



## KEM-17 Wetenschappelijk onderzoek

# De risico's van cavernes op hoge druk afsluiten

## Nederlandse samenvatting

### Waarom dit onderzoek?

Aan het einde van de levensduur van een zoutcaverne zullen de faciliteiten aan het oppervlak worden opgeruimd en de put en caverne worden afgesloten. Wanneer een put wordt afgesloten met cementpluggen neemt de druk in de achterblijvende pekels (zeer zout water) steeds verder toe. Dit gebeurt enerzijds doordat de pekels opwarmen en anderzijds doordat het zout langzaam naar de caverne toe kruipt. Op een gegeven moment wordt de pekdruk net zo hoog als de krachten die het gesteente bij elkaar houdt. De grote vraag is wat gebeurt er dan?

Volgens de internationale gemeenschap van zoutwinners zijn er verschillende mogelijkheden. Een partij zegt dat het moeilijk uit te sluiten is dat er scheur of lokaal lekpad kan ontstaan waardoor grote hoeveelheden pekels snel weg kunnen lekken. Een andere partij zegt dat de pekels uiterst langzaam (in duizenden jaren) over een groot gebied door het zout wordt geperst. Dit proces wordt ook wel permeatie genoemd. Het is bekend dat zowel permeatie als hydraulische scheurvorming (ook bekend als fracking) voor kan komen. Een soort tussenvariant is een lokaal preferentieel lekpad.

De hoofdvragen van dit onderzoek zijn:

1. Welk lekmechanisme is dominant bij het afsluiten van zoutcavernes?
2. Met hoeveel zekerheid of onzekerheid is dat te zeggen?

Het is belangrijk om te weten via welk mechanisme pekels weglekt, omdat dit informatie geeft over de hoeveelheid en snelheid van bodemdaling na de fase van zoutwinning. Daarnaast is er een betere schatting te maken van het risico van verontreiniging van de ondergrond door uitstroom van pekels en mogelijk ook een mijnbouwhulpstof als diesel.

### Hoe is het onderzoek uitgevoerd?

Een team van 8 onderzoekers van drie verschillende partijen heeft afgelopen jaar de relevante processen op verschillende manieren onderzocht. Hierbij zijn literatuurstudies uitgevoerd, modelsimulaties gedaan en relevante internationale gevallen onderzocht. Er is niet alleen gekeken naar het gedrag van een individuele zoutcaverne, maar ook wat er op micro-schaal met het zout zelf gebeurt en op kilometer-schaal wat er in de gehele zoutstructuur plaatsvindt.

## Wat gebeurt er op de micro-schaal?

Er is de afgelopen decennia veel labonderzoek gedaan naar het gedrag van zout. Hierbij wordt voornamelijk gekeken naar gedrag als functie van temperatuur en gesteentespanning. Een aantal belangrijke factoren blijven vaak onderbelicht: het gedrag bij kleine spanningsverschillen, de samenstelling op micro-schaal, korrelgrootte van het zout en de pekconcentratie. Dit maakt het erg moeilijk om resultaten uit het lab te vertalen naar de omstandigheden rond een caverne. Het is van belang om de spanningsontwikkeling nauwkeurig te kunnen modelleren tijdens zowel de periode van actieve zoutwinning, als na het afsluiten van de caverne. De kleinste hoofdspanning in combinatie met de pekeldruk geeft namelijk aan wanneer een caverne kan gaan lekken. Daarnaast bepaalt de gesteentespanning hoe snel het zout kruipt en de pek op druk komt.

Naast de spanning is ook de ontwikkeling van de doorlaatbaarheid van zout van belang. Zout is van nature een zeer goed afdichtend gesteente. Als het vervormt door kruip rond een caverne kan het zout meer doorlaatbaar worden. Het is hierbij niet vanzelfsprekend dat een homogene permeatiezone het meest waarschijnlijke lekmechanisme is. Er zijn indicaties dat een lokaal preferentieel lekpad reëler is door verschillen in korrelgrootte en samenstelling. Het scenario met een preferentieel lekpad is nog niet eerder meegenomen in studies. Dit is een lekmechanisme waar meer onderzoek naar nodig is.

## Wat gebeurt er op de caverne-schaal?

De afgelopen decennia zijn er internationaal meerdere testen gedaan met het afsluiten van cavernes. De testen laten allen duidelijk zien hoe de pekeldruk toeneemt door zoutkruip en opwarmen van de pek. Afhankelijk van de grootte van de caverne en het temperatuurverschil tussen de pek en het omliggende zout kan de opwarming enkele jaren tot decennia duren. In ondiepe cavernes (ruwweg tot 1 km diepte) kan er een veilige balans ontstaan tussen het langzaam op druk komen van de pek en het langzaam weglekken van pek via permeatie. Voor diepere cavernes is het niet duidelijk dat er een veilige balans is en zou pek zeer snel via een preferentieel lekpad of scheur kunnen weglekken.

Een extra uitdaging bij hoge cavernes is dat er aan de top van de caverne een overdruk ontstaat terwijl onder in de caverne de pekeldruk lager blijft dan de gesteentespanning. Dit fenomeen wordt veroorzaakt door het verschil in dichtheid tussen de pek en het omliggende zout. Het gevolg is dat door zoutkruip aan de onderkant van de caverne de pek verder op druk blijft brengen en het aan het caverendak tot hoge overdrukken kan leiden.

## Wat gebeurt er op de schaal van de hele zoutstructuur?

Vaak wordt in studies over het gedrag van zoutcavernes aangenomen dat de initiële gesteentespanning in alle richtingen gelijk is. De simulaties van dit KEM-onderzoek laten zien dat er kleine maar mogelijk belangrijke verschillen in de hoofdspanningen kunnen zijn. Vooral cavernes nabij de rand van het zoutlichaam of dichtbij gesteentes met andere samenstelling (bijvoorbeeld anhydriet). Deze spanningsverschillen worden versterkt rond een caverne. De spanningsverschillen kunnen een belangrijk effect hebben op de kruipsnelheid van het zout en daarmee het op druk komen van de caverne. Het is momenteel nog niet duidelijk hoe groot dit effect is, omdat het complex is om resultaten uit het lab nauwkeuring te extrapoleren naar omstandigheden op schaal van de gehele zoutstructuur.

## Welke overkoepelende conclusies worden getrokken?

Elk van de drie deelrapporten eindigt met een set aan conclusies. De twee overkoepelende hoofdconclusies die het team van onderzoekers trekt zijn:

1. Met de huidige kennis is het niet mogelijk om te zeggen of een diepe caverne gaat lekken via zeer langzame permeatie, een gelokaliseerd lekpad of een scheur.
2. Kennis van de micro-, caverne- en zoutstructuur-schaal wordt nog niet genoeg geïntegreerd, terwijl processen op alle drie de schalen belangrijke invloed kunnen hebben op het lekmechanisme van een caverne.

## Wat zijn de aanbevelingen van de onderzoekers?

Het onderzoeksteam geeft in de drie deelrapporten aanbevelingen om tot een betere risicoschatting voor het afsluiten te kunnen komen. De twee hoofdaanbevelingen zijn:

1. Integreer de kennis van de verschillende schalen.
2. Verbeter de kennis op gebieden met onzekerheid. Dit is vooral hoe het micro-schaal materiaalgedrag van zout is vertegenwoordigd in de modellen op schaal van de caverne en de hele zoutstructuur.

*Staatstoezicht op de Mijnen*

*11 februari 2020*