii. SodM: heeft eerder aangegeven dat naar de toepasbaarheid van de simulator gekeken moet worden en dat tekortkomingen van de simulator geadresseerd moeten worden. Er zijn ook andere manieren van modelleren. Zorg dat bovenstaande punten met commentaar goed uitgezocht worden (**Actie Nedmag voor 21 juli 2018**).
  - xiv.
- c. Boundary element model
- i. Geeft een langere frac die eerder stopt. Het model is zeer gevoelig voor stress contrast.
  - ii. SodM: als QC lastig is focus op de andere simulator of focus op de eerste injection cycle.
- d. Resultaat
- i. Base case frac gaat naar circa 350 m. Sensitivity studie moet nog gedaan worden.
  - ii. SodM: Samengevat zijn de geleerde lessen waarschijnlijk dat de frac niet onder de Vlieland blijft en dat de frac initieel tot ondiepe lagen kan komen.
  - iii. Nedmag deelt de conclusie dat de frac niet onder de Vlieland blijft en geeft aan dat dit ook het belang van monitoring benadrukt.

## 6. Korte termijn vervolgstappen

- a. Overzicht

- i. gegeven in slide 55 van de gecombineerde presentatie.
- b. KNMI
  - i. Is niet bereid om de opdracht uit te voeren voor Nedmag.
  - ii. SodM zal navraag doen bij het KNMI (**Actie SodM voor 21 juli 2018**).
- c. Deltares
  - i. Zal een herberekening doen of de grotere bodemdaling kan leiden tot schade aan gebouwen.
- d. Communicatie
  - i. SodM geeft aan tevreden te zijn met de open communicatie die Nedmag heeft met SodM.