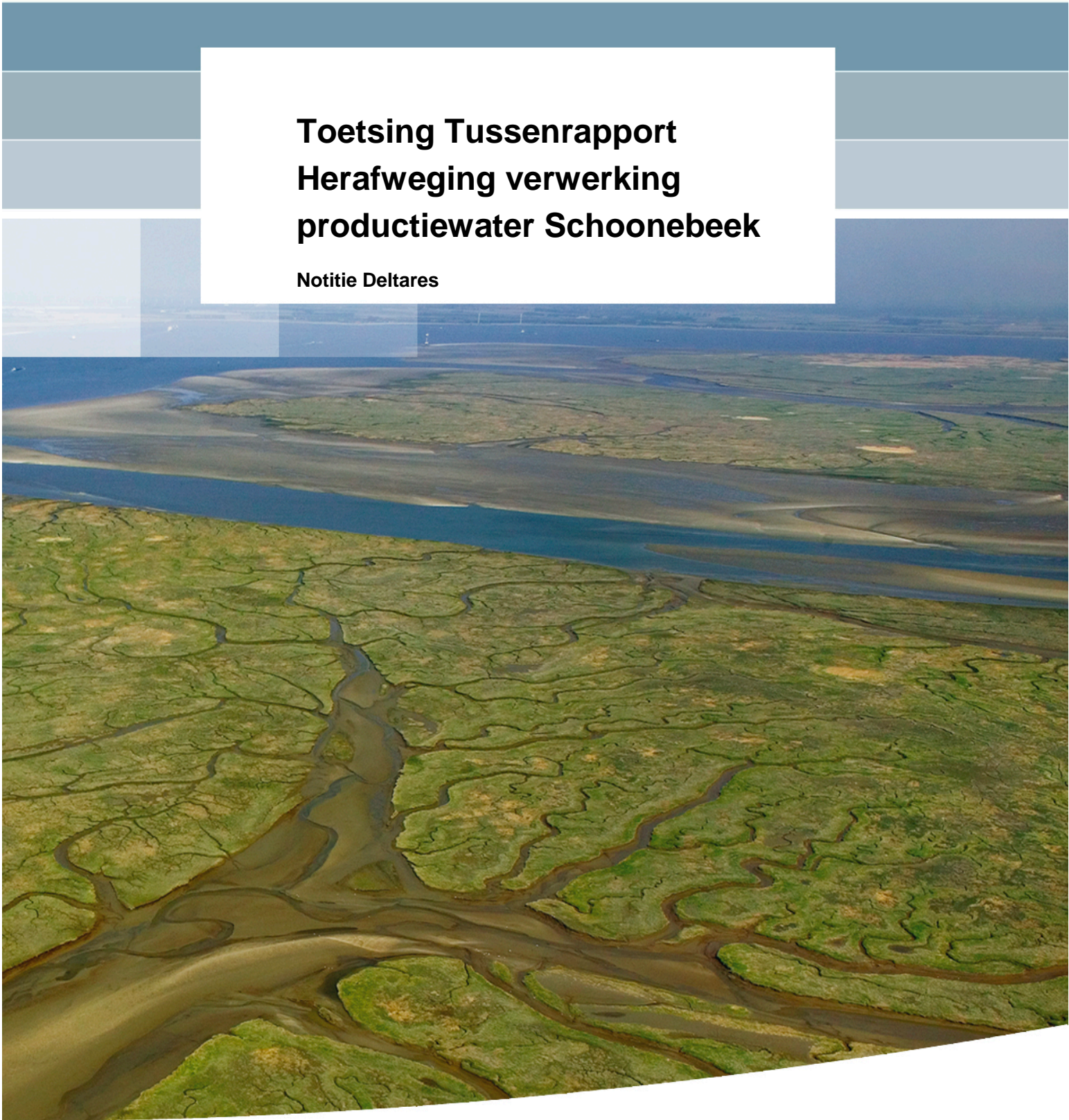


**Toetsing Tussenrapport  
Herafweging verwerking  
productiewater Schoonebeek**

Notitie Deltares



## **Toetsing Tussenrapport Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek**

**Notitie Deltares**

Dimmie Hendriks  
Ger de Lange  
Stefan Jansen  
Annemieke Marsman  
Karin van Thienen-Visser (TNO)  
Harry Bruning (WUR)

1221062-002

**Titel**

Toetsing Tussenrapport Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek

**Opdrachtgever**

Ministerie van Economische Zaken  
DG Energie, Telecom en Mededinging

**Project**

1221062-002

**Kenmerk**

1221062-002-BGS-0006

**Pagina's**

27

**Trefwoorden**

Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek, waterinjectie gasvelden, milieueffecten, lange termijn risico's, korte termijn risico's, transportleidingen, lekkage, waterzuiveringstechnieken, bodemdaling, aardbevingen

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	aug. 2016	Dimmie Hendriks		Geert van Wirdum		Hilde Passier	
		Ger de Lange					
		Stefan Jansen					
		Annemieke Marsman					
		Karin van Thienen-Visser (TNO)					
		Harry Bruning (WUR)					

**Status**

definitief

## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Opzet en doel van deze toetsing</b>	<b>3</b>
<b>3 Algemene bevindingen</b>	<b>5</b>
3.1 Managementsamenvatting	5
3.2 Referenties en getalsmatige onderbouwing	5
3.3 Formulering	6
<b>4 Transportleidingen</b>	<b>7</b>
4.1 Traject van transportleidingen	7
4.2 Type transportleidingen	7
4.3 Samenstelling vloeistof	7
4.4 Monitoring en beheersmaatregelen	7
<b>5 Lekkage productiewater</b>	<b>9</b>
5.1 Samenstelling van productiewater	9
5.2 Lekkagebron en lekkagepaden	10
5.3 Receptoren	10
5.4 Monitoring en beheersmaatregelen	10
<b>6 Zuiveringstechnieken</b>	<b>12</b>
6.1 Viscositeit reststroom	12
6.2 Overzicht relevante componenten	12
6.3 Specificaties zuiveringstechnieken	12
6.4 Keuzeprocés zuiveringstechniek	13
6.5 Kostenberekening	13
6.6 Risico's, vergunningen en beheersmaatregelen	14
<b>7 Bodemdaling</b>	<b>15</b>
7.1 Oplossing van zout	15
7.2 Kleilagen	15
7.3 Monitoring en beheersmaatregelen	16
<b>8 Aardbevingen</b>	<b>17</b>
8.1 Aanwezigheid breuken	17
8.2 Koudefracking	18
8.3 Selectie van gasvelden op basis van gedrag tijdens de gaswinning	18
8.4 Risicobepaling	19
8.5 Monitoring en beheersmaatregelen	21
<b>9 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>22</b>
9.1 Aanbevelingen huidige fase herafweging	22
9.2 Conclusies en aanbevelingen volgende fase herafweging	22
<b>10 Referenties</b>	<b>24</b>

## 1 Inleiding

In Schoonebeek wordt door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) olie geproduceerd. Hierbij komt zout productiewater en wat aardgas mee naar boven. Sinds 2011 wordt dit productiewater via een ondergrondse leiding naar waterinjectielocaties in Twente getransporteerd, waar het in lege aardgasvelden wordt gepompt. Voorafgaand aan de start van deze waterinjectie is een uitgebreide milieueffecten-rapportage (m.e.r.) opgesteld (NAM, 2006), welke door de Commissie voor de m.e.r. is getoetst (Commissie voor de m.e.r. 2006 en 2007). Voor de waterinjectielocaties in Twente zijn op basis van deze m.e.r. vergunningen verleend door de provincie Overijssel en het ministerie van Economische Zaken. In deze vergunningen is een voorschrift opgenomen dat NAM gedurende de hele periode van waterinjectie om de 6 jaar dient te onderzoeken of het injecteren van productiewater dat meekomt bij de olieproductie nog steeds de meest geschikte verwijderingsmethode is. Naar aanleiding van het onderzoek zal de Minister van Economische Zaken (EZ) de huidige vergunning herbevestigen, dan wel met de NAM een traject voor de wijziging van de vergunning (met bijbehorende m.e.r.-procedure) in gang zetten.

Deze “Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek” wordt uitgevoerd door Royal HaskoningDHV in opdracht van de NAM. Royal HaskoningDHV heeft hiertoe in november 2015 een onderzoeksopzet ingediend (Royal HaskoningDHV, 2015). De commissie voor de m.e.r. heeft advies gegeven over deze onderzoeksopzet en de opzet van het onderzoekstraject (Commissie voor de m.e.r., 2016). Op basis van het advies van de Commissie voor de m.e.r. is een extra fase ingebouwd in het onderzoek waarin de belangrijkste alternatieven op hoofdlijnen worden gewogen. Tijdens deze fase worden, analoog aan de hoofdcriteria in de ‘CE methodiek’ (CE Delft, 2004), de mogelijke milieueffecten en de risico’s op korte en lange termijn op hoofdlijnen uit gewerkt. Op verzoek van het Ministerie van EZ heeft ook Deltares deze onderzoeksopzet onderworpen aan een onafhankelijke toetsing, waarbij aanbevelingen zijn gegeven voor het vervolgonderzoek (Deltares, 2016). Een belangrijk aspect van het advies van Deltares was het concreet maken en aanscherpen van de gevolgde afwegingsmethodiek en onderbouwing, zodat een inhoudelijke toetsing van de resultaten en de onderliggende getalsmatige onderbouwing en aannames mogelijk is.

Op 18 maart 2016 is door Royal HaskoningDHV in opdracht van de NAM de beleidsnotitie “Afweging Long List naar Short List” gepubliceerd. Deze notitie, gericht aan de Begeleidingscommissie herafweging verwerking productiewater Schoonebeek, geeft een toelichting op het samenstellen van een lijst met alle mogelijke opties (longlist) en het proces van trechteren tot een selectie van nader uit te werken alternatieven (shortlist). Op verzoek van de Begeleidingscommissie is op de beleidsnotitie een beknopte contra-expertise uitgevoerd door onderzoekers van de TU-Delft (TU-Delft, 2016). Naast verschillende inhoudelijke suggesties, wordt gesteld dat de alternatieven verder onderbouwd en gekwantificeerd moeten worden om de totale effecten van de verschillende scenario’s te kunnen overzien en beoordelen.

Op 28 juli 2016 is door Royal HaskoningDHV in opdracht van de NAM het “Tussenrapport alternatievenafweging” (hierna: Tussenrapport) uitgebracht als resultaat van het onderzoek op hoofdlijnen naar de Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek (Royal HaskoningDHV, 2016a). Het gaat daarbij om onderzoek naar de milieueffecten en de risico’s op korte en lange termijn van de alternatieven op de shortlist. Het eerste deel van dit

Tussenrapport bevat een overzicht van de bevindingen gedurende de oliewinning en productiewaterinjectie van de afgelopen jaren, waarbij tevens randvoorwaarden voor de komende jaren worden benoemd. Vervolgens wordt een inventarisatie gemaakt van mogelijke verwerkingsopties, waaruit de meest kansrijke opties als alternatieven zijn geselecteerd: vast zout middels kristallisatie (alternatief 1), zout water naar de zee (alternatief 2), indikken tot een compactie brijnstroom (alternatief 3), waterinjectie Twente en Drenthe (alternatief 4). Bij de alternatieven 1, 2 en 3 is sprake van volledige of gedeeltelijke zuivering van het productiewater. Bij de alternatieven 3 en 4 is sprake van vloeistofinjectie in lege gasvelden. De vier alternatieven zijn uitgewerkt en op hoofdlijnen getoetst in het verlengde van de CE methodiek. Naast de alternatieve verwerkingsopties geselecteerd door Royal HaskoningDHV, is door de Stichting "Stop Afvalwater Twente" een aanvullende alternatieve verwerkingsoptie uitgewerkt en gepubliceerd (Stichting Stop Afvalwater Twente, 2016). Dit alternatief is opgenomen als een variant van één van de onderzochte alternatieven in het Tussenrapport (alternatief 4). Tegelijk met het Tussenrapport heeft Royal HaskoningDHV in opdracht van de NAM een bijbehorende "Zorgpuntennotitie" gepubliceerd, waarin een toelichting wordt gegeven op een aantal hoofdthema's (Royal HaskoningDHV, 2016b). Daarnaast worden in deze Zorgpuntennotitie de afzonderlijke vragen van bewoners en andere betrokkenen beantwoord.

Op basis van het Tussenrapport en gesprekken met bestuurders in de regio zal door de minister van Economische Zaken een keuze gemaakt worden voor 1 of 2 alternatieven die in de laatste fase van het onderzoek later dit jaar aan een volledige analyse volgens de CE-methodiek worden onderworpen.

## 2 Opzet en doel van deze toetsing

Deze notitie bevat een onafhankelijke toetsing van het Tussenrapport alternatievenafweging (Royal HaskoningDHV, 2016a). Waar mogelijk zijn daarbij de onderliggende getalsmatige onderbouwing en aannames geëvalueerd. Deze toetsing is opgesteld als advies aan de minister van Economische Zaken. Daarnaast vormt deze toetsing input voor het advies van de Commissie voor de m.e.r..

Bij het uitvoeren van de toetsing is naar een aantal onderwerpen gekeken die van belang zijn bij het beoordelen en vergelijken van de vier alternatieven op gebied van milieu en risico's op korte en lange termijn: integriteit van transportleidingen (hoofdstuk 4), lekkage in de ondergrond (hoofdstuk 5), zuiveringstechnieken (hoofdstuk 6), bodemdaling (hoofdstuk 7), en aardbevingen (hoofdstuk 8). Voor ieder onderdeel is aangegeven welke aspecten cruciaal zijn om te komen tot een goede beoordeling en afweging tussen de alternatieven. Vervolgens is nagegaan of deze aspecten in voldoende mate zijn onderzocht en of de beschrijving hiervan volledig, juist en herleidbaar is. Daarnaast zijn de manier waarop het Tussenrapport is opgesteld en de mate waarin de onderzoeksresultaten toetsbaar zijn geëvalueerd (hoofdstuk 3). In het laatste hoofdstuk van deze notitie (hoofdstuk 9) worden de belangrijkste conclusies samengevat en worden aanbevelingen gedaan voor de huidige en volgende fase van het onderzoek in het kader van de Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek.

Voorafgaand aan de toetsing van het Tussenrapport, hebben de experts van Deltares meegelezen met de beleidsnotitie "Afweging Long List naar Short List". Daarnaast is een concept van het Tussenrapport beschikbaar gesteld aan de experts van Deltares en op basis hiervan is op 21 juni 2016 een expertworkshop georganiseerd door de NAM en Royal HaskoningDHV om de experts van Deltares te informeren over de achtergrond van het onderzoek in het Tussenrapport. Voorafgaand aan deze workshop is door Deltares een lijst met vragen en suggesties voor verbetering van het Tussenrapport gestuurd aan Royal HaskoningDHV en de NAM. Tijdens de workshop is gebleken dat de aanpak van Royal HaskoningDHV en NAM op een aantal aspecten concreter en vollediger is dan uit het Tussenrapport kan worden afgeleid. Het Tussenrapport is op een deel van deze punten in de definitieve versie verbeterd.

Deze onafhankelijke toetsing van het Tussenrapport alternatievenafweging is onder leiding van Deltares opgesteld door een team van experts van Deltares, WUR en TNO: dr. Stefan Jansen (corrosie en lekkage pijpleidingen, Deltares), dr. A. Marsman (effecten lekkage op grondwater, Deltares) en dr. H. Bruning (waterzuiveringstechnieken, WUR), drs. Ger de Lange (bodemdaling en -trillingen, Deltares), dr. K. van Thienen-Visser (Diepe ondergrond en mijnbouw, TNO) en dr. D. Hendriks (projectleiding, Deltares).

### **Mijnbouwkundige aspecten**

Vooropgesteld wordt dat risico's met betrekking tot de mijnbouwkundige aspecten van het gehele proces van productie met stimulatie door stoominjectie tot en met de injectie van het bij de productie vrijkomende overtollige water in diepe formaties, bij een hernieuwde vergunningsaanvraag in beeld moeten worden gebracht ten behoeve van de vergunningsverlening. Dit vergunningentraject zal echter pas in werking treden wanneer een wijziging van de huidige, vergunde werkwijze noodzakelijk wordt, ofwel door andere dan de voorspelde gevolgen van de productie en waterinjectie, ofwel door de tussentijdse invoering van een andere werkwijze, ofwel door het aflopen van de vergunningstermijn.

De huidige herafweging van de injectie van productiewater en de afweging van alternatieven voor deze huidige praktijk komen voort uit afspraken, gemaakt in de m.e.r.-procedure bij aanvang van de injectie van het productiewater in 2011. De Commissie voor de m.e.r. heeft gesteld dat bij de afweging van alternatieven voor de verwerking van het productiewater de significante voordelen en nadelen, inclusief de risico's, in de afweging dienen te worden betrokken. Bij het injecteren van productiewater in diepere (hier wordt in het algemeen bedoeld dieper dan 400 meter) geologische lagen bestaan er twee mijnbouwkundige risico's: een risico van het optreden van aardbevingen als gevolg van geïnduceerde seismiek en een risico van bodemdaling als gevolg van het oplossen van lagen die grotendeel uit oplosbare mineralen (zouten) bestaan. Deze risico's, bestaande uit de kans op het voorkomen van aardbevingen of bodemdaling maal de effecten in biosfeer en schade aan het oppervlak, kunnen cruciaal zijn voor de herafweging. Het is daarom van belang dat tijdens de herafweging voldoende inzicht wordt gegeven in deze risico's.

In het geval van de injectie van productiewater uit Schoonebeek kan hierbij worden aangetekend dat bij de vergunningverlening door het Staatstoezicht op de Mijnen de toenmalige door de NAM aangeleverde informatie diende te worden aangevuld met aanvullende studies naar deze aspecten. Deze studies zijn in 2015 door NAM opgeleverd en openbaar gemaakt. Van deze studies en de door SodM gevraagde expert reviews en bijbehorende samenvatting is door Deltares en TNO kennis genomen voorafgaand aan het schrijven deze notitie. Waar relevant wordt naar deze rapporten en/of reviews gerefereerd.



### 3 Algemene bevindingen

In dit hoofdstuk worden een aantal bevindingen toegelicht die niet technisch van aard zijn, maar die betrekking hebben op de manier waarop het Tussenrapport is opgesteld en de mate waarin de onderzoeksresultaten toetsbaar zijn.

#### 3.1 Managementsamenvatting

De tabel in de managementsamenvatting (pagina xii) is geen goede representatie van de hoofdtekst van het Tussenrapport en is onduidelijk en intern inconsistent. In deze tabel worden begrippen als “kans”, “risico” en “onzekerheden” niet zuiver en duidelijk gebruikt. Op basis van de tabel is het daardoor niet mogelijk om een beslissing te nemen over de keuze van de alternatieven die uitgewerkt gaan worden in de volgende fase van het onderzoek. Omdat deze tabel in de managementsamenvatting staat, heeft dit potentieel veel impact op de politiek en bezorgde burgers. Wij adviseren dan ook om de tabel te verduidelijken voordat de afweging tussen de alternatieven wordt voorgelegd aan de lokale en regionale bestuurders en, vervolgens, aan de minister.

Het gaat daarbij minimaal om aanpassing van de volgende aspecten in de tabel:

- Controleer en corrigeer waar nodig het gebruik van begrippen als “kans”, “risico” en “onzekerheden”. Deze begrippen worden momenteel niet zuiver en duidelijk gebruikt.
- De derde kolom definieert risico's op lange termijn. Voor alternatief 3, alternatief 4 en voor de referentie situatie wordt hier een score van “-“ behaald. Deze score wordt gedefinieerd als *“gebruikelijk/normaal bij industriële processen, kleinschalig en tijdelijk effect”*. Deze definitie is echter in directe tegenspraak met het feit dat hier ook om risico's op lange termijn gaat.
- De tekst “Alleen onzekerheden voor diepe ondergrond, zoutoplossing of gaslekage bij de put” bevat geen indicatie van de mate van risico. Niettemin suggereert de tekst een impliciet oordeel (“alleen”) over de alternatieven.
- Het is onduidelijk wat de tijdschalen van “risico kort” en “risico lang” zijn.

#### 3.2 Referenties en getalsmatige onderbouwing

Het ontbreekt op veel plekken in het rapport aan een verwijzing naar bronnen ter ondersteuning van de zaken die gesteld worden. Ook ontbreekt op veel punten een concretere onderbouwing van aannames en methoden. Hierdoor is het voor experts op veel punten niet mogelijk om de onderliggende getalsmatige onderbouwing van aannames en resultaten volledig te reproduceren. De tekst wekt de indruk dat deze onderbouwing wel aanwezig is, maar niet expliciet vermeld wordt. Tijdens de expertworkshop werd deze indruk bij Deltares versterkt en bevestigd door de presentaties mondelinge toelichtingen, maar in het definitieve rapport is het gebrek aan bronnen en onderbouwing niet voldoende verholpen.

In dit Tussenrapport is gekozen voor een vergelijking op hoofdpunten en niet voor het grootste detailniveau. We bevelen echter aan om meer verwijzingen naar bronnen of uitgangspunten toe te voegen en op een aantal punten een beknopte toelichting van aannames en methoden op te nemen. In de hierna volgende hoofdstukken wordt aangegeven waar dit relevant is. Het toevoegen van referenties en beknopte toelichtingen hoeft het Tussenrapport niet veel ingewikkelder of omvangrijker te maken, maar biedt wel de mogelijkheid aan experts, bestuurders en andere geïnteresseerden om de onderzoeksresultaten en scores voor milieurisico's te verifiëren. Dit vergemakkelijkt het maken van een keuze tussen de alternatieven en komt het draagvlak ten goede.

### 3.3 Formulering

In de tekst van het Tussenrapport komen subjectieve formuleringen voor. Enkele voorbeelden:

- "Veel van de effecten en risico's bij de verwerking van productiewater komen in andere industriesectoren vergelijkbaar voor." (Tussenrapport herafweging, p. xi)
- "Alleen onzekerheden voor diepe ondergrond, zoutoplossing of gaslekkage bij de put" (Tabel, pagina xii)
- "... gebruikelijk / normaal bij industriële processen" (pagina xii).
- "In Nederland bevinden zich veel transportleidingen voor olie, aardgas, water, waar vergelijkbare situaties zich voordoen." (Zorgpuntennotitie, p. 16).

Subjectieve formuleringen kunnen lijken op vooringenomen standpunten en uitgangspunten in het onderzoek doordat bepaalde aspecten (schijnbaar) worden gebagatelliseerd. Het risico hiervan is dat het draagvlak voor bepaalde alternatieven of elementen daarvan afneemt. We adviseren subjectieve formuleringen in het vervolg te verwijderen of om te zetten in objectievere formuleringen.

## 4 Transportleidingen

In dit onderdeel van de toetsing ligt de focus op de integriteit van de transportleidingen waardoor het productiewater van Schoonebeek naar de verwerkingslocatie(s) wordt getransporteerd.

**De cruciale aspecten** wat betreft transportleidingen zijn:

- Traject van transportleidingen
- Type transportleidingen
- Samenstelling vloeistof
- Monitoring en beheersmaatregelen

Hieronder wordt per aspect beschreven of dit in voldoende mate is onderzocht en of de beschrijving hiervan volledig, juist en herleidbaar is. Als dit niet het geval is, wordt een aanbeveling gegeven voor verbetering of aanvulling van het onderzoek.

### 4.1 Traject van transportleidingen

Over het traject van de leidingen wordt voor dit stadium van het onderzoek voldoende gedetailleerde informatie gegeven, zowel voor de bestaande leidingen als voor de leidingen die bij verschillende alternatieven mogelijk worden gebruikt (Tussenrapport, paragraaf 4.2.1, en bijlagen). Daarnaast wordt, voor toekomstig situaties, aangegeven dat het tracé van de transportleiding bij voorkeur niet wordt aangelegd door natuurgebieden, waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden (p. 76). Wij raden aan om ook recreatiegebieden en gebieden waar veel lokaal (grond)water voor irrigatie wordt gewonnen hieraan toe te voegen. Wanneer dit niet mogelijk of onwenselijk zou zijn, raden wij aan ook die afweging navolgbaar te maken en concreet te maken welke eisen zouden moeten worden gesteld om de afwijking aanvaardbaar te maken.

### 4.2 Type transportleidingen

Over het materiaal van de leidingen in het bestaande tracé wordt voldoende informatie gegeven voor de drie segmenten van het tracé (paragraaf 4.2.1). De beschreven materialen worden beoordeeld als geschikt voor het vervoer van het huidige productiewater. In het overzicht van randvoorwaarden voor transport per pijpleiding wordt geen informatie gegeven over het materiaal van eventuele toekomstige pijpleidingen. Wij raden aan om hier in de volgende fase van het onderzoek meer duidelijkheid over te geven.

### 4.3 Samenstelling vloeistof

Over de samenstelling van de vloeistof die door de leidingen getransporteerd wordt, zowel voor de huidige situatie als voor de alternatieven, relevante informatie gegeven (paragraaf 4.1.6, paragraaf 6.2.2, paragraaf 6.2.3.). Echter, over de corrosieremmers, biociden, en sulfide-bindende stoffen ontbreekt informatie om in te kunnen schatten in hoeverre schadelijke effecten of afbraakproducten ontstaan. Deze afbraakproducten kunnen voeding vormen voor corrosie-veroorzakende micro-organismen en daarmee de integriteit van de transportleidingen aantasten. Wij raden aan om hier in de volgende fase van het onderzoek meer duidelijkheid over te geven.

### 4.4 Monitoring en beheersmaatregelen

Over monitoren van de integriteit van de leidingen en beheersmaatregelen van het huidige systeem wordt informatie gegeven (paragraaf 4.2.1). Wel blijft de frequentie van monitoring in de Tussenrapportage vaag. Zo wordt aangegeven dat "regulier" een controle van de

wanddikte plaatsvindt en dat monitoring van kleine lekkages “periodiek” gebeurt (p. 47). Onduidelijk is of deze monitoringsactiviteiten, bijvoorbeeld, één keer per maand, één keer per jaar of één keer per 5 jaar gebeuren. Wij raden aan de lengte van deze perioden in de volgende fase van het onderzoek te specificeren. In het verlengde hiervan is in het Tussenrapport onduidelijk of er een concreet draaiboek is voor monitorings- en beheeraspecten. Wij raden aan om ook hierover duidelijkheid te geven in de volgende fase van het onderzoek.

## 5 Lekkage productiewater

In dit onderdeel van de toetsing ligt de focus op lekkage van productiewater in de ondergrond en de mogelijke effecten hiervan op de biosfeer. In het Tussenrapport wordt de biosfeer als volgt gedefinieerd: “De biosfeer is ons leefmilieu en beslaat de ruimte boven het maaiveld en het gedeelte van de bodem tot circa 500 meter onder maaiveld”. Dit is de zone waarop milieuwetgeving van toepassing is. Onder de biosfeer bevindt zich volgens deze wetgeving de diepe ondergrond. De milieuwetgeving voor de biosfeer is hierop niet van toepassing, behalve dat activiteiten in de diepe ondergrond geen invloed behoren te hebben op de biosfeer.

**De cruciale aspecten** wat betreft lekkage productiewater zijn:

- Samenstelling van productiewater
- Kans op lekkage: lekkagebron en lekkagepaden
- Effect van lekkage: receptoren
- Monitoring en beheersmaatregelen

Hieronder wordt per aspect beschreven of dit in voldoende mate is onderzocht en of de beschrijving hiervan volledig, juist en herleidbaar is. Als dit niet het geval is, wordt een aanbeveling gegeven voor verbetering of aanvulling van het onderzoek.

### 5.1 Samenstelling van productiewater

Op een aantal punten in het Tussenrapport bestaat onduidelijkheid over de samenstelling van het productiewater:

- Er wordt een overzicht gegeven van de mijnbouwhulpstoffen die in de huidige situatie aan het productiewater worden toegevoegd (p. 42). De chemische samenstelling van deze stoffen wordt niet beschreven en ook een referentie naar een bron met deze informatie ontbreekt.
- Er wordt beschreven dat azijnzuur is toegevoegd aan het productiewater (p. 43). Informatie over deze stof ontbreekt echter in de tabel met hulpstoffen.
- Er wordt genoemd dat in de samenstelling van het productiewater de concentratie van bepaalde stoffen zal toenemen of afnemen (p. 45). Er wordt geen totaaloverzicht gegeven van de stoffen waarover het hier gaat. Ook de verwachte omvang van deze toename of afname wordt niet concreet beschreven.
- Een onderzoek naar de waterkwaliteit voorzien in de m.e.r. wordt beschreven (p. 59). Concrete informatie over de gemeten waarden in relatie tot grenswaarden ontbreekt.
- Er wordt een overzicht gegeven van de verwachte concentraties van chemische componenten in het productiewater in 2022 (p. 73). Een onderbouwing van wijze waarop deze concentraties zijn bepaald ontbreekt.
- Gesteld wordt dat strontium en barium mogelijk problemen geven voor de biosfeer, maar geen problemen geven bij injectie, ook niet in geval van tijdelijke lekkage (p. 75). Wordt bedoeld dat deze stoffen in beginsel schadelijk kunnen zijn, maar dat daar in dit geval geen noemenswaardig risico uit voortkomt? En is tijdelijke lekkage bij injectie het enige geval, waarbij dit aan de orde zou kunnen zijn? Wij raden aan om bovenstaande duidelijk te onderbouwen.

Het ontbreken van concrete informatie op deze punten maakt het lastig om een volledige toetsing uit te voeren. Wij adviseren om in de volgende fase van het onderzoek de

samenstelling van het productiewater te onderbouwen en verwachte afname of toename in de tijd te kwantificeren (bijvoorbeeld in percentages en in relatie tot grenswaarden).

## 5.2 Lekkagebron en lekkagepaden

In het Tussenrapport wordt aangegeven dat lekkage van productiewater naar de omgeving wordt voorkomen (p. 78). Er wordt echter geen toelichting gegeven op welke manier dit wordt gedaan of hoe dit kan worden gegarandeerd. Voor het maken van een goede inschatting van de kans op lekkage van productiewater in of naar de biosfeer is het belangrijk een overzicht te hebben van de mogelijke plekken en dieptes waarop lekkage kan optreden (lekkagebron). Daarnaast is het belangrijk in beeld te brengen of en hoe lekkage vanuit de gasvelden of de injectiepijp in de biosfeer kan komen (lekkagepaden). Deze aspecten vormen een belangrijk onderdeel van een complete risicobepaling, waarbij zowel kans als effect in beeld worden gebracht (Van Thienen-Visser, et al. 2014). In het Tussenrapport worden aspecten hiervan beschreven, maar er is geen totaaloverzicht van de kans op lekkage in of naar de biosfeer. Daarnaast ontbreken relevante aspecten: er wordt geen onderscheid gemaakt naar verschillende dieptes waar lekkage plaats kan vinden en informatie over afsluitende lagen in de ondergrond die de verspreiding van lekkend productiewater op diepte kan reduceren ontbreekt volledig, evenals informatie over de aanwezigheid van breuken en (oude) injectieputten die mogelijke shortcuts vormen voor de verspreiding van productiewater richting de biosfeer.

Wij adviseren om in de volgende fase van het onderzoek een volledig overzicht te geven van de mogelijke lekkagebronnen, lekkagepaden en de kans op lekkage tot in de biosfeer. Hierbij is het belangrijk dat in de volgende fase van het onderzoek de geologie van de gasvelden in Drenthe nader wordt bestudeerd en beschreven op de aspecten van de samenstelling van de ondergrond, kwaliteit van de putten, kwaliteit van de cementatie en casing bij de put, en het voorkomen van breuken op dezelfde manier als voor de gasvelden in Twente al gedaan is (NAM 2014a,b,c). Ook raden we aan om in deze context de afsluitende werking van kleilagen boven de zout- en anhydrietlagen te onderzoeken, zowel in Twente als Drenthe. Dit aspect wordt in de bestaande NAM onderzoeken nog niet behandeld.

## 5.3 Receptoren

Het risico van lekkage bestaat uit de kans op en omvang van lekkage (zie hierboven) maal het effect op de biosfeer (de receptoren). In de randvoorwaarden voor waterinjectie is opgenomen dat er bij voorkeur geen injectieputten en transportleidingen in natuurgebieden, waterwingebieden of grondwaterbeschermingsgebieden worden geplaatst. Wij raden aan om ook recreatiegebieden en gebieden waar veel lokaal (grond)water voor irrigatie wordt gewonnen hieraan toe te voegen. Wij raden aan om ook recreatiegebieden en gebieden waar veel lokaal (grond)water voor irrigatie wordt gewonnen hieraan toe te voegen. Daarnaast raden wij aan om na te gaan of de voorkeurslocatie van de injectieputten en transportleidingen altijd mogelijk is en of het belang voldoende groot is om van de betreffende locatie of tracé. Wij raden ook aan concreet te maken welke eisen worden gesteld in het geval het niet mogelijk de voorkeurslocatie van de injectieput of het tracé niet beschikbaar is.

## 5.4 Monitoring en beheersmaatregelen

Over monitoren van lekkages en beheersmaatregelen van het huidige systeem wordt in het Tussenrapport en onderliggende rapportage (NAM, 2015c) voldoende informatie gegeven. Mogelijke lekkage vanuit het gasreservoir wordt gemonitord door het controleren van de druk in het gasreservoir. Daarnaast worden de injectieputten gecontroleerd op integriteit. Tot nu toe zijn geen lekkages vanuit het gasveld of een injectieput opgetreden en is deze monitoring

afdoende gebleken. Monitoring en beheersmaatregelen van transportleidingen zijn in hoofdstuk 4 van deze notitie besproken.

Voor de alternatieven waarbij gezuiverd productiewater wordt geloosd op het oppervlaktewater, wordt aangegeven dat het oppervlaktewater op lozingslocaties gemonitord dient te worden om vervuiling van het lozingswater tijdig vast te stellen. Ook wordt genoemd dat waterbuffers aangelegd kunnen worden als beheersmaatregel. Wij raden aan om deze maatregelen in de laatste fase van het onderzoek verder uit te werken om de beheersbaarheid van mogelijke vervuiling snel in beeld te brengen en de effecten te beperken.

## 6 Zuiveringstechnieken

In dit onderdeel van de toetsing ligt de focus op zuiveringstechnieken om bepaalde componenten uit het productiewater of uit reststromen te verwijderen.

**De cruciale aspecten** wat betreft zuiveringstechnieken zijn:

- Viscositeit reststroom
- Overzicht relevante componenten
- Specificaties zuiveringstechnieken
- Keuzeprocessen zuiveringstechniek
- Risico's, vergunningen en beheersmaatregelen
- Kostenberekening

Hieronder wordt per aspect beschreven of dit in voldoende mate is onderzocht en of de beschrijving hiervan volledig, juist en herleidbaar is. Als dit niet het geval is, wordt een aanbeveling gegeven voor verbetering of aanvulling van het onderzoek.

### 6.1 Viscositeit reststroom

Het is onduidelijk of alternatief 3 succesvol kan plaatsvinden gezien de hoge viscositeit en hogere dichtheid van brijn. Hierdoor kunnen de mate en het gemak waarmee het productiewater ingebracht kan worden in de gasvelden tegenvallen. We adviseren om in dit stadium van het onderzoek voor alternatief 3 de effecten van de hoge viscositeit op het gemak en de mate waarin het brijn ingebracht kan worden in de gasvelden te analyseren en in beeld te brengen wat dit betekend voor de technische haalbaarheid van de brijninjectie. Naast het gemak en de mate waarin het brijn ingebracht kan worden gaat het daarbij om stroming in het gasreservoir, oplossing en chemische effecten rondom de put. Dit is nodig om een goede afweging tussen de alternatieven te kunnen maken.

### 6.2 Overzicht relevante componenten

Het doel van de zuivering is om bepaalde componenten uit het productiewater of reststromen te verwijderen. Deze componenten worden genoemd in paragraaf 6.5 "Randvoorwaarden waterzuivering" en bij de beschrijving van de waterzuiveringstechniek van de verschillende alternatieven in hoofdstuk 9. De meeste relevante componenten worden genoemd, maar componenten zoals oliën en vetten, gechloreerde organische stoffen en zware metalen ontbreken hier. In de laatste fase van het onderzoek dient deze informatie wel gerapporteerd te worden.

### 6.3 Specificaties zuiveringstechnieken

De zuiveringstechnieken worden kwantitatief beschreven, maar het is niet duidelijk waarop de getallen gebaseerd zijn. Er zijn geen referenties naar bronnen of methoden. Daarom kunnen we op grond van het Tussenrapport niet beoordelen hoe nauwkeurig en betrouwbaar de getallen zijn. Meer specifiek gaat het om de volgende aspecten in het Tussenrapport:

- Mijnbouwhulpstoffen zoals biocides en H<sub>2</sub>S-bindingsmiddelen worden niet gespecificeerd. Hierdoor is niet te beoordelen of deze stoffen correct gemodelleerd zijn bij het doorrekenen van de zuiveringsinstallaties.
- Bij de beschrijving van alternatief 2 wordt niet ingegaan op het effect van hoge zoutconcentraties op de biologische waterzuiveringsprocessen.



- Bij alternatief 3 wordt niet beschreven of het destillaat nog verdere behandeling ondergaat. Op grond van de beschrijving van alternatief 1 zou men verwachten dat een dergelijke verdere behandeling wel nodig is. Het is ook niet duidelijk of in de kostenberekening deze destillaatbehandeling is meegenomen. Omdat er geen details van de kostenberekening zijn gegeven, kunnen we bij de kostenberekening van alternatief 1 ook niet afleiden wat de kosten van destillaatbehandeling zijn.
- De beschrijving van waterzuiveringstechniek bij alternatief 4.4 is zeer summier. Het is op grond van de tekst niet duidelijk waarom er twee stappen voor sulfideverwijdering nodig zijn. Het is niet duidelijk op welke installatie de kostenberekening gebaseerd is.
- Er wordt vanuit gegaan dat ontharding als voorbehandeling op kristallisatie voldoende is om herbruikbaar NaCl-zout te produceren (kostenberekening alternatief 1). Deze aanname wordt niet onderbouwd, en het is waarschijnlijk dat verdere raffinage, of optimalisatie van de kristallisatiereactor nodig is om NaCl van voldoende kwaliteit te produceren. Het is te verwachten dat de kosten voor het produceren van herbruikbaar NaCl veel hoger zijn dan nu berekend.
- Voor de volgende aspecten worden parameterwaarden gerapporteerd zonder verwijzing naar bronnen of methoden: energieverbruik van zuiveringsinstallaties (p. 126, reststoffen na waterzuivering (p. 127) en chemicaliënverbruik (p. 128)

#### 6.4 Keuzeproces zuiveringstechniek

Over het algemeen is de rechtvaardiging van techniekeuze en het achterliggende keuzeproces in het Tussenrapport te summier. Op grond van de te verwijderen componenten wordt bij ieder alternatief een keuze gemaakt voor een waterzuiveringstechniek. De uitkomst van deze keuze wordt in hoofdstuk 9 weergegeven. Het keuzeproces zelf wordt niet of zeer beperkt beschreven. Hierdoor is op basis van het Tussenrapport niet duidelijk of de gekozen techniek optimaal is voor de gegeven situatie. Niet duidelijk is of alternatieve techniektechnieken bruikbaar zijn. Zo wordt er geen verantwoording gegeven waarom in het ene geval sulfide biologisch verwijderd wordt, en in het andere geval chemisch. Ditzelfde geldt voor stikstof: de ene keer biologisch, de andere keer fysische verwijdering.

Ondanks dat het keuzeproces voor het vaststellen van waterzuiveringstechniektechnieken niet wordt beschreven lijkt de uitkomst op hoofdlijnen te kloppen: bij alle alternatieven is er gekozen voor techniek die voldoet aan de gestelde eisen en kosteneffectief is binnen de gestelde randvoorwaarden.

Wij raden aan om de methode die gevolgd is bij het proces om tot keuzes te komen over de zuiveringstechniek op te nemen in het rapport van de laatste fase van het onderzoek, met daarbij een uitgebreide bronvermelding.

#### 6.5 Kostenberekening

Kosten van de verschillende alternatieven worden berekend en gerapporteerd. De methode van de kostenberekening is niet duidelijk. De nauwkeurigheid van de getallen wordt niet besproken.

Er wordt een overzicht gegeven van de kosten per alternatief (p. 155). De kosten worden echter gerapporteerd zonder verwijzing naar een methode of andere referentie. De nauwkeurigheid van de getallen is niet duidelijk. Ook is niet duidelijk welk deel van de kosten zuiveringstechniek is en welk deel andere kosten. De onvolledige beschrijving van de

specificaties van de verschillende zuiveringstechnieken (zie boven) zorgen ook voor onduidelijkheid wat betreft kosten van deze technieken.

Ondanks het ontbreken van een duidelijke beschrijving van de kostenberekening, zijn de verschillen in kosten tussen alternatieven wel in overeenstemming met wat verwacht zou worden op grond van te toegepaste technieken.

Wij raden aan om de methode die gevolgd is bij doorrekenen van de kosten van de zuiveringstechnieken op te nemen in het rapport van de laatste fase van het onderzoek, met daarbij een uitgebreide bronvermelding en een analyse van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de uitkomsten van de berekeningen.

## **6.6 Risico's, vergunningen en beheersmaatregelen**

De risico's verbonden aan de verschillende zuiveringstechnieken en reststoffen worden adequaat geanalyseerd. Hierbij wordt echter gebruik gemaakt van gegevens waarvan de bron niet duidelijk is (zie ook vorige twee punten). Dit geldt zowel voor de korte termijn risico's waterzuivering (p. 133) als voor de risico's van reststoffen (p. 145). Wij raden aan om in de volgende fase van het onderzoek de achtergrondinformatie of verwijzingen naar de bronnen toe te voegen.

Op dit moment worden alleen de maximaal toegestane waarden volgens de vergunning van 2010 voor water injectie in Twente gegeven (tabel 4.3). De vereisten voor lozing op zoet oppervlaktewater of de zee zijn veel strenger, maar worden niet genoemd. Voor de alternatieven 1, 2 en 3 is dan onduidelijk welke eisen er gesteld worden en of de voorgestelde techniek voldoende is. Wij adviseren om de lozingseisen voor zoet en zout open water verder te specificeren, en duidelijk te beschrijven in hoeverre deze eisen met de voorgestelde waterzuiveringstechniek worden gehaald.

Enkele beheersmaatregelen worden genoemd in hoofdstuk 12 van het Tussenrapport, maar dit overzicht is niet volledig. Over beheersmaatregelen voor risico's op korte termijn, geassocieerd met waterzuivering wordt niets gezegd. Ook maatregelen die moeten worden genomen om het risico op verspreiding van vluchtige bestanddelen tijdens behandeling en opslag te voorkomen worden niet genoemd. Aangeraden wordt om dergelijke beheersmaatregelen op te nemen in de laatste fase van het onderzoek. Wij adviseren om vloeibaar afval niet te bergen of behandelen in direct contact met de atmosfeer en bodem, maar gesloten roestvrij stalen containers te gebruiken. Dit om lekkages en ontluchting van gevaarlijke vluchtige organische stoffen (BTEX, PAK's, etc.) van het wateroppervlak te voorkomen. Daarnaast adviseren wij de waterbergings- en de behandingslocatie uit te rusten met een ondoorlatende bodem (bijvoorbeeld van beton) om te voorkomen dat vervuild water na lekkage uit de containers in de bodem of het oppervlaktewater terecht komt.

## 7 Bodemdaling

In dit onderdeel van de toetsing ligt de focus op het risico op aardbevingen als gevolg van oplossing van zoutvoorkomens. In algemene zin wordt opgemerkt dat bodemdaling in het Tussenrapport te summier wordt behandeld in vergelijking met de andere zorgpunten. De samenvattingen uit de rapporten onderliggend aan het Tussenrapport (NAM 2014a,b,c,2015) zijn te summier of onvolledig. Deze informatie en de aanbevelingen uit de externe expert reviews (zie SodM review) zijn essentieel voor de keuze voor 1 of 2 alternatieven die volledig worden geanalyseerd.

**De cruciale aspecten** wat betreft bodemdaling zijn:

- Mogelijke oplossing van zout
- Effectiviteit van kleilagen als afsluitende laag
- Monitoring en beheersmaatregelen

Hieronder wordt per aspect beschreven of dit in voldoende mate is onderzocht en of de beschrijving hiervan volledig, juist en herleidbaar is. Als dit niet het geval is, wordt een aanbeveling gegeven voor verbetering of aanvulling van het onderzoek.

### 7.1 Oplossing van zout

De injectie van afvalwater in de lagen tussen de Zechstein zoutvoorkomens zouden tot oplossing daarvan kunnen leiden, wat bodemdaling tot gevolg heeft. De aanwezigheid van anhydrietlagen boven het reservoir vermindert de kans op oplossing van zouten gezien de zeer lage permeabiliteit van de anhydrietlagen. In NAM rapporten die gereviewd zijn door verschillende buitenlandse experts (reviews SodM 2016, met bijlagen), wordt onderzoek gepresenteerd naar de mogelijke oplossing van zoutvoorkomens in Twente waardoor bodemdaling optreedt. De resultaten geven aan dat zoutoplossing nabij breuken kan optreden of in het geval van een permeabel pad tussen een ondieper lek in de casing en een lek nabij de putmond. De effecten van zoutoplossing zijn langdurig en leiden tot een bodemdaling van zo'n 14 cm in 8000-75000 jaar. Gezien de overeenkomstige geologie van (veel van de) de velden in Twente en Drenthe met gasvelden in de Zechstein carbonaatlagen en de Limburggroep in het Carboon onder het Zechstein (bron: winningsplannen op NLOG.nl) is het niet aannemelijk dat oplossing van zoutvoorkomens in die Drenthe gasvelden anders zou zijn dan in de Twente gasvelden.

In paragraaf 12.3.8 van de Tussenrapportage van worden scores gegeven aan alternatieven met Waterinjectie, onder andere op basis van de mogelijkheid op zoutoplossing. In het licht van de recent verschenen rapportage van de NAM (NAM 2014) en SodM (SodM 2016a) lijkt dit ons te voorbarig. Wij raden aan om in de volgende fase van het onderzoek de geologie van de Drenthe gasvelden nader te bestuderen en te beschrijven op de aspecten van mogelijke oplossing van zoutvoorkomens op een soortgelijke manier als voor de Twente velden al gedaan is. Hierbij dienen ook de kwaliteit van de putten, kwaliteit van de cementatie en casing bij de put, verzet van breuken, samenstelling van het zout in contact met het gasreservoir (anhydrietlagen) te worden geanalyseerd.

### 7.2 Kleilagen

Het alternatief, o.a. aangedragen door de Stichting Stop Afvalwater Twente, van injectie in de Drenthe velden in plaats van injectie in de Twentevelden, is gebaseerd op mogelijke kleilagen tussen de gasvelden in Drenthe en de zoutvoorkomens die afsluitende eigenschappen zouden hebben waardoor minder of geen zoutoplossing zou kunnen optreden. Veel van de

Drenthe gasvelden hebben een overeenkomstige geologie als de Drenthe velden (bron: winningsplannen op het NLOG.nl). Enkele uitzonderingen hierop zijn de Sleen en Roswinkel gasvelden. De meeste gasvoorkomens liggen in de Zechstein carbonaatlagen en in de Limburggroep van het Carboon. Voor beide geldt dat de afsluitende laag de evaporieten van het Zechstein zijn. In de velden Sleen en Roswinkel bevond het gas zich in de Trias en vormen de anhydriet- en halietlagen van de Rötformatie de afsluitende laag. Aangezien dit ook steenzout is, is de situatie in Drenthe en Twente waarschijnlijk niet fundamenteel anders. Wij raden aan om in de volgende fase van het onderzoek de geologie van de Drenthe gasvelden nader te bestuderen en beschrijven in het licht van de mogelijke oplossing van zout, op een soortgelijke manier als voor de Twentevelden al gedaan is (NAM 2014a,b,c). Hier zou een beschouwing aan toegevoegd moeten worden over de afsluitende werking van kleilagen boven de zout- en anhydrietlagen in verband met de functie van deze lagen bij het remmen van eventuele lekkages langs putten en breuken.

### **7.3 Monitoring en beheersmaatregelen**

Gezien de lange termijn en de schaal waarop de oplossingsverschijnselen kunnen optreden is de effectiviteit van het monitoren van bodemdaling als gevolg van zoutoplossing beperkt. Bodembewegingen als gevolg van de injectie van vloeistoffen in reservoirs zijn relatief groot ten opzichte van de effecten van zoutoplossing en kunnen door satellieten wel worden gedetecteerd (Ketelaar, 2009). Grote afwijkingen van de verwachte bodembeweging in de satellietwaarnemingen zouden kunnen wijzen op bodemdaling als gevolg van zoutoplossing. Wij raden dan ook aan om in de laatste fase van het onderzoek een monitoring- en beheerplanplan voor bodembeweging op te stellen. In dit plan moet de verwachte bodembeweging over de tijd worden gekwantificeerd en moet worden beschreven bij welke afwijking aanvullend onderzoek moet worden uitgevoerd. Daarnaast dient beschreven te worden welke beheersmaatregelen worden toegepast bij een dergelijke afwijking.

## 8 Aardbevingen

In dit onderdeel van de toetsing ligt de focus op het risico van geïnduceerde aardbevingen. Aardbevingen als gevolg van waterinjectie worden in het Tussenrapport te summier behandeld in vergelijking met de andere zorgpunten. De samenvattingen uit de rapporten onderliggend aan het Tussenrapport (NAM 2014a,b,c, 2015a,b) zijn te summier of onvolledig. Deze informatie en de aanbevelingen uit de externe expert reviews (SodM review) zijn essentieel voor de keuze voor 1 of 2 alternatieven die volledig worden geanalyseerd.

Aanbevolen wordt ook om voor alternatief 3 (Indikken tot compacte brijnstroom) dezelfde onderzoeken te laten plaatsvinden als voor alternatief 4 (Waterinjectie in Twente en Drenthe) aangezien beide alternatieven injectie in bestaande gasvelden betreffen.

**Cruciale aspecten** van geïnduceerde aardbevingen zijn:

- Aanwezigheid breuken
- Selectie van gasvelden op basis van bevingen tijdens de gaswinning
- Koudefracking
- Risicobepaling van bevingen
- Monitoring en beheersmaatregelen

Hieronder wordt per aspect beschreven of dit in voldoende mate is onderzocht en of de beschrijving hiervan volledig, juist en herleidbaar is. Als dit niet het geval is, wordt een aanbeveling gegeven voor verbetering of aanvulling van het onderzoek.

### 8.1 Aanwezigheid breuken

In het Tussenrapport wordt gesteld dat voorkomen moet worden dat in een breukzone wordt geïnjecteerd. Er wordt echter nergens genoemd wat een veilige afstand zou zijn m.b.t. de injectie en de aanwezige breuken. Op pagina 120 wordt beweerd: "Binnen de gasvelden Schoonebeek Gas, Coevorden en Oosterhesselen zijn voldoende putten beschikbaar die zich op afstand van de breukzones bevinden". Dit statement is onduidelijk (welke afstand?) en wordt niet onderbouwd. Ervaring van TNO op het gebied van karakteriseren van breuken in de diepe ondergrond leert dat breuken veelvuldig aanwezig zijn en dat zelfs relatief kleine breuken (bijvoorbeeld ter grootte van een voetbalveld) al bevingen met een magnitude van 2,0 kunnen veroorzaken. Deze breuken zijn echter vaak niet zichtbaar in de 3D seismiek vanwege de geringe diepte resolutie en/of geringe offset van de breuken. Aanbevolen wordt om nader onderzoek naar het voorkomen van breuken (via gedetailleerde 3D seismiek, geologische geschiedenis) te verrichten in het geval alternatief 3 of 4 wordt uitgekozen voor verder detailonderzoek.

Er kunnen op basis van het Tussenrapport geen gasvelden gekozen en/of uitgesloten worden van de injectie omdat onduidelijk is wat een 'veilige' afstand tot de breuk is waar geïnjecteerd mag worden. Wij bevelen aan om niet in de buurt van breuken of breukzones te injecteren, ook vanwege de mogelijkheid van koudefracking (zie paragraaf 8.2). Als geen nadere bepaling mogelijk is kan als vuistregel voorlopig een afstand van 100 m worden gehanteerd.

Daarnaast is de positie en de dimensie van aanwezige breuken in de geselecteerde gasvelden onduidelijk. Ook hierdoor kan geen beslissing worden gemaakt over de te selecteren gasvelden voor waterinjectie. Als alternatief 3, 4 of het alternatief van Stichting Stop Afvalwaterinjectie Twente wordt geselecteerd voor de volgende fase, wordt geadviseerd

om de geologie van de gasvelden in Twente nader te bestuderen om voldoende rekening te kunnen houden met breukzones.

## 8.2 Koudefracking

In het Tussenrapport en onderliggende rapporten wordt niet ingegaan op het effect van temperatuur op de aanwezige breuken. Daar met een lagere temperatuur wordt geïnjecteerd dan het gesteente in het reservoir zal zogenaamde koudefracking plaatsvinden. Dit proces is zeer lokaal (dichtbij de injectieput) en leidt mogelijk tot een verbetering van de mate en het gemak waarmee het productiewater kan worden ingebracht in de injectieput, maar kan ook permeabele paden openen naar aanwezige breuken in het gasveld waardoor bevingen zouden kunnen optreden. Verder weg van de injectieput warmt het productiewater op waardoor koudefracking niet meer plaatsvindt. Dit is een additionele reden om niet in de buurt van breuken te injecteren.

Als alternatief 3, 4 of het alternatief van Stichting Stop Afvalwaterinjectie Twente wordt geselecteerd voor de volgende fase, wordt geadviseerd om het effect van koudefracking in relatie tot al aanwezige breuken mee te nemen in de analyse voor mogelijke verhoogde kans op geïnduceerde seismiciteit.

## 8.3 Selectie van gasvelden op basis van gedrag tijdens de gaswinning

Voor de selectie van de gasvelden worden (volgens het Tussenrapport) alleen gasvelden overwogen waarin gedurende de gasdepletiefase geïnduceerde bevingen tot een magnitude van 2,5 zijn geregistreerd. In het Tussenrapport wordt overigens eerst melding gemaakt van magnitude 2,0 (p. 1118/119) maar wordt daarna overgegaan op magnitude 2,5. De keuze voor een magnitude van 2,5 wordt niet onderbouwd. Ervaring met geïnduceerde bevingen in Groningen leert dat magnitudes van 2,5 leiden tot onrust en schademeldingen.

In paragraaf 11.2 wordt een aantal gasvelden in Drenthe uitgelicht met betrekking tot de geïnduceerde bevingen ten tijde van de depletie van het gasveld. Het is onduidelijk welke van deze gasvelden voor waterinjectie overwogen worden. Coevorden, Schoonebeek Gas en Oosterhesselen worden genoemd in de tekst, maar ook de Lutte, Dalen, Emmen en Roswinkel worden genoemd.

Op pagina 118 wordt het volgende gesteld: "bij het gasveld Coevorden zijn geen aardbevingen waargenomen (wel ten oosten van het gasveld met magnitude van 1,2 in 1998, van 1,6 in 2000 en van 0,8 in 2006)." Dit is onjuist. Gezien de onzekerheid in de plaatsbepaling van de bevingen kunnen de bevingen in Duitsland wel degelijk aan de gaswinning van het Coevorden veld worden toegeschreven. In de rapportage over de seismiciteit van de on-shore gasvelden van Nederland (TNO, 2016) worden deze bevingen aan Coevorden toegewezen.

Het is sterk aan te raden een goed onderbouwde keuze te maken voor de uitsluiting van gasvelden voor de waterinjectie. De grenswaarde die nu in Tussenrapport wordt genoemd van een magnitude van 2,5 gedurende de depletiefase van een gasveld is niet onderbouwd. Deze onduidelijkheid lijkt een arbitrair gekozen grenswaarde, wat met recht tot onrust zou leiden bij de bevolking en in de politiek. Hierdoor kan geen betrouwbaar veilige beslissing worden gemaakt over de te selecteren gasvelden voor waterinjectie.

***Wellicht nog belangrijker dan de juiste schatting en weergave van mogelijke aardbevingsmagnitudes is het feit dat de selectie van gasvelden niet alleen op magnitude mag gebeuren, maar moet berusten op een volledige risicobepaling. Zie ook paragraaf 8.4 "Risicobepaling".***

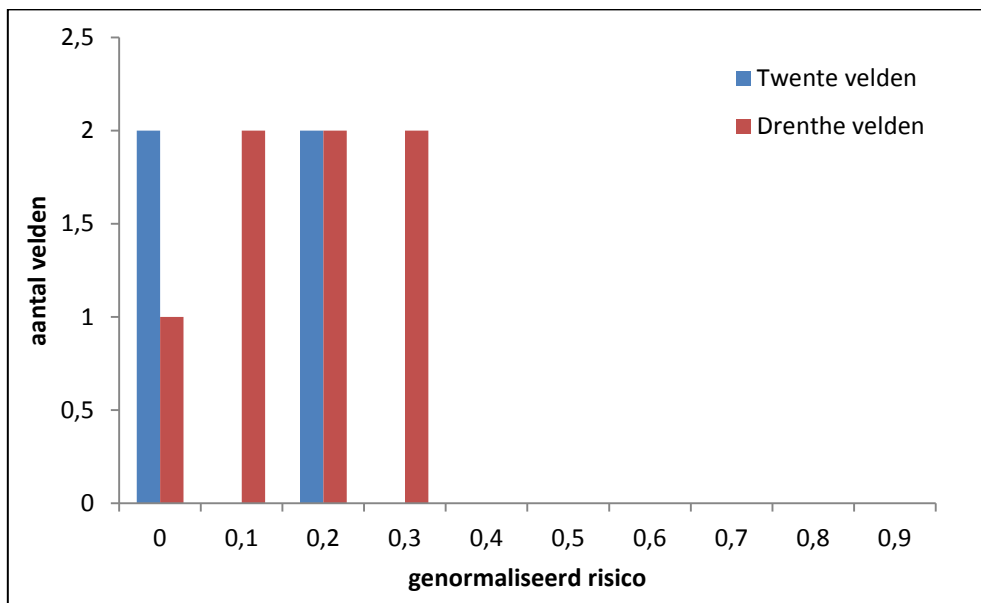
## 8.4 Risicobepaling

Het risico van geïnduceerde aardbevingen bestaat uit de kans dat er een beving optreedt en het effect daarvan op het oppervlak. In het Tussenrapport wordt geen risicobepaling van geïnduceerde aardbevingen voor de gasvelden in Twente en Drenthe gegeven. Het grootste belang hierbij is gelegen in de veiligheid van de bebouwde omgeving, waarvoor bevolkingsdichtheid als gevoeligheidsmaat kan worden gebruikt.

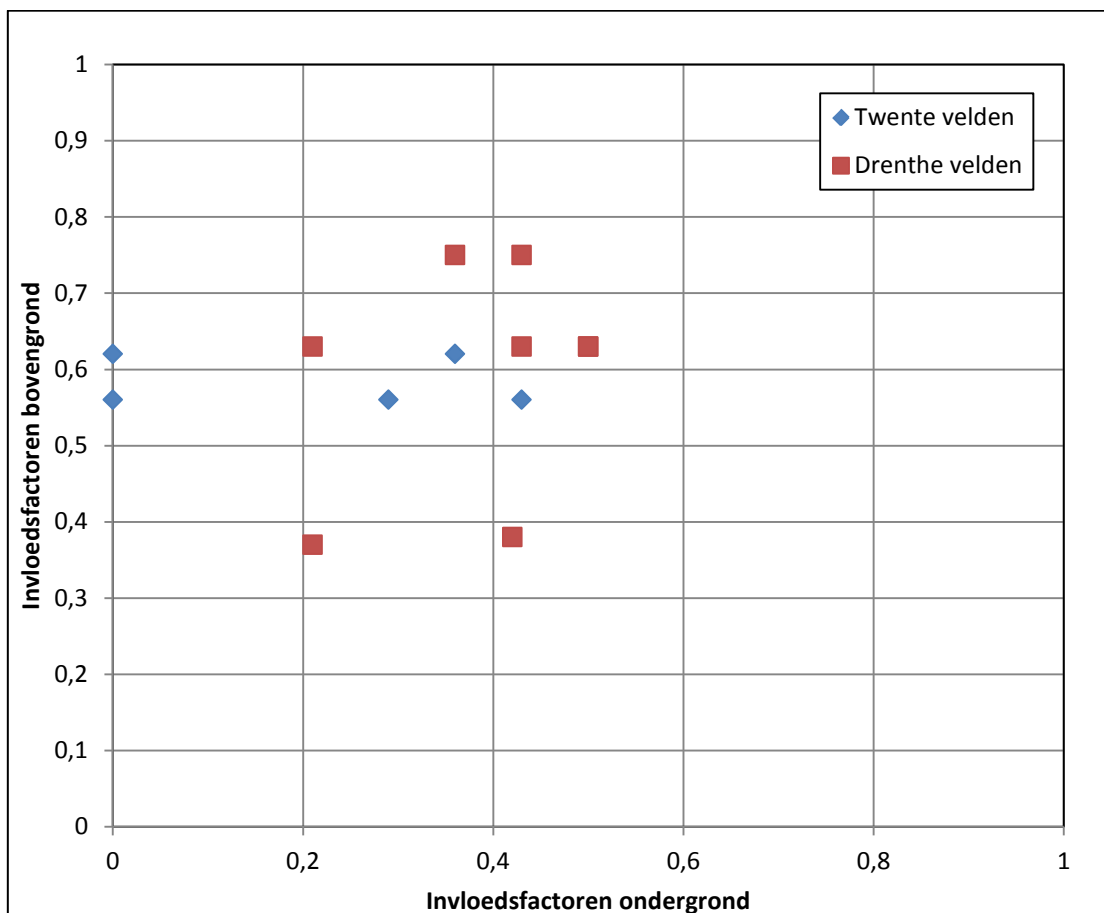
Recentelijk zijn twee publicaties verschenen waarin deze risicobepaling wel wordt gedaan en toegelicht. In 2016 is de leidraad van SodM met betrekking tot het risico voor geïnduceerde seismiciteit (SodM, 2016) door gaswinning beschikbaar gekomen en het TNO rapport (TNO, 2016) dat dit risico in kaart brengt voor de gasvelden in Nederland. Beide documenten zijn te downloaden vanaf NLOG ([www.nlog.nl](http://www.nlog.nl)). Voor de Drenthe (Coevorden, Dalen, Emmen, Oosterhesselen en Schoonebeek-gas) en Twente (Tubbergen, Tubbergen-Mander en Rossum-Weerselo) gasvelden kan een risico door gaswinning vastgesteld worden (Tabel 1, Figuur 1 en Figuur 2). Dit is de uitgangssituatie voor de start van de injectie in de gasvelden. Over het algemeen geldt dat de gasvelden in Twente bij start van de injectie een lager risico hebben dan de gasvelden in Drenthe, met uitzondering van Coevorden. Het is de verwachting dat injectie, in het spanningsregime van de Nederlandse ondergrond, stabiliserend werkt. Het verschil tussen de gasvelden in Twente en de Drenthe wordt vooral gegeven door het bovengrondse effect van een mogelijke beving. Dit is hetzelfde in het geval een beving plaatsvindt door gaswinning of door afvalwaterinjectie. In Drenthe is het mogelijke effect van een optredende beving groter, doorslaggevend hierbij is de relatief hoge bevolkingsdichtheid in Drenthe.

Tabel 1. Genormaliseerde invloedsfactoren ondergrond (kans op geïnduceerde seismiciteit) en bovengrond (bovengronds effect) alsook het genormaliseerde risico (ondergrond x bovengrond) voor de gasvelden in Twente en Drenthe.

Twente gasvelden	Geologische	Ondergrond	Bovengrond	Risico
Tubbergen	Limburg groep	0,29	0,56	0,16
Tubbergen	Zechstein	0	0,56	0,00
Tubbergen-Mander	Zechstein	0,43	0,56	0,24
Rossum-Weerselo	Limburg groep	0,36	0,63	0,22
Rossum-Weerselo	Zechstein	0	0,63	0,00
Drenthe gasvelden	Geologische	Ondergrond	Bovengrond	Risico
Coevorden	Limburg groep	0,43	0,75	0,32
Coevorden	Zechstein	0,36	0,75	0,27
Dalen	Limburg groep	0,5	0,63	0,32
Dalen	Zechstein	0,21	0,63	0,13
Emmen	Zechstein	0,5	0,63	0,32
Oosterhesselen	Limburg groep	0,42	0,38	0,16
Oosterhesselen	Zechstein	0,21	0,37	0,08
Schoonebeek-gas	Zechstein	0,43	0,63	0,27



Figuur 1. Genormaliseerd risico door gaswinning (initiële situatie bij begin injectie) van de gasvelden in Twente en Drenthe.



Figuur 2. Genormaliseerde invloedsfactoren ondergrond en bovengrond bij het einde van de depletie van de gasvelden in Twente en Drenthe.



In paragraaf 12.3.8 van de Tussenrapportage van worden scores gegeven aan alternatieven met Waterinjectie, onder andere op basis van het aardbevingsrisico. Dit lijkt ons gezien de hierboven genoemde gebreken in het onderzoek voorbarig. Wij raden aan om voor alle alternatieven waarbij sprake is van injectie van vloeistof (zowel alternatief 3 als 4) de selectie van velden te baseren op een volledige risicobepaling waarin zowel onderzoek verricht wordt naar de kans op geïnduceerde seismiciteit als het bovengrondse effect. Voor de bepaling van het risico vóór de start van injectie (de uitgangssituatie) kan gebruikt worden gemaakt van de in 2016 verschenen publicaties: de leidraad van SodM met betrekking tot het risico voor geïnduceerde seismiciteit door gaswinning (SodM 2016b) en het TNO rapport over risico's van geïnduceerde seismiciteit (TNO rapport 2016 R 10164). De bepaling kan worden verfijnd op basis van (wellicht pas in het vervolgonderzoek beschikbaar te maken) informatie over aanwezige breuken en mogelijke gevoeligheid voor seismische inductie door water- of brijninjectie.

### 8.5 Monitoring en beheersmaatregelen

Boven de gasvelden waarin geïnjecteerd gaat worden in de referentiesituatie, in alternatief 3 en in alternatief 4 is het belangrijk om de eventuele seismiciteit goed te kunnen registreren. In de review van Ellsworth van de USGS<sup>1</sup> wordt aangeraden om de monitoring zodanig op te zetten dat ook kleinere magnitudes kunnen worden geregistreerd en gelokaliseerd over het gehele veld. Het uitgangspunt hierbij is dat over het gehele veld alle magnitudes boven een minimale magnitude van  $M_L=0,5-1,0$  worden gelokaliseerd. Uit de Ellsworth review volgt eveneens dat kleine bevingen een indicatie zouden zijn dat grotere bevingen kunnen worden geïnitieerd.

In het geval gekozen wordt voor injectie (zowel alternatief 3 als 4) wordt aanbevolen om bij de gasvelden waarin geïnjecteerd wordt monitoring op te zetten zodanig dat ook kleine bevingen (Magnitudes boven 0,5) geregistreerd kunnen worden. In het verlengde hiervan moeten de criteria van de "Zoback traffic light" methode ook naar beneden bijgesteld worden (Zoback, 2012).

---

<sup>1</sup> <https://www.sodm.nl/documenten/publicaties/2016/06/23/6-dr-ellsworth---review-of-twente-threat-assessment>

## 9 Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk bevat de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van Deltares. In het Tussenrapport worden de meeste aspecten die van belang zijn voor de afweging van alternatieven voor verwerking van productiewater uit Schoonebeek behandeld, en deze behandeling vindt plaats op een logische wijze. Wij adviseren echter om op een aantal punten verbetering aan te brengen. Voor de meeste aspecten kan dit gebeuren tijdens de volgende fase van het onderzoek (paragraaf 9.2). Echter, er zijn enkele aspecten waarvan wij denken dat deze in de huidige fase verduidelijkt moeten worden om een goede afweging tussen de alternatieven mogelijk te maken (paragraaf 9.1).

### 9.1 Aanbevelingen huidige fase herafweging

Wij adviseren om drie cruciale aspecten te verduidelijken voordat de afweging tussen de alternatieven wordt voorgelegd aan de lokale en regionale bestuurders en, vervolgens, aan de minister:

- Ten eerste raden wij aan om de tabel in de managementsamenvatting te verduidelijken, zodat deze helder en consistent is en een goede representatie is van het Tussenrapport. Zie ook paragraaf 3.2 van deze notitie.
- Ten tweede raden wij aan om op korte termijn onderzoek te doen naar de effecten van de hoge viscositeit van brijn op het gemak en de mate waarin het brijn ingebracht kan worden in de gasvelden. Daarbij is het belangrijk om de mogelijke gevolgen voor de technische haalbaarheid van de brijninjectie in de gasvelden (alternatief 3) in het Tussenrapport in beeld te brengen. Zie ook paragraaf 6.1 van deze notitie.
- In het Tussenrapport moet duidelijk worden aangegeven hoe aardbevingsrisico's voor de verschillende alternatieven zullen worden bepaald, namelijk door meer gedetailleerde analyse van de ondergrond en de mogelijke gevoeligheid voor seismische inductie als gevolg van de injectie. Zie ook hoofdstuk 8 van de notitie.

### 9.2 Conclusies en aanbevelingen volgende fase herafweging

Daarnaast gelden een aantal belangrijke verbeterpunten en aanbevelingen voor de volgende fase, en laatste fase, van het onderzoek. De voorgaande hoofdstukken (hoofdstuk 4-8) geven een overzicht van onze aanbevelingen voor de specifieke onderwerpen die zijn behandeld in deze toetsing: transportleidingen, lekkage productiewater, zuiveringstechnieken, bodemdaling en aardbevingen. Wij adviseren om in de volgende fase van het onderzoek deze onderwerpen op de genoemde punten uitgebreider te beschrijven, te verduidelijken en/of aan te scherpen.

Belangrijke aanbevelingen die in meerdere hoofdstukken terugkomen hebben betrekking op de volgende aspecten:

- Het Tussenrapport ontbeert op veel punten verwijzingen naar bronnen en beknopte beschrijvingen van methodes, waardoor een volledige toetsing van getalsmatige onderbouwing van aannames, methodes en resultaten niet mogelijk is. Het is van belang dat in de laatste fase van het onderzoek de aannames, methodes en resultaten wel toetsbaar zijn. In de voorgaande hoofdstukken worden dit per onderwerp toegelicht.
- Het risico van een mogelijk gevaar (zoals verontreiniging door lekkage, aardbevingen of bodemdaling) bestaat uit de kans dat een dergelijke gebeurtenis optreedt maal het effect van deze gebeurtenis in de biosfeer. Wij raden aan om in de risicoanalyse deze twee

aspecten steeds duidelijk en in samenhang te benoemen en te beschrijven. In de voorgaande hoofdstukken wordt dit per onderwerp toegelicht.

- De mate waarin monitoring en risicobeheersingsmaatregelen worden beschreven is wisselend van kwaliteit. Ook ontbreken bij verschillende onderwerpen belangrijke aspecten. In de voorgaande hoofdstukken wordt dit per onderwerp toegelicht.
- De beschrijving van de oplosbaarheid van zoutvoorkomens (bodemdaling) en geïnduceerde seismiek (aardbevingen) in het Tussenrapport zijn zo summier dat op basis hiervan geen conclusies kunnen worden getrokken over de risico's van waterinjectie. In hoofdstuk 7 (Bodemdaling) en hoofdstuk 8 (Aardbevingen) worden aanbevelingen gedaan over de aspecten die in meer detail aan de orde zouden moeten komen.
- Wij raden aan om in het vervolg van het onderzoek, en bij behorende rapportage subjectieve zinnen, en opmerkingen te vermijden.

## 10 Referenties

- Bruel, D., Billiotte, J., Goblet, P., Ledoux, E., 2015. Review of Twente salt dissolution studies. <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2016/06/23/reviews-rapporten-waterinjectie-twente>
- CE Delft, 2004, Met water de diepte in, Afwegingsmethodiek voor vergunningen rond diepe injectie van waterstromen van olie- en gaswinning.
- Commissie voor de m.e.r., 2006, Herontwikkeling Olieveld Schoonebeek, Toetsingsadvies over het milieueffectrapport 17 november 2006 / rapportnummer 1441-183;
- Commissie voor de m.e.r., 2007, Afwegingsmethodiek voor diepe injectie van afvalwater, Advies van de Commissie m.e.r. inzake rapport 'met water de diepte in' 7 juni 2007 / rapportnummer 1892-64;
- Commissie voor de m.e.r., 2016, Injectie productiewater olieveld Schoonebeek, advies over de onderzoeksopzet van Evaluatie en Herafweging, 7 maart 2016 / projectnummer: 3093;
- Deltares, 29 maart 2016. Notitie inzake toetsing "Onderzoeksopzet herafweging verwerking productiewater Schoonebeek". Deltaresnotitie nummer 1221062-002-BGS-0004-ml.
- Ellsworth, W.L., 2015. Review of Threat assessment for induced seismicity in the Twente water disposal fields. <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2016/06/23/reviews-rapporten-waterinjectie-twente>
- Hou, M.Z., 2016 Review of 3 NAM reports. <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2016/06/23/reviews-rapporten-waterinjectie-twente>
- Ketelaar, V.B.H.(Gini). 2009. Satellite Radar Interferometry. Subsidence Monitoring Techniques, Springer
- NAM, 2006, Milieu Effectrapportage Herontwikkeling Oliewinning Schoonebeek;
- NAM, 2013, Generiek afwegingskader doelmatige verwijdering offshore productiewater.
- NAM 2014a Geology description of the Twente gas fields: Tubbergen, Tubbergen-Mander and Rossum-Weerselo, report EP20130201845
- NAM 2014b. Halite dissolution modelling of water injection into Carbonate gas reservoirs with a Halite seal, report EP201310203080
- NAM 2014c, Subsidence caused by Halite dissolution due to water injection into depleted Carbonate reservoirs encased in halite. Report EP201310204177
- NAM 2015a. Threat assessment for induced seismicity in the Twente water disposal fields, report EP201502207168
- NAM, 2015b, Protocol seismische activiteit door waterinjectie.
- NAM, 2015c, Monitoring injectiewater Twente, jaarrapportage 2015.

Royal HaskoningDHV, 2015, Onderzoeksopzet herafweging verwerking productiewater Schoonebeek;

Royal HaskoningDHV, 2016a. Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek; Tussenrapport alternatievenafweging. Referentie: I&BBD9591-100-100R001F02

Royal HaskoningDHV, 2016b. Herafweging verwerking productiewater Schoonebeek; Zorgpuntennotitie. Referentie: I&BBD9591-100-100R001D01

SodM 2016a, Evaluatie SodM: reviews NAM rapporten m.b.t. 'Risico's zoutoplossing' en 'seismic threat analysis'. <https://www.sodm.nl/actueel/nieuws/2016/06/23/reviews-rapporten-waterinjectie-twente>

SodM 2016b, Methodiek voor risicoanalyse omtrent geïnduceerde bevingen door gaswinning. [http://www.nlog.nl/resources/Seismic\\_Risk/Tijdelijke%20leidraad%20SRA%20v1-2.pdf](http://www.nlog.nl/resources/Seismic_Risk/Tijdelijke%20leidraad%20SRA%20v1-2.pdf)

Stichting Stop Afvalwater Twente, 2016. Alternatief productiewater, ingebracht door de Stichting Stop Afvalwater Twente.

TNO rapport 2016 R 10164 (2016) Seismiciteit onshore gasvelden Nederland. TNO 2016 R10164

TU Delft, Dr. Bas Heijman & Dr. Auke Barnhoorn, 2016, Contraexpertise verslag Afvalwaterinjectie in Noordoost-Twente.

Van Thienen-Visser, K., D. Hendriks, A. Marsman, M. Nepveu, R. Groenenberg, T. Wildenborg, H. van Duijne, M. den Hartogh, T. Pinkse (2014) Bow-tie risk assessment combining causes and effects applied to gas oil storage in an abandoned salt cavern. *Engineering Geology* 168 (2014) 149–166

Weingarten et al, 2015. High-rate injection is associated with the increase in U.S. mid-continent seismicity, *Science* 19 Jun 2015: Vol. 348, Issue 6241, pp. 1336-1340

Zoback, M. D. 2012, Managing the seismic risk posed by wastewater disposal, *Arma e-newsletter*, voluem2, issue 2, spring 2012