



Staatstoezicht op de Mijnen
Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

> Retouradres Postbus 24037 2490 AA Den Haag

De minister van Economische Zaken en Klimaat
Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Directie Warmte en Ondergrond

t.a.v. mevrouw

per e-mail: mijnbouwvergunningen@minezk.nl;
@minezk.nl

@rvo.nl ;

Staatstoezicht op de Mijnen

Bezoekadres

Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag

Postadres

Postbus 24037
2490 AA Den Haag

T 070 379 8400 (algemeen)
F 070 379 8455 (algemeen)

info@sodm.nl
www.sodm.nl

Behandeld door

Datum 22 juli 2021

Betreft Advies opslagvergunning CO₂ P18-2

Ons kenmerk

ADV-7053 / 21183338

Uw kenmerk

-

Bijlage(n)

3

Excellentie,

U heeft Staatstoezicht op de Mijnen (verder: SodM) op 12 februari 2021 om advies gevraagd over de aanvraag voor een opslagvergunning P18-2 voor het permanent opslaan van CO₂ in het gedepleteerde gasveld P18-2, onderdeel van het project Porthos.

TAQA Offshore B.V. (verder: TAQA Offshore) en EBN CCS B.V. (verder: EBN CCS) hebben de aanvraag ingediend, hierna gezamenlijk omschreven als 'de aanvrager'. De beoogd uitvoerder is TAQA Offshore. Daarom zal ik in dit advies voornamelijk TAQA Offshore toetsen.

Ik zie geen aanleiding om de opslagvergunning te weigeren maar adviseer wel om voorwaarden te verbinden aan een eventuele vergunning om hiermee de veiligheid voor mens en milieu te borgen.

In dit advies leest u de adviesvragen aan SodM, een achtergrond van de aanvraag, de beoordeling van de adviesvragen, en de conclusies en aanbevelingen. De uitgebreidere beantwoording en onderbouwing van de adviesvragen staan in bijlage 1.

Adviesvraag aan SodM

Om CO₂ permanent te mogen opslaan, is volgens de Mijnbouwwet een opslagvergunning nodig. De minister van Economische Zaken en Klimaat verleent deze vergunning. Hiervoor vraagt de Minister advies aan onder meer SodM.

SodM is advies gevraagd over de volgende onderdelen:

1. de technische mogelijkheden van de aanvrager;
2. de eerder aangetoonde efficiëntie en verantwoordelijkheidszin van de aanvrager;
3. de manier waarop de aanvrager voornemens is de activiteiten voor het opslaan van stoffen te verrichten, waaronder de bij de activiteiten te gebruiken technieken, hulpmiddelen of stoffen in het licht van de huidige kennis en technieken, de hoeveelheid CO₂ in relatie tot het tijdvak van injectie van CO₂ en de omvang van het vergunningsgebied;
4. een beoordeling van de gegevens met betrekking tot de hydraulische eenheid;

5. beoordeling van de bodembeweging;
6. beoordeling van de veiligheid van de opslag c.q. of er bij opslag onder de voorgestelde exploitatievoorwaarden een significant risico van lekkage bestaat, of significante milieu- of gezondheidsrisico's bestaan;
7. de grenswaarden van de druk van de opgeslagen CO₂ en de maximum toelaatbare snelheid en druk bij injectie van CO₂ en de maximale toelaatbare druk van het opgeslagen CO₂;
8. plannen voor risicobeheer, monitoring, afsluiting en corrigerende maatregelen.

SodM heeft haar advies onder meer onderbouwd op basis van externe expertise in de vorm van reviews op specifieke onderdelen door Sintef (*Technical review of Porthos CO₂-storage permit application*, zie bijlage 2) en Norce (*Porthos CCS storage permit review, Final technical assessment and recommendations*, zie bijlage 3).

Achtergrond van de aanvraag

Porthos is een samenwerking tussen Havenbedrijf Rotterdam, Gasunie en EBN. Porthos ontwikkelt een project waarbij CO₂ van de industrie in de Rotterdamse haven wordt getransporteerd en opgeslagen in lege gasvelden onder de Noordzee.

De CO₂ gaat per onderzeese pijpleiding naar een platform in de Noordzee, circa 20 km uit de kust van Hoek van Holland. Vanaf een platform wordt de CO₂ in gedepleteerde gasvelden gepompt. Deze bevinden zich in een reservoir van poreus zandsteen, ruim 3 km onder de Noordzee. Het reservoir wordt gevormd door zandsteenlagen uit de Triassische Hoofd Bontzandsteen (Buntsandstein) Subgroep, ook wel 'Bunter' genoemd. Het reservoir is ongeveer 220 m dik. De afsluitende laag wordt gevormd door de Boven-Germaanse Trias Groep en de Altena Groep en is 450 tot 650 m dik.

Porthos richt zich op het transport naar en opslag van CO₂ in de lege gasvelden P18-2, P18-4 en P18-6. Onderhavig document is de aanvraag voor de opslagvergunning van veld P18-2. Voor veld P18-4 is er in 2013 een opslagvergunning afgegeven. Deze P18-4 vergunning zou gewijzigd en (her)beoordeeld moeten worden. Voor veld P18-6 wordt mogelijk later een opslagvergunning aangevraagd. Beide nog in te dienen aanvragen zullen consistent moeten zijn met onderhavige aanvraag.

Veld P18-2 bevindt zich in het P18-a en P18-c vergunningsgebied voor het winnen van koolwaterstoffen. TAQA Offshore is de uitvoerder van deze koolwaterstofvergunningen en heeft sinds 1993 gas uit het veld gewonnen. Inmiddels is het veld bijna gedepleteerd en ligt er een aanvraag om het veld te gebruiken voor permanente opslag van CO₂. Voorafgaand daaraan zal de productie van aardgas worden gestopt. Het bestaande platform van P18A dat TAQA exploiteert, zal benut worden voor de injectie van CO₂.

In veld P18-2 zijn zes putten geboord, waaronder een zijtak en een exploratieput. De injectie zal plaatsvinden met vier injectieputten; de zijtak en de exploratieput zullen niet voor de opslag van CO₂ gebruikt worden.

Opslagvoorkomen en opslagcomplex

Het opslagvoorkomen zijn de gesteentelagen die gebruikt worden voor opslag. In de aanvraag zijn dit vier formaties uit de Buntsandstein Subgroep die voor de gaswinning zijn gebruikt en waarin het CO₂ geïnjecteerd zal worden: de Hardeggen, de Boven-Detfurth, de Onder-Detfurth en de Volpriehausen Formaties.

De Mijnbouwwet definieert het opslagcomplex als het opslagvoorkomen voor CO₂ én de omringende geologische gebieden die een weerslag kunnen hebben op de algehele integriteit van de opslag en de veiligheid ervan. Het opslagcomplex bestaat daarom naast de vier formaties van het opslagvoorkomen ook uit de afsluitende laag van de Boven-Germaanse Trias Groep en de Altena Groep en de onderliggende laag van de Rogenstein en de Main Claystone Formaties.

Beoordeling van de adviesonderdelen

1. Toetsing technische mogelijkheden van de aanvrager

Ik ben van mening dat TAQA Offshore voor de (voorbereidings)fase tot de start van de injectie voldoende competent is. TAQA offshore heeft de potentie om ook voor de permanente opslag van CO₂ een capabele operator te zijn in het aangevraagde gebied. Echter, TAQA Offshore heeft hiervoor haar organisatie nog niet volledig ingevuld. Omdat een deel van het sleutelpersoneel in deze fase van het project ook nog niet van belang is, adviseer ik een toetsingsmoment zes maanden voor aanvang van injectie. Bij dit toetsingsmoment zal beoordeeld worden of de organisatie past bij de locatie- en projectspecifieke risico's en werkzaamheden.

Om de veilige uitvoering door een mijnbouwoperator te waarborgen, acht ik het bovendien nodig dat TAQA Offshore een zelfevaluatie uitvoert. Met de zelfevaluatie toont de onderneming aan dat ze in staat is de eigen verantwoordelijkheid voor veiligheid, gezondheid en milieu adequaat in te vullen. Deze evaluatie is nodig omdat TAQA Offshore nog niet eerder CO₂-opslagactiviteiten heeft uitgevoerd. Deze zelfevaluatie dient globaal te voldoen aan de zelfevaluatie zoals is opgesteld voor aardwarmte¹ en moet aangepast worden aan het opslagproject.

Uit de aanvraag kan worden opgemaakt dat de aanvragers voornemens zijn de vergunning te laten overdragen aan een nader op te richten Porthos-entiteit (Porthos System Operator: PSO) voor de operationele fase. De partij waaraan zal worden overgedragen is nog niet opgericht en kan pas bij een verzoek tot overdracht getoetst worden. De organisatie zal dan getoetst worden of hij past bij de locatie- en projectspecifieke risico's. Ik merk daarbij voorshands op dat bij een

¹ Zelfevaluatie template aardwarmte: <https://www.sodm.nl/binaries/staatstoezicht-op-de-mijnen/documenten/publicaties/2020/07/01/toezichtarrangement-geothermie/SodM+-+Zelfevaluatie+geothermie.pdf>.

verzoek tot overdracht de beoogde vergunninghouder niet geschikt bevonden zou kunnen worden.

EBN CCS is beoogd mede-vergunninghouder. Op grond van artikel 22, vijfde lid van de Mijnbouwwet wordt TAQA Offshore aangewezen om de feitelijke werkzaamheden te verrichten of daartoe opdracht te verlenen, en daarmee als uitvoerder van de vergunning. Voor de beoordeling van de technische mogelijkheden van de aanvrager zijn daarom de capaciteiten en organisatie van TAQA Offshore doorslaggevend. In bijlage 1 ga ik wel in op de technische mogelijkheden van EBN CCS en zal ik een verdere onderbouwing geven van de technische mogelijkheden van TAQA Offshore.

2. Toetsing efficiëntie en verantwoordelijkheidszin van de uitvoerder

Ik baseer mijn advies over de efficiëntie en verantwoordelijkheidszin van de beoogde uitvoerder op basis van opgedane ervaring met de uitvoerder en inspectieresultaten uit het verleden.

TAQA Offshore heeft ervaring als uitvoerder van vier koolwaterstof-winningsvergunningen. Verder is TAQA Offshore medevergunninghouder bij een dertigtal opsporings- en winningsvergunningen voor koolwaterstoffen. Overtredingen en verbeterpunten die bij inspecties zijn gesignaleerd, worden goed en tijdig opgevolgd. Het bedrijf laat zien dat het zich bewust is van taken en plichten op het gebied van veiligheid en milieu. Ik ga ervan uit dat dit voor deze vergunning niet zal wijzigen, en zie daarom geen reden voor een negatief advies op dit punt. Een nadere onderbouwing geef ik in de bijlage 1.

3. Toetsing opslagactiviteiten

Ik oordeel dat de geplande activiteiten voor het opslaan van stoffen, waaronder de bij de activiteiten te gebruiken technieken, hulpmiddelen of stoffen in het licht van de huidige kennis en technieken, de hoeveelheid CO₂ in relatie tot het tijdvak van injectie van CO₂ en de omvang van het vergunningsgebied geen aanleiding voor een negatief advies geven. Wel adviseer ik om een voorwaarde op te nemen.

Het te injecteren gas zal niet puur CO₂ zijn. De aanvrager beschrijft dat dit gas ten minste 95 mol% aan CO₂ zal bevatten. De rest van het gas zal bestaan uit kleine hoeveelheden aanwezige componenten afkomstig van de bedrijven waar het wordt afgevangen. Waar in het advies over CO₂ of het CO₂-mengsel wordt gesproken, wordt het gasmengsel bedoeld met als hoofdbestanddeel CO₂ en in kleine hoeveelheden aanwezige componenten.

Ik adviseer om over de samenstelling van het te injecteren gas een voorschrift op te nemen in een eventuele vergunning. Ik vind het namelijk noodzakelijk dat de samenstelling van het te injecteren gas binnen de grenzen blijft waarbinnen de veiligheid en integriteit via simulaties en berekeningen is aangetoond.

Ook moeten de operationele parameters binnen de grenzen van aangetoond veilige parameters zijn tijdens de injectie. Deze operationele parameters zal ik verder in het advies beoordelen.

Overige opslagactiviteiten en een nadere onderbouwing van de voorgestelde voorwaarde beschrijf ik in bijlage 1.

4. Toetsing hydraulische eenheid

Als zich, door het verlenen van de vergunning, in dezelfde hydraulische eenheid meer dan één opslagvoorkomen zou gaan bevinden, moeten de potentiële drukinteracties zodanig zijn dat beide voorkomens tegelijk aan de eisen van veiligheid kunnen voldoen.

Ik oordeel dat het zeer aannemelijk is dat er nauwelijks drukinteractie tussen verschillende opslagvoorkomens (P18-2, P18-4 en P18-4) zal plaatsvinden. Hoogstwaarschijnlijk zal dit niet plaatsvinden op de tijdschaal van de beoogde CO₂ injectie van ca. 20 jaar. Waar dit op een enkele plaats en op langere tijdschalen wel mogelijk is, zal de communicatie dusdanig klein en gelijkmatig zijn dat dit geen invloed heeft op de veiligheid. Voor een toelichting over deze risicobeoordeling verwijs ik naar bijlage 1 van deze brief.

5. Toetsing bodembeweging

Bodembeweging omvat zowel bodemdaling en -stijging als bodemtrilling. Ik concludeer dat de aanvraag voldoende duidelijk maakt dat de risico's door bodembeweging beperkt zullen zijn gedurende de injectie van CO₂ en gedurende de lange termijn van permanente CO₂-opslag.

Door eerdere gaswinning uit het P18-2 veld is er bodemdaling ontstaan. Door de beoogde CO₂-opslag stijgt de gasdruk in het reservoirgesteente. Hierdoor zal de bodemdaling deels omkeren, met als gevolg dat de bodem weer omhoog komt. Door deze bodemstijging zal de bodemdaling die tijdens de gaswinning is opgetreden deels teniet worden gedaan. SodM acht de risico's als gevolg van bodemdaling en/of -stijging daarom verwaarloosbaar.

De geomechanische modellen die de basis vormen van de risico-inschatting voor bodemtrilling (aardbevingen) zijn van goede kwaliteit naar de huidige stand der techniek. Bij modellen van de ondergrond zijn aannames onvermijdelijk, onder meer over het gedrag van CO₂-injectie en -opslag. De manier waarop CO₂ zich binnen het opslagreservoir verspreidt, zal ook gedurende de injectiefase onzeker zijn. SodM schat in dat die onzekerheden aanvaardbaar zijn zolang significante afwijkingen van het verwachte gedrag (zoals de inschatting van zware bevingen) op tijd kunnen worden gesignaleerd.

De sterkte van de realistisch sterkste beving is bepaald op een magnitude van $M=4,1$ (M_{max}). De berekening geeft een maximale magnitude doordat ervan wordt uitgegaan dat al het breukoppervlak dat grenst aan het reservoir meebeweegt bij een beving. De kans op een dergelijke beving acht ik zeer klein. Bovendien is er geen seismiciteit waargenomen tijdens de gaswinning en de

risico's voor de meeste doorgerekende situaties zullen gedurende de CO₂ injectie eerst kleiner worden en in latere fase van de opslag weer toenemen. Voor de meeste doorgerekend scenario's blijft het uiteindelijke risico gelijk of onder het risico van aardbevingen na gaswinning. Voor een *Worst case* combinatie aan modelparameters komt de inschatting van het risico voor een enkele breuk uit boven die van na gaswinning. Dat de risico's voor de andere scenario's onder of gelijk blijven aan de inschatting van het huidige risico door gaswinning komt doordat breuken weliswaar minder stabiel worden door afkoeling (door koud CO₂), maar door de druktoename door het opvullen wordt dat negatieve effect gecompenseerd. Ook het scenario dat met de combinatie van modelparameters uitkomt op een hoger risico, blijft qua verwacht kritisch belast breukoppervlak ruim onder de realistisch sterkste beving van M=4,1. Bij de inschatting van de magnitude van M=4,1 wordt namelijk uitgegaan van de eenvoudige aanname, als slechtste geval, dat al het breukoppervlak van de grootste breuk in direct contact met het opslagreservoir meebeweegt bij een beving. Alle modelberekeningen laten echter zien dat een (veel) kleiner breukoppervlak dan dit maximale oppervlak kritisch belast zal worden. De M_{max} van 4,1 vormt daarom een bovengrens als maximale magnitude. Voor een toelichting over deze risicobeoordeling verwijs ik naar het adviesonderdeel 5 in bijlage 1 van deze brief.

Ook het effect van een beving door CO₂ opslag acht ik klein. Alle constructies in de Noordzee zoals windmolens en platforms zijn bestand tegen dit bevingsniveau. En aangezien het veld zich op ten minste 15 kilometer afstand van de bebouwing op land bevindt, zal ook op land geen schade te verwachten zijn.

Ik oordeel dat het risico van bodembeweging verwaarloosbaar (bodemstijging) en aanvaardbaar (bodemtrilling) is.

6. Toetsing nadelige gevolgen voor veiligheid, milieu en gezondheid

Ik heb beoordeeld in hoeverre er een significant risico van lekkage bestaat, en of er andere significante milieu- of gezondheidsrisico's zijn. Ik concludeer dat lekkage van CO₂ de belangrijkste mogelijke oorzaak is van eventuele nadelige gevolgen voor de veiligheid voor mens en milieu.

Voor CO₂-opslag geldt dat er sprake is van migratie als een ongewenste stroom CO₂ van het opslagvoorkomen de afsluitende laag in gaat. Er sprake is van lekkage als de stroom CO₂ uit het opslagcomplex gaat. Het risico van lekkage heb ik voor mijn beoordeling onderverdeeld in put-gerelateerde risico's en reservoir-gerelateerde risico's. Voor een nadere onderbouwing verwijs ik naar bijlage 1.

Voor zowel de put- als de reservoir-gerelateerde (lekkage) risico's vormt afkoeling een belangrijke oorzaak. Door CO₂-injectie in een gedepleteerd gasveld treedt onvermijdelijk sterke afkoeling op van putten en het reservoir. Die afkoeling treedt op doordat CO₂ onder druk wordt getransporteerd en er een sterke drukdaling optreedt vanaf de putten tot in het gedepleteerde reservoir. Bij deze sterke drukdaling treedt afkoeling op door de expansie van het gas. Ook bij fase-overgangen van CO₂ zal er afkoeling in de putten en het reservoir kunnen ontstaan.

Risico's van lekkage gerelateerd aan putten

Ook met de in de aanvraag voorgestelde operationele grenswaardes treedt afkoeling van het cement op, zodanig dat de vorming van micro-annuli (haarscheurtjes in het cement rondom de putten) reëel is. De kans dat micro-annuli echter een continu lekpad vormen over de 450-600 meter primaire afsluiting (de afsluitende laag) beoordeel ik als zeer klein.

Ook in het uiterste geval van een fysiek lekpad via micro-annuli zal er geen uitstroom plaatsvinden als de druk in het reservoir (en in het bijzonder lokaal rond de put) onder de hydrostatische druk blijft. Uitstroom uit het reservoir zal namelijk niet optreden zolang de druk in het reservoir een lagere druk heeft dan de druk in omliggende en bovenliggende gesteentelagen. In meer technische termen betekent deze drukbegrenzing dat de druk op een diepte bovenin de kolom van vrij-CO₂-gas lager moet zijn dan de druk van een vrije waterkolom op dezelfde diepte. Die druk van een vrije, statische waterkolom heet de hydrostatische druk. Deze druk neemt toe met de diepte met 0,103 bar per meter bij een dichtheid van zout formatiewater van 1052 kg/m³.

Voor de lange termijn risico-inschatting is het van belang dat eventuele lekpaden rond de putten na voltooiing van de injectie door het buiten gebruik stellen van de putten verwijderd worden. De verbuizing in de putten en het cement wordt dan over een ruime afstand in het afsluitende gesteente uitgefreesd en vervangen door geschikt cement. Hiermee zullen eventuele put gerelateerde lekpaden afgesloten worden en zijn ook voor de lange termijn de risico's verwaarloosbaar klein en daarmee aanvaardbaar.

De risico's van put-gerelateerde lekkage worden op juiste wijze gemitigeerd, mits de druk lokaal rond de put altijd lager is dan de hydrostatische druk. Zie Hoofdstuk 7 van deze brief.

Risico's van lekkage gerelateerd aan het reservoir

Geomechanische scenario's zijn door de aanvrager doorgerekend voor een *Base case* en een *Worst case* scenario. De aanvrager verwacht binnen de Base case te kunnen opereren. Ook voor het worst-case scenario is de verwachting dat er geen lekpad ontstaat via scheuren of breuken. Wel heeft de risico-inschatting op basis van deze modelberekeningen onzekerheden. Dat het risico van lekkage via het reservoir evengoed als zeer klein wordt ingeschat, komt doordat de ontwikkeling van een continu pad over een verticale afstand van 450-600 meter dikke afsluitende laag zeer klein is. Als er desondanks toch sprake is van de ontwikkeling van een lekpad, dan is de kans daarop het grootst in de beginfase van injectie door de afkoeling van het reservoir. Als het lekpad vervolgens open blijft (tegen de verwachting in), dan zal lekkage kunnen optreden bij druktoename aan het eind van de injectie en in de lange periode daarna.

Er zal ook in geval van een fysiek lekpad vrijwel geen uitstroom plaatsvinden als de druk in het reservoir (en in het bijzonder lokaal rond de put) onder de hydrostatische druk blijft. Door de druk van het CO₂ sub-hydrostatisch te houden, kan lekkage worden voorkomen als zich een lekpad uit het reservoir zou hebben gevormd.

De risico's van reservoir-gerelateerde lekkage worden op juiste wijze gemitigeerd, mits de druk altijd en overal in het reservoir lager is dan de bijbehorende hydrostatische druk. Zie Hoofdstuk 7 van deze brief.

7. Toetsing grenswaarden, snelheid en druk

Bij deze toetsing heb ik gekeken naar de grenswaarden van de maximaal toelaatbare druk van de opgeslagen CO₂ en de maximum toelaatbare snelheid en druk bij injectie van CO₂.

Zoals in Hoofdstuk 6 is beschreven, werkt de barrière van onderdruk (de hydrostatische druklimiet) alleen als die ook lokaal rond de put gerespecteerd wordt. Door overal onder deze drukgrens te blijven, kan lekkage worden voorkomen, ook in het scenario (dat de aanvrager niet verwacht, maar niet kan worden uitgesloten) dat een continu lekpad rond de put, door de afsluitende laag of via breuken zou zijn ontstaan. Ik adviseer daarom om een voorschrift op te nemen waarin is opgenomen dat de injectiedruk tijdens de injectie overal in het reservoir lager is dan de bijbehorende hydrostatische druk.

Na het beëindigen van de injectie zal de druk langzaam toenemen door opwarming van het opgeslagen CO₂. Na meerdere decennia zal de drukverhoging ongeveer 5 bar zijn. Ik adviseer daarom om als voorschrift op te nemen dat de reservoirdruk ook na de injectieperiode overal in het reservoir lager is dan de hydrostatische druk.

De aanvraag beschrijft dat bij de berekeningen van de effecten van CO₂-injectie (bij doorstroom in de put en op het reservoir) scenario's zijn doorgerekend met bepaalde injectiedebieten. De berekeningen zijn uitgevoerd met injectie-snelheden van maximaal 47 kg/s. Deze limiet is ingesteld om erosie te voorkomen. Ik adviseer daarom om de snelheid van CO₂-injectie vast te leggen op een maximum van 47 kg/s per injectieput.

8. Toetsing plannen voor risicobeheer, monitoring, afsluiting en corrigerende maatregelen

Conclusies risicobeheersing voor de put

Ik concludeer dat de beheersing van de put-gerelateerde risico's adequaat is. De aanvrager heeft de juiste risico's geïdentificeerd en heeft daarop beheersmaatregelen getroffen die de risico's beperken tot een aanvaardbaar niveau. Adequate beheersing van putintegriteit wordt gerealiseerd door de juiste materiaalkeuze van putcomponenten, ook van de componenten die bloot staan aan CO₂ en aan het maritieme milieu.

De monitoring bestaat uit het meten van druk, temperatuur, samenstelling en debiet van de injectiestroom gedurende de injectiefase. Met de data van deze parameters is het mogelijk om integriteitsproblemen met put-gerelateerde barrières te signaleren. De corrigerende maatregelen om deze integriteitsproblemen op te lossen, zijn gebaseerd op bekende technieken die al jaren in de olie- en gasindustrie worden toegepast.

Afwijkend injectiegedrag van de operationele bandbreedte dat als signaal dient voor de mogelijke ontwikkeling van een lekpad kan met deze continue monitoring worden opgemerkt. Dit biedt voldoende basis om corrigerende maatregelen te treffen. Echter, of er daadwerkelijk significante lekkage via micro-annuli plaatsvindt, kan met de huidige voorgestelde monitoring pas worden ingeschat op het moment van abandonnering van de putten. Dat kan dan met de door de aanvrager voorgestelde eenmalige putmetingen van de situatie achter de casing.

Meer indirecte signalen van sterkere (significante) lekkage, anders dan van kleinere lekkage via micro-annuli, kunnen worden gedetecteerd met de jaarlijkse temperatuur- en geluidsmetingen met de glasvezelkabel.

Ik oordeel dat de uitvoerder meer mogelijkheden heeft om tussentijdse putmetingen te doen om significante lekkage via micro-annuli te kunnen signaleren. De aanvrager verifieert alleen voorafgaand en na afloop van de injectie de conditie van de buitenbuis en cement. Ik adviseer om als voorschrift op te nemen dat de uitvoerder extra metingen doet om de vorming van micro-annuli te kunnen opmerken bij tussentijdse putwerkzaamheden, als de binnenbuis verwijderd moet worden. Dit heeft als voordeel dat de invloed van de afkoeling, zoals het ontstaan of weer sluiten van micro-annuli en mogelijke lekkage, tussentijds geverifieerd wordt.

Ik concludeer dat de door de aanvrager voorgestelde manier van buiten gebruik stellen van de put een lekkage via de put na beëindiging van de injectie elimineert doordat een eventueel lekpad wordt verwijderd.

Conclusies risicobeheersing voor het reservoir

Voor de risicobeheersing op basis van monitoring met metingen van druk-, temperatuur en seismiciteit stelt de aanvrager een stoplichtsysteem voor. Operatie binnen de groene niveau betekent dat injectie en opslag van CO₂ in het reservoir in lijn is met het voorspelde (gemodelleerde) gedrag. Ik oordeel dat de grenswaardes tussen de escalatieniveau van het stoplichtsysteem nog in meer detail moeten worden ingevuld voor aanvang van injectie. Wel geeft de aanvraag voldoende toelichting van de wijze waarop operationele bandbreedtes zullen worden vastgesteld om binnen de Base case te opereren en weg te blijven van de Worst case-inschattingen van seismiciteit en scheurgroei in de afsluitende laag.

Ik concludeer dat met de voorgestelde drukmonitoring in de put de hoogste reservoirdruk in het reservoir kan worden gecontroleerd. Hiermee kan het risico van lekkage vanuit het reservoir voldoende beheerst worden door bij afwijkend gedrag de injectie aan te passen of te stoppen. De hoogste druk in het reservoir zal namelijk dichtbij de put plaatsvinden en die kan met drukmetingen in de put worden gemonitord, zowel door continue metingen van de injectiedruk als jaarlijks van de gemiddelde reservoirdruk na tijdelijk insluiten van de putten. Met jaarlijkse temperatuurmetingen op de ingesloten put kunnen reservoirmodellen beter worden gevalideerd om daarna afwijkend gedrag beter te kunnen signaleren. De specificatie van wanneer het reservoirgedrag afwijkt van het verwachte gedrag

(buiten de groene bandbreedte van de reguliere operatie) verdient nog nadere uitwerking in het monitoringsplan. Ik adviseer om deze actualisatie ruim voorafgaand aan de start van injectie te vragen. Daarna is actualisatie van deze specificatie nodig op basis van metingen van de eerste jaren van CO₂-injectie.

Voor de beheersing van bevingsrisico concludeer ik dat zwaardere bevingen ($M > 2.0$) onder de zeebodem rond de P18-2 CO₂-opslag gedetecteerd kunnen worden met het reguliere seismisch meetnet van het KNMI-netwerk op land. Ik vind deze monitoring voldoende om vast te kunnen stellen of bevingen optreden rond de P18-2 CO₂-opslag. Daarmee kan worden bepaald of afwijking van het verwachte gedrag plaatsvindt. Op basis van geomechanische modellering verwacht de aanvrager geen bevingen van een magnitude groter dan 2,4-2,8. Bij een beving zal plaatsbepaling onnauwkeurig zijn en zal precieze lokalisatie niet goed mogelijk zijn. Betere lokalisatiebepaling kan helpen om meer onderscheid in scenario's te kunnen maken in geval dat afwijkend gedrag buiten de verwachte bandbreedte optreedt. Corrigerende maatregelen in de vorm van bijstelling van de injectiestrategie met onderscheid tussen putten, lijkt niet goed mogelijk zonder voldoende nauwkeurigheid in plaatsbepaling van een beving.

Met de voorgestelde druk-, temperatuur- en seismiciteitmonitoring is het mogelijk om significant afwijkend gedrag in het reservoir te signaleren. Omdat escalatie in de vorm van lekkage een langzaam proces is, kan de injectie op tijd worden aangepast of gestopt. Hoewel significante afwijking naar verwachting kan worden opgemerkt, schat ik in dat de door de aanvrager voorgestelde monitoring in combinatie met reservoirmodellering, niet afdoende is om de verspreiding van CO₂ binnen het reservoir te kunnen volgen. Het volgen van de verspreiding is echter geen essentieel onderdeel voor de risicobeheersing omdat de voorgestelde barrières van risicobeheersing niet afhangen van hoe het CO₂ zich binnen het reservoir verspreidt. Wel zou extra informatie via metingen en modelvalidatie het kunnen helpen bij het vaststellen van meer gerichte corrigerende maatregelen in geval van afwijkend gedrag.

Ook met extra geofysische monitoring, bijvoorbeeld met actieve 4D-seismiek (niet te verwarren met seismiciteit monitoring van aardbevingen) zal het kunnen monitoren van CO₂ binnen het reservoir moeilijk zijn. Daarentegen zou met 4D-seismiek wel een groot volume CO₂ in de bovenliggende Rijnland formatie (de eerste aquifer boven de afsluitende laag) kunnen worden gedetecteerd, als die uit het opslagcomplex zou zijn weggelekt.

Met de inperkende drukken die ik als begrenzing adviseer wordt het risico adequaat beheerst (zie adviesonderdelen 6 en 7 in bijlage 1 bij deze brief). Daarmee beoordeel ik dat de hierboven genoemde lekkage in het bovenliggende aquifer ver voorbij het *Worst case* scenario valt; de kans op het optreden daarvan vind ik verwaarloosbaar. In een aanvullend advies zal ik nader ingaan op de mogelijkheden en wenselijkheid van aanvullende monitoring en onderzoek.

Conclusie beheersing restrisico's voor mens en milieu

De aanvrager heeft aangetoond dat in een *Worst case* scenario het ontstaan van een lekpad zeer klein is en dat het risico van uitstroom van CO₂ naar de omgeving hierdoor zeer klein is. Met de door ons voorgestelde extra drukbegrenzing voor de uiteindelijke gemiddelde reservoirdruk zal deze uitstroom verwaarloosbaar zijn.

Een nadere toelichting op de beoordeling van de vier plannen geef ik in bijlage 1.

Overig advies: ontbreken integrale benadering van de CO₂-opslag in de P18-reservoirs

De beoogde opslag in P18-2 maakt onderdeel uit van het Porthos project. Dit project beoogt om CO₂ gelijktijdig op te slaan in elk van de (voormalige gas-) reservoirs P18-2 en P18-4 (en mogelijk ook in P18-6) via één pijpleiding en één platform. Gezien de gedeelde infrastructuur bij de opslag in de verschillende P18-opslagvoorkomens, moeten de opslagvergunningen voor die voorkomens op elkaar zijn afgestemd. Op dit moment zijn de geldende opslagvergunning voor P18-4 en onderhavige aanvraag voor de opslagvergunning P18-2 niet in overeenstemming. Ten eerste zijn de (beoogde) vergunninghouders verschillend voor de verschillende opslagvoorkomens. Daarnaast wijkt de voor P18-4 vergunde samenstelling van het CO₂-mengsel af van de beoogde samenstelling in het voorkomen P18-2. Daarnaast zijn de vier plannen bij de onderhavige aanvraag op dit moment niet in overeenstemming met de vier plannen bij de geldende opslagvergunning P18-4. Ik zal deze punten hieronder beschrijven.

Voor de aanvraag van de opslagvergunning P18-2 zijn de aanvragers TAQA Offshore en EBN CCS. Voor de opslagvergunning P18-4 is TAQA Offshore echter de enige vergunninghouder. Dit verschil tussen (beoogd) vergunninghouders is opmerkelijk aangezien er één platform is waar het CO₂ wordt ontvangen en zal worden verdeeld over de verschillende voorkomens. Verschillende vergunninghouders voor de verschillende voorkomens is dan onwenselijk.

Het beoogde CO₂-mengsel wijkt af van de vergunde samenstelling in het voorkomen P18-4. Dit verschil is onwenselijk omdat het CO₂-mengsel dat in beide voorkomens zal worden geïnjecteerd hetzelfde is en via één pijpleiding wordt getransporteerd.

Bovendien zijn de vier plannen (het risicobeheersplan, het monitoringsplan, het plan van corrigerende maatregelen en het afsluitingsplan) voor de opslagvergunning P18-4 en de aangevraagde opslagvergunning P18-2 op dit moment niet in overeenstemming, terwijl dit in de onderhavige vergunningaanvraag wel zo is beschreven. De vier plannen uit de aanvraag zijn namelijk overkoepelend voor het integrale opslagcomplex en gebruiken de huidige inzichten en stand der techniek. Een gehele herbeoordeling van de opslagvergunning P18-4 is daarom noodzakelijk om de vergunningen consistent en integraal te maken en naar de huidige inzichten en stand der techniek.

Ik concludeer dat er geen integrale benadering is voor de verschillende opslagreservoirs en dat er zelfs inconsistenties zijn ontstaan (op dit moment met

de onderhavige aanvraag P18-2 en de vigerende opslagvergunning P18-4). Daarom acht ik het noodzakelijk om de opslagvergunningen te harmoniseren.

Conclusie en aanbevelingen

Ik zie geen aanleiding om de opslagvergunning te weigeren, maar adviseer wel om voorwaarden te verbinden aan een eventuele vergunning om hiermee de veiligheid voor mens en milieu te borgen.

Ik adviseer de minister om de volgende voorschriften op te nemen:

1. Zes maanden voorafgaand aan de injectie wordt beoordeeld of de organisatie past bij de locatie- en projectspecifieke risico's en werkzaamheden. De uitvoerder overlegt hiertoe aan de Inspecteur-Generaal der Mijnen een geactualiseerde organisatiestructuur en invulling, conform de dan geldende technische standaarden.
2. De uitvoerder doet zes maanden voorafgaand aan het injecteren een zelfevaluatie. Deze zelfevaluatie moet globaal voldoen aan de zelfevaluatie zoals deze is opgesteld voor aardwarmte² en moet aangepast worden aan het opslagproject. Met de zelfevaluatie toont de onderneming aan dat ze in staat is de eigen verantwoordelijkheid voor veiligheid, gezondheid en milieu adequaat in te vullen.
3. De samenstelling van het te injecteren gas blijft binnen de grenzen waarbinnen de veiligheid en integriteit via simulaties en berekeningen is aangetoond. Deze samenstelling voldoet daarom aan de in de aanvraag opgenomen samenstelling (Tabel 5 van Deel I).
4. De injectiedruk is tijdens de injectie overal in het reservoir lager dan de bijbehorende hydrostatische druk, uitgaand van een hydrostatische drukgradiënt van 0,103 bar/m en een dichtheid van het water van 1052 kg/m³.
5. De reservoirdruk van het opgeslagen CO₂ is ook na de injectieperiode altijd en overal in het reservoir lager dan de bijbehorende hydrostatische druk, uitgaande van een hydrostatische drukgradiënt van 0,103 bar/m en een dichtheid van het water van 1052 kg/m³.
6. Het maximaal toelaatbare injectiedebiet bedraagt 47 kg CO₂ per seconde per injectieput.

² Zelfevaluatie template aardwarmte: <https://www.sodm.nl/binaries/staatstoezicht-op-de-mijnen/documenten/publicaties/2020/07/01/toezichtarrangement-geothermie/SodM+-Zelfevaluatie+geothermie.pdf>.

7. Injectie van CO₂ kan alleen plaatsvinden met een geactualiseerd monitoringsplan en een daarmee samenhangende plan van corrigerende maatregelen. Deze plannen moeten door de IGM zijn goedgekeurd.

8. De uitvoerder doet extra metingen om de vorming van micro-annuli te kunnen opmerken bij tussentijdse putwerkzaamheden, als de binnenbuis tijdelijk verwijderd wordt.

Ik ga ervan uit dat uw adviesvraag hiermee voldoende beantwoord is. Vanzelfsprekend ben ik bereid dit advies nader toe te lichten.

Hoogachtend,

ing. P.A.M. van den Bergen
directeur Toezicht 2 en 3

Bijlage 1: Technisch-inhoudelijk onderbouwing voor de adviesonderdelen 1 t/m 8

Bijlage 2: Sintef Review report: *Technical review of Porthos CO2-storage permit application*

Bijlage 3: NORCE Review Report: *Porthos CCS storage permit review, Final technical assessment and recommendations*