



## **Herontwikkeling olieveld schoonebeek Rapport II (hoofdstuk 18): waterinjectie**

**Initiatiefnemer**

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV  
www.nam.nl

**Correspondentieadres**

Nederlandse Aardolie Maatschappij BV  
t.a.v. Herontwikkeling olieveld Schoonebeek  
Postbus 28000  
9400 HH Assen

**Datum**

Assen, 31 maart 2006

**Contactpersonen NAM**

J. Popken  
Tel. 0592-363375  
E-mail: jan.j.Popken@shell.com

Voor mediazaken  
R. Treur  
Tel. 0592-368222  
E-mail: reinier.treur@shell.com

**Colofon**

Het MER Herontwikkeling olieveld Schoonebeek is opgesteld door Haskoning Nederland B.V. in opdracht van de Nederlandse Aardoliemaatschappij BV.

Aan dit MER is bijgedragen door de volgende bedrijven en instituten:

- Ing. -Büro Nickel GmbH, Bad Honnef (Duitsland)
- Haskoning Nederland B.V., Groningen
- CE Oplossingen voor milieu, economie en technologie B.V., Delft
- Altenburg & Wymenga, Veenwouden
- Dienst Landelijk Gebied, Groningen
- RAAP Archeologisch Adviesbureau B.V., Amsterdam
- Noordelijk Akoestisch Adviesburo BV, Assen
- Vectra Group Limited, Den Haag
- Rijks Universiteit Groningen, Groningen
- Van Werven, Groningen

**Impressies:** Visualisatiemodel NAM BV/RUG  
**Topografische kaarten:** Topografische Dienst Emmen



## INHOUDSOPGAVE

<b>18</b>	<b>Waterafvoer</b>	<b>217</b>
<b>18.1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>217</b>
18.1.1	Kader	217
18.1.2	Toetsingskader	219
18.1.3	Leeswijzer	220
<b>18.2</b>	<b>Waterstromen bij oliewinning</b>	<b>221</b>
18.2.1	Opzet	221
18.2.2	Overzicht van waterstromen bij de herontwikkeling olieveld Schoonebeek	221
18.2.3	Productiewater	222
18.2.4	Teruggeproduceerde operationele vloeistoffen	225
18.2.5	Overige productiewaterachtige waterstromen	226
18.2.6	Mijnbouwhulpstoffen	226
18.2.7	Doelmatigheidstoets deelstromen	227
<b>18.3</b>	<b>Beleidskader</b>	<b>230</b>
18.3.1	Beleid met betrekking tot de deelwaterstromen	230
18.3.2	Beleid met betrekking tot injecteren totale waterstroom	232
18.3.3	Noodzaak voor een specifieke afwegingsmethodiek	233
18.3.4	Opstellen afwegingsmethodiek	233
<b>18.4</b>	<b>Toetsing injectiewaterstroom en reservoir</b>	<b>235</b>
18.4.1	Inleiding	235
18.4.2	Mogelijke waterinjectielocaties	235
18.4.4	Beschrijving van de reservoirs	240
18.4.5	Welke stroom betreft het?	242
18.4.6	Hoeveelheid wateronttrekking / -toevoeging acceptabel?	243
18.4.7	Alternatief gebruik voor reservoir	244
18.4.8	Opslag in vergelijkbare formaties als herkomst?	247
18.4.9	Stroom compatibel met samenstelling in reservoir?	247
18.4.10	Conclusie	248
<b>18.5</b>	<b>Selectie van alternatieven voor waterafvoer</b>	<b>249</b>
18.5.1	Overzicht van mogelijkheden	249
18.5.2	Overzicht van alternatieven en varianten	249
<b>18.6</b>	<b>Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)</b>	<b>250</b>
18.6.1	Inleiding	250
18.6.2	Locatiekeuze	250
18.6.3	Voorgenomen activiteit	251
18.6.4	Waterinjectie en fracturing	253
18.6.5	Procesfasen en emissies	253
18.6.6	Watertransportleiding	255
18.6.7	Emissie bij transport van productiewater naar waterinjectielocaties	256
18.6.8	Calamiteiten	256
<b>18.7</b>	<b>Overige alternatieven</b>	<b>258</b>
18.7.1	Basisalternatief	258
18.7.2	Hergebruik Alternatief (HA, Geen injectie van water)	258
18.7.3	Beperkte Zuivering Alternatief (BZA)	260
<b>18.8</b>	<b>Beoordeling van de alternatieven</b>	<b>261</b>
18.8.1	Kader	261
18.8.2	Kostenberekening	262



18.8.3	Milieu (LCA)	264
18.8.4	Operationele risico's	267
18.8.5	Risico lange termijn	271
<b>18.9</b>	<b>Toepassen afwegingskader</b>	<b>273</b>

## Bijlagen

Bijlage 1	Rapportage Olie exportleiding op Duits grondgebied
Bijlage 2	Rapportage Alternatieven waterbehandeling
Bijlage 3	Rapportage LCA waterafhandeling
Bijlage 4	Waterparagraaf met watertoets
Bijlage 5	Rapportage Ecologie
Bijlage 6	Rapportage Landschappelijke inpassing
Bijlage 7	Rapportage Archeologie
Bijlage 8	Rapportage Geluid, akoestische berekeningen
Bijlage 9	Rapportage Externe Veiligheid, QRA berekeningen

## Kaarten

Kaart 1	tek.no. 0518575013	Totaal overzicht projectontwikkeling
Kaart 2	tek.no. 0518575014	Totaal overzicht zoekgebied bij olieveld
Kaart 3	tek.no. 0518825001	Ketelvoedingwaterbereidingfabriek
Kaart 4	tek.no. 0518825002	Ligging NAM Emplacement, voormalig EVI-ROV Terrein en leidingen
Kaart 5	tek.no. 0518828001	Mogelijke puttenlocaties
Kaart 6	tek.no. 0518575009	Aandachtsgebieden
Kaart 7	tek.no. 0518824001	Overzicht winlocaties met aan- en afvoerleidingen
Kaart 8a	tek.no. 0518575010	Olie-exportleiding Nederlandse deel
Kaart 8b	tek.no. 0518575012	Olie-exportleiding Duitse deel
Kaart 9	tek.no. 0518575011	Gasvelden ZO Drenthe en Twente
Kaart 10	tek.no. 0518575015	Nieuwe waterafvoerleiding
Kaart 11	tek.no. 0518575016	Bestaande afvoerleiding
Kaart 12	tek.no. 0518575017	Waterinjectielocaties
Kaart 13	tek.no. 0518958001	Kaartindeling effectenkaarten
Kaart 14a	tek.no. 0518961001	Bodem
Kaart 14b	tek.no. 0518961002	Bodem
Kaart 15a	tek.no. 0619180001	Water
Kaart 15d	tek.no. 0619180002	Water
Kaart 16a	tek.no. 0518959001	Ecologie
Kaart 16b	tek.no. 0518959002	Ecologie
Kaart 16c	tek.no. 0518959004	Natuur
Kaart 16d	tek.no. 0518959003	Natuur
Kaart 17a	tek.no. 0518958002	Archeologie
Kaart 17b	tek.no. 0518958003	Archeologie
Kaart 18a	tek.no. 0518960001	Landschaps- en cultuurhistorie
Kaart 19a	tek.no. 0619177001	Geluid
Kaart 19d	tek.no. 0619177002	Geluid
Kaart 20a	tek.no. 0619179001	Externe veiligheid
Kaart 20b	tek.no. 0619179002	Risicoprognose putlocaties
Kaart 21a	tek.no. 0619182001	Verkeer en vervoer
Kaart 22A1	tek.no. 0619319001	Lucht



Kaart 22A2    tek.no. 0619319002    Lucht

## Schema's

Schema 18.1    Waterstromen





## 18 Waterafvoer

### 18.1 Inleiding

#### 18.1.1 Kader

De NAM heeft als voornemen het productiewater na afscheiding van de olie vanaf de OBI te transporteren naar leeggeproduceerde gasvelden en daar op te slaan. In dit hoofdstuk wordt de afvoer van het productiewater door een (gedeeltelijk) nieuw aan te leggen transportleiding beschreven, alsmede het injecteren van het productiewater in één van de leeggeproduceerde gasvelden (reservoirs).

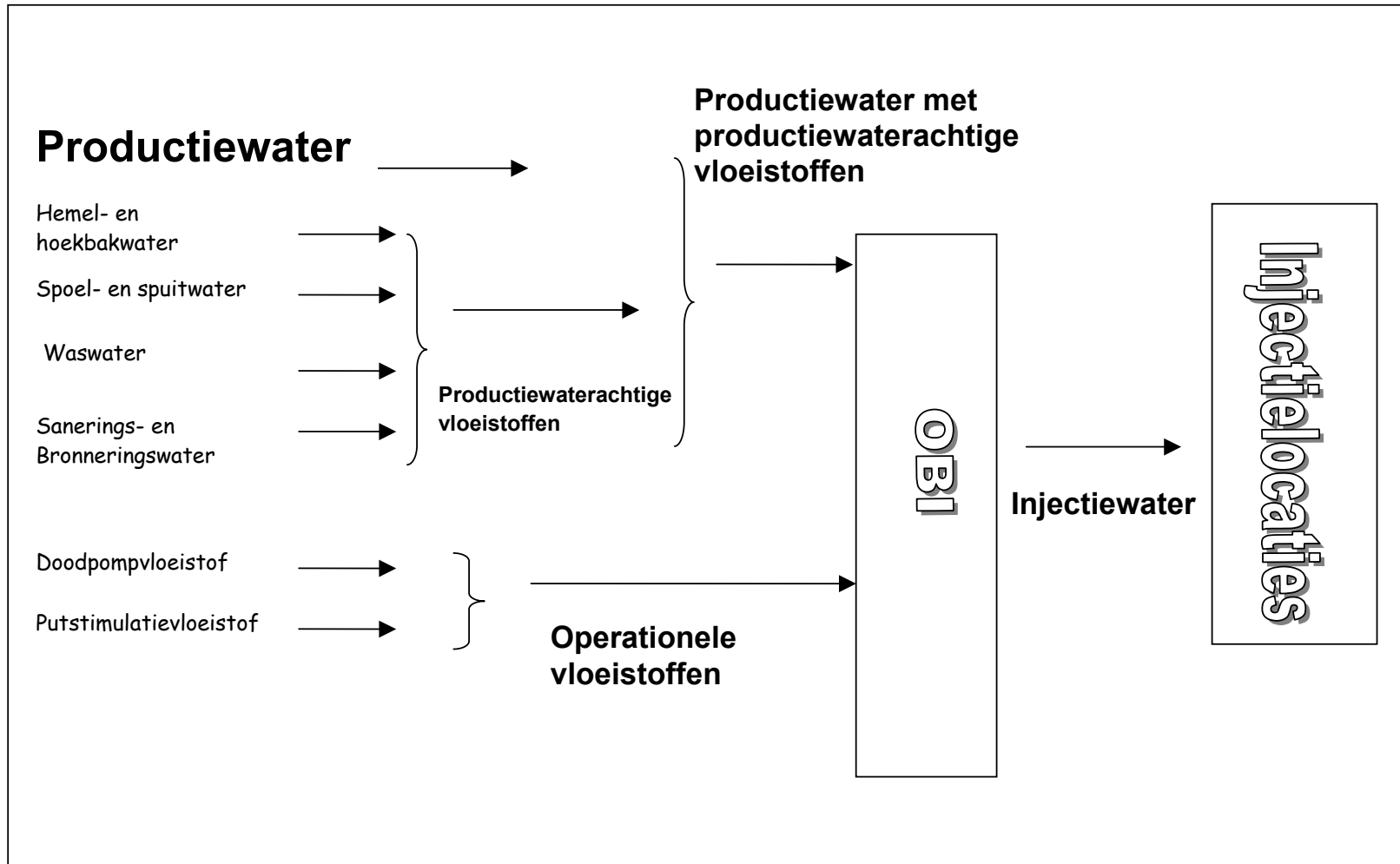
Het productiewater bestaat uit condenswater van in de ondergrond geïnjecteerde stoom en formatiewater, dat oorspronkelijk aanwezig is in het oliereservoir. Na afscheiding van de olie bevat het productiewater nog veel stoffen vanuit de ondergrond, waardoor lozing op het oppervlaktewater niet acceptabel is. Bij het winnen van olie komen daarnaast andere stoffen (mijnbouwhulpstoffen) in het productiewater terecht, bijvoorbeeld tijdens periodiek onderhoud. De NAM onderzoekt in hoeverre het productiewater samen met deze waterstromen kan worden geïnjecteerd in reservoirs. **Schema 18.1** geeft de afhandeling van het water bij de verschillende projectonderdelen weer. Dit schema is achterin deze rapportage opgenomen. **Schema 18.2** geeft een overzicht van de verschillende waterstromen en de in dit hoofdstuk gehanteerde benaming.

In de richtlijnen voor het MER heeft het bevoegd gezag gevraagd alternatieven in beeld te brengen voor het injecteren van water in leeggeproduceerde gasvelden. Daarbij moet de mogelijkheid worden onderzocht van het volledig zuiveren van productiewater, tot een waterkwaliteit welke geschikt is voor lozing op het oppervlaktewater. Tevens dient te worden onderzocht of een beperkte zuivering van productiewater mogelijk is, voordat het productiewater wordt geïnjecteerd in de ondergrond, met als doel te voorkomen dat de toegevoegde stoffen in de ondergrond terechtkomen.

De afweging tussen het injecteren van productiewater in de ondergrond of het verwerken aan het oppervlak is in het verleden complex gebleken. De effecten en gevolgen hebben immers een verschillende schaal en dynamiek. Om tot een zo afgewogen en transparant mogelijke keuze te komen, is door het bevoegd gezag en de NAM gezamenlijk een toetsingskader opgesteld (het zogenaamde CE-toetsingskader). Door dit toetsingskader te volgen kan een uitspraak worden gedaan over de mogelijke alternatieven.



Schema 18.2 Overzicht waterstromen.







## 18.1.2 Toetsingskader

De gunning van waterinjectie heeft in het verleden plaatsgevonden op basis van het milieueffectrapport (MER) 'Waterinjectie in Zuidoost Drenthe', uit 1991 en de evaluatie van dit milieueffectrapport door Economische Zaken. Uit deze documenten kan worden geconcludeerd dat injectie in de diepe ondergrond – gegeven de samenstelling van het injectiewater en in vergelijking met milieuhygiënische alternatieve verwijderingsmogelijkheden – niet alleen verantwoord is maar ook als de meest milieuvriendelijke oplossing moet worden gekenmerkt. In voornoemd MER is aangegeven dat verwerking van de totale waterstroom via een rioolwaterzuivering of afvoer door lozing op het oppervlaktewater, milieuhygiënisch en bedrijfseconomisch geen reële optie is. Dit wordt vooral veroorzaakt door de herkomst van het water in combinatie met de samenstelling van de vloeistofstromen (met name de combinatie van chloride, koolwaterstoffen, zware metalen en zwavelverbindingen), de hoeveelheid te verwerken vloeistofstromen en de acceptatiecriteria van de rioolwaterzuivering. Daarnaast is de situering van mijnbouwlocaties gebonden aan de structuur van de diepe ondergrond, waardoor zij niet altijd aangelegd zijn in gebieden met een industriële bestemming en/of goede infrastructuur. Dit betekent dat in veel gevallen en zeker in Noordoost-Nederland openbare rollen in de nabije omgeving van NAM-locaties ontbreken.

Hoewel deze milieubeoordeling nog steeds opgeld doet, is – gelet op de actualiteit – besloten een nieuw MER op te stellen.

Per 1 mei 2002 is in Nederland de Europese Afvalstoffenlijst (Eural) in werking getreden. Deze lijst trad in de plaats van de classificatiemethodiek van het Besluit aanwijzing gevaarlijke afvalstoffen (Baga). Het te injecteren water is volgens de Eural geen gevaarlijke afvalstof, omdat het te kwalificeren is als "waterig vloeibaar afval dat bestemd is om elders te worden verwerkt" (Eural code 16.10). Daarbij overschrijden de stoffen, die zich in het injectiewater bevinden, de Eural-grenswaarden niet (derhalve code 16.10.02).

Tevens is per februari 2003 het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) van kracht, waarin een nadere uitwerking is gegeven van het Nederlandse beleid ten aanzien van afvalstoffen in het algemeen en berging in de diepe ondergrond in het bijzonder.

NAM heeft, gelet op de voorgaande ontwikkelingen, samen met de bevoegde gezagen een afwegingsmethodiek laten ontwikkelen, waarbij het injecteren van water wordt vergeleken met alternatieve verwerkingsmethoden. Hiervoor is een doelmatigheids-toetsing ontworpen. De toetsing bestaat uit drie elementen:

- Toetsing randvoorwaarden;
- Toepassing afwegingskader;
- Maken van eindafweging.

### Toetsing randvoorwaarden

Bij de toetsing van randvoorwaarden worden eerst de verschillende deelstromen beschreven, zowel kwaliteit als kwantiteit. Vervolgens worden de mogelijke reservoirs benoemd en vindt een afweging plaats in hoeverre de reservoirs in aanmerking komen voor waterinjectie. Als derde stap worden mogelijke alternatieven voor waterinjectie in beeld gebracht. Daarbij wordt gedacht aan drie mogelijkheden:

- De waterstroom volledig injecteren;
- Gedeeltelijke injectie van de waterstroom na beperkte zuivering;
- Geen injectie van de waterstroom, volledige zuivering.



### Toepassing afwegingskader

Indien blijkt dat binnen de afgesproken randvoorwaarden waterinjectie in principe als mogelijkheid wordt onderkend, vindt een brede afweging plaats tussen de alternatieven. De brede afweging wordt gemaakt op de volgende vier onderdelen:

- Kosten;
- Milieueffecten (levenscyclus analyse - LCA) gerelateerd aan energieverbruik, gebruik van chemicaliën, storten van afvalstromen;
- Risico's korte termijn (operationele risico's);
- Risico's lange termijn.

### Maken van eindafweging

De toetsing leidt tot inzicht in de verschillende beschikbare opties en de gevolgen van de verwerkingsmogelijkheden. Op basis hiervan kan het bevoegd gezag haar afweging maken.

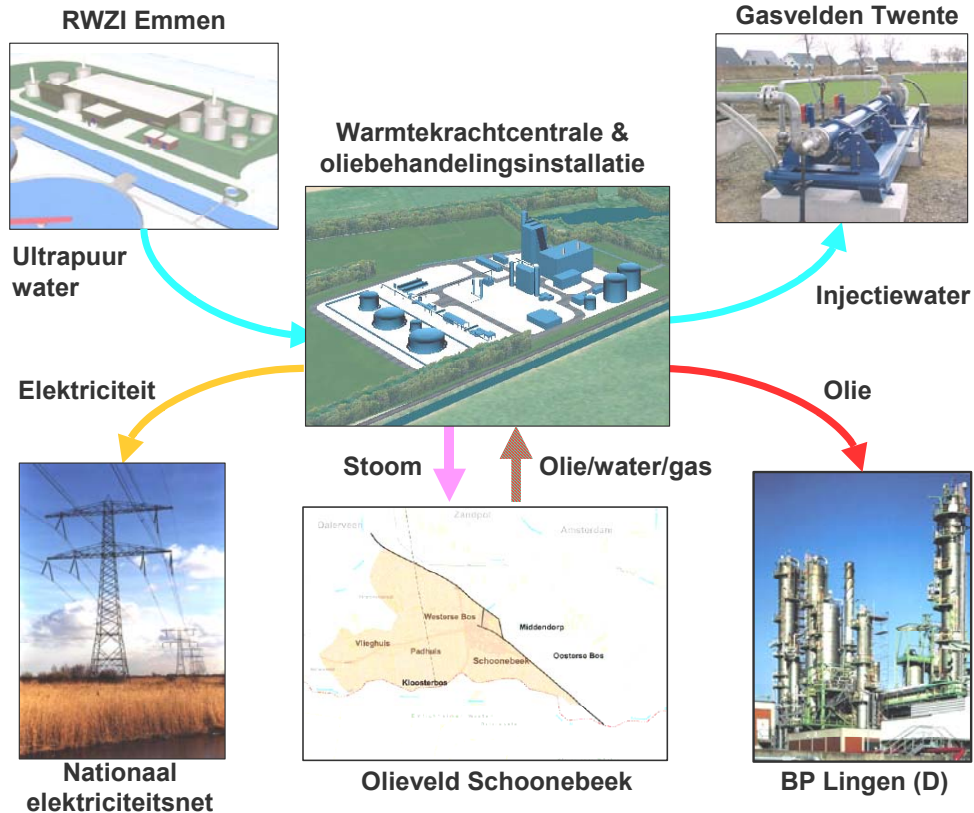
## 18.1.3 Leeswijzer

In **dit hoofdstuk** vindt de toetsing plaats van alternatieven en waterstromen aan de hand van het toetsingskader. Daarmee vormt het een bijzonder onderdeel, aangezien de effecten, die in algemene zin pas in rapport III worden beschreven, hier eveneens aan bod komen. Hiermee wordt de toetsing tevens bruikbaar als referentie voor andere waterinjectieprojecten.

Het hoofdstuk is als volgt opgebouwd:

- De belangrijkste waterstromen bij de voorgenomen activiteit (**18.2**);
- Beschrijving afwegingskader (**18.3**);
- Toetsing randvoorwaarden:
  - o Beschrijving reservoirs en toetsing geschiktheid reservoir (**18.4**),
  - o Beschrijving van verschillende alternatieven en varianten voor waterafvoer (**18.5 tot en met 18.7**);
- Toetsing afwegingskader (**18.8**);
- Eindafweging, vergelijking tussen verschillende alternatieven en varianten voor waterafvoer (**18.9**).

Onderstaand beknopt het schema van het project Herontwikkeling olieveld Schoonebeek opgenomen, zodat dit hoofdstuk ook apart van de rest van het MER toegankelijk is.



Figuur 18.1 Overzicht projectonderdelen Herontwikkeling olieveld Schoonebeek

## 18.2 Waterstromen bij oliewinning

### 18.2.1 Opzet

Deze paragraaf geeft een beschrijving van de waterstromen bij oliewinning. Eerst wordt een overzicht gegeven van de waterstromen binnen de voorgenomen activiteit (18.2.2). Daarna komt een beschrijving van het productiewater (18.2.3) en de andere relevante waterstromen (18.2.4 en 18.2.5). Er wordt apart aandacht besteed aan de mijnbouw hulpstoffen, welke in het productiewater terecht kunnen komen (18.2.6). Tot slot wordt een afweging gemaakt van de verschillende deelstromen om te bepalen welke waterstroom onderdeel uitmaakt van het injectiewater. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een vereenvoudigde LCA per deelstroom (18.2.7).

### 18.2.2 Overzicht van waterstromen bij de herontwikkeling olieveld Schoonebeek

#### Verschillende waterstromen

Bij de herontwikkeling van het olieveld Schoonebeek komen verschillende waterstromen voor. Sommige waterstromen worden speciaal gegenereerd, zoals het ultrapuur water dat wordt gebruikt als ketelvoedingwater voor de stoomproductie in de WKC. Bij andere waterstromen vindt zo min mogelijk behandeling plaats, zoals bij de neerslag welke indien mogelijk, ongestoord infiltreert in de bodem bij winlocaties, of vanaf het verhard oppervlak via een hoekbak naar de ringsloot rond de winlocatie wordt afgevoerd. Daarnaast zijn er waterstromen met een zekere mate van verontreiniging, waarvoor lokale zuivering of afvoer moet worden geregeld.



**Figuur 18.1** in de kaartenbijlage geeft een overzicht van de verschillende waterstromen, gekoppeld aan de benoemde deelactiviteiten. Daarin is zichtbaar gemaakt welke waterstromen gerelateerd zijn aan de watertoets en welke mogelijk in aanmerking komen voor de toetsing voor waterinjectie. De terminologie van de verschillende waterstromen is overgenomen uit het “protocol voor aanvraag Injectievergunning” van het Ministerie van Economische Zaken.

#### **Verontreinigde waterstromen**

**Dit hoofdstuk** behandelt de verontreinigde waterstromen, waarbij de verontreiniging gerelateerd is aan het winproces. Andere verontreinigde waterstromen, zoals opgepompt grondwater bij saneringen, worden separaat per onderdeel behandeld. Doordat bij alle deelactiviteiten waterstromen in de installaties en in de directe omgeving optreden, zijn er mogelijkheden de verwerking van de verontreinigde waterstromen te combineren. Zo wordt het waswater uit de WKC via het olie-watermengsel van de OBI verwerkt. Door verwerking van waterstromen bij de WKC en OBI vindt menging van verschillende waterstromen plaats. Hierdoor bevat het water, dat vanaf de OBI wordt afgevoerd, aanvullende componenten uit andere waterstromen.

#### **Lokaal afgehandelde waterstromen**

Binnen het project komen tevens waterstromen voor, waarbij binnen de Herontwikkeling olieveld Schoonebeek, gekozen is voor een lokale verwerking. Deze waterstromen zullen geen onderdeel uitmaken van het injectiewater.

De lokale afhandeling van deze waterstromen naar oppervlaktewater, grondwater of riolering wordt beschreven in het hoofdstuk over het milieu-aspect water (**hoofdstuk 21**). De keuzes en effecten op het milieu-aspect water worden tevens specifiek gemaakt in de waterparagraaf, met daarbij de watertoets.

**Dit hoofdstuk** houdt zich zodoende uitsluitend bezig met de verwerking van het productiewater met de hieraan gerelateerde waterstromen, welke in aanmerking komen voor injectie in de diepe ondergrond. Onderstaand worden deze waterstromen nader toegelicht.

### **18.2.3 Productiewater**

Bij het Protocol voor aanvraag injectievergunning (Ministerie van EZ) is voor productiewater de volgende definitie gehanteerd:

*Productiewater: water dat tijdens productie van olie (en gas) afgescheiden wordt in de Olie Behandelings Installatie (OBI). Het bestaat onder andere uit formatiewater, waswater, condens van geïnjecteerde stoom en niet af te scheiden mijnbouwhulpstoffen. Mijnbouwhulpstoffen zijn stoffen die gebruikt worden bij de winning en behandeling van de olie. Deze hulpstoffen hebben de potentie in de waterstromen terecht te kunnen komen.*

Binnen de definitie wordt gerefereerd aan formatiewater, waswater en mijnbouwhulpstoffen. Daarvoor gelden onderstaande definities:

*Formatiewater: (vormt onderdeel van productiewater): water dat van nature aanwezig is in een geologisch poreus gesteente in de diepe ondergrond (buiten de biosfeer).*

*Waswater: zoet water dat in “oliewassers” wordt toegevoegd om het zoutgehalte van de olie te verlagen (zie verder 18.2.5).*

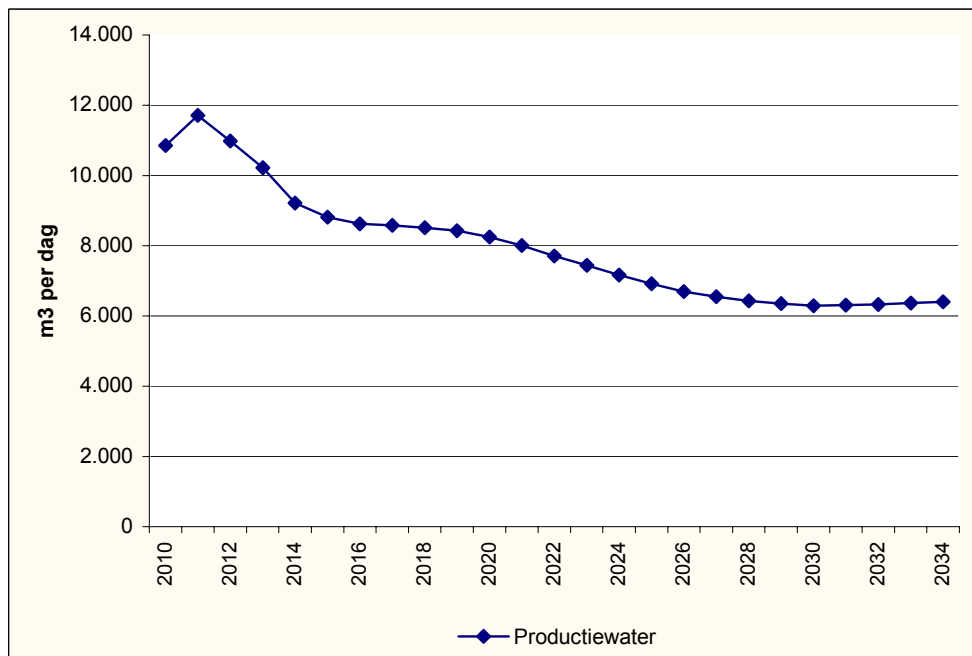


Mijnbouw hulpstoffen: stoffen die gebruikt worden bij de winning en behandeling van olie en aardgas. Deze hulpstoffen hebben de potentie in de waterstromen terecht te komen (zie verder 18.2.6).

Het productiewater, dat samen met de olie uit de ondergrond wordt opgepompt, bestaat voor een deel uit formatiewater en voor een deel uit condenswater van de ingebrachte stoom. Gedurende de eerste jaren zal het productiewater voornamelijk uit formatiewater bestaan. Geleidelijk neemt de bijdrage van condenswater steeds meer toe.

### Hoeveelheden water

Dagelijks komt er gedurende het project gemiddeld tussen de 6.000 en 12.000 m<sup>3</sup> productiewater vrij. In de startfase van het project wordt nog geen stoom geïnjecteerd. Formatiewater, met een beetje olie, wordt opgepompt om er voor te zorgen dat de druk in het reservoir afneemt. Hierdoor kan de stoom op een lagere druk in het reservoir worden geïnjecteerd. Injectie onder lagere druk betekent een lager energieverbruik en hogere olieproductie.



Figuur 18.2 Overzicht hoeveelheden productiewater per dag gedurende het project

De totale hoeveelheid productiewater die gedurende de productieperiode van 25 jaar vrijkomt tijdens de oliewinning in Schoonebeek zal ongeveer 75 miljoen m<sup>3</sup> bedragen. De gemiddelde hoeveelheid productiewater per dag gedurende het project is afgebeeld in **figuur 18.2**.

### Waterkwaliteit

De kwaliteit van het productiewater wordt onder meer weergegeven middels het zoutgehalte en de hoeveelheid zwevende stof. Het zoutgehalte wordt uitgedrukt in de eenheid TDS (Total Dissolved Solids: totale hoeveelheid opgeloste stoffen). Zwevende stoffen worden uitgedrukt in de eenheid TSS (Total Suspended Solids: totale hoeveelheid onopgeloste stoffen). Zwevende stoffen kunnen zowel anorganische stoffen (zoals metaal en zouten), als organische stoffen (zoals algen) zijn.



#### Productiewatersamenstelling eerste 4 tot 6 jaar

De typische samenstelling van het productiewater in de eerste 4 tot 6 jaar (productiewater met een relatief hoog zoutgehalte) is beschreven in **Tabel 18.1**. De toegevoegde hoeveelheden chemicaliën zijn kwalitatief beschreven in **hoofdstuk 14**. Restdeeltjes van deze chemicaliën en bepaalde reactieproducten zullen terug te vinden zijn in het productiewater. Na selectie en testen van de chemicaliën zullen gedetailleerde gegevens over restconcentraties bekend zijn. Alleen het anticorrosiemiddel zal in de aangegeven hoeveelheid terug te vinden zijn.

**Tabel 18.1** Samenstelling van het productiewater

Parameter	Productiewater Hoog TDS-gehalte tot 4 á 6 jaar	
	Typische concentratie (mg/l)	Range (mg/l)
pH (eenheden)	6,5	
Temperatuur (°C)	90	
	Typische concentratie (mg/l)	Range (mg/l)
Sodium (Na <sup>+</sup> )	24.000	
Potassium (K <sup>+</sup> )	180	
Calcium Ca <sup>2+</sup> )	4.400	3.700 – 5.600
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	1.200	640 – 1.400
Totale Hardheid (als CaCO <sub>3</sub> )	17.000	
Barium (Ba <sup>2+</sup> )	170	41 – 170
Boor (B)	70	45 – 140
IJzer (totaal Fe <sup>2+</sup> en Fe <sup>3+</sup> )	10	0,5 – 30
Mangaan (Mn)	2,0	1,1 – 3,4
Strontium (Sr <sup>2+</sup> )	700	500 – 840
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	50.000	
Bromide (Br <sup>-</sup> )	300	
Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	5	
Sulfaat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	10	
Bicarbonaat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	120	
Koolstofdioxide (CO <sub>2</sub> )	125	
Zuurstof (O <sub>2</sub> )	0	
Sulfide(S <sup>2-</sup> )	2,5	
Mercaptanen (RSH)	11	
Silica (SiO <sub>2</sub> )	25	3,7 – 47
Total Dissolved Solids		85 – 100.000 (Max.)
Olie en vetten	100 (Max.)	

#### Productiewatersamenstelling vanaf 4 tot 6 jaar

Na deze eerste periode zullen de concentraties aan chemicaliën geleidelijk lager worden, tot in de orde van grootte van 10% van de in de tabel opgegeven waarden. Geleidelijk treedt verdunning op met water afkomstig van de stoominjectie, waarin een veel lager gehalte aan opgeloste stoffen wordt verwacht.

De verwachting van de productiewaterkwaliteit is mede gebaseerd op veldervaringen (vergelijkbare stoominjectieprojecten in Californië en Canada) en op geohydrologische modelanalyses door de NAM. Vooral de hoeveelheid TDS is een belangrijke indicator. Naar verwachting zal het TDS-gehalte afnemen van 80.000 á 90.000 mg/l naar





10.000 mg/l. Het hoge gehalte in de eerste jaren komt doordat in het begin voornamelijk formatiewater wordt opgepompt met daarin veel opgeloste zouten.

De verwachting is dat het productiewater nog 50-100 mg/l olie zal bevatten na behandeling in de OBI en een klein percentage zwevende stoffen. Aan het water is een anticorrosiemiddel toegevoegd en een aantal andere chemicaliën.

#### 18.2.4 Teruggeproduceerde operationele vloeistoffen

Onder “operationele vloeistoffen” worden de doodpompvloeistoffen en putstimulatievloeistoffen gerekend. Voor het operationeel houden van de oliewinning, wordt bij de verschillende putten voor onderhoud gebruik gemaakt van doodpompvloeistof en putstimulatievloeistof. Na de onderhoudswerkzaamheden worden de vloeistoffen teruggeproduceerd en verwerkt. De beide vloeistoffen worden niet continu toegepast, maar periodiek. Dat betekent dat de af te voeren waterstromen geen continu karakter hebben.

##### Doodpompvloeistoffen

*Water dat gebruikt wordt om de put drukvrij te maken. Het bevat in het algemeen natuurlijke zouten zoals kalium, natrium en/of calciumchloride. Deze vloeistof wordt toegepast bij het doodpompen van een productieput of bij het onder controle houden van een buiten productie zijnde put.*

De zouten en chemicaliën worden aan het water toegevoegd om het water zwaarder te maken en in een put tegendruk te geven tegen de druk uit het reservoir. Hierdoor ontstaat een neutrale situatie, waarbij onderhoud kan worden uitgevoerd. Naar verwachting wordt doodpompvloeistof met de volgende regelmaat toegepast:

- bij vervanging pomp (1 keer per jaar);
- bij vervanging verbuizing (1 keer per 3 jaar);
- bij onderhoud stoominjectieputten (1 keer per 7 jaar).

Doodpompvloeistof wordt samen met het olie-watmengsel teruggewonnen. Het water bevat zout en chemicaliën. Per keer wordt circa 20 m<sup>3</sup> aan doodpompvloeistof toegepast. Aangezien 44 oliewinputten worden voorzien, zal per jaar rekening moeten worden gehouden met het verwerken van circa 1.300 m<sup>3</sup> doodpompvloeistof.

##### Putstimulatievloeistoffen

*Water dat uit een put teruggeproduceerd wordt na een chemische of mechanische stimulatiebehandeling. Dit water bevat uitgereageerde stimulatie chemicaliën. De productiecapaciteit van een producerende oliewinput en een waterinjectieput kan verbeterd worden door het bevorderen van de permeabiliteit van het reservoirgesteente in de directe omgeving van de put. Hiertoe worden de onderstaande methoden toegepast:*

- Stimulatie  
Stimulatie is een behandelingstechniek waarbij vloeistof in het reservoir wordt gepompt met het doel de permeabiliteit van het gesteente te bevorderen. De receptuur van een putstimulatievloeistof is afgestemd op de reservoirgesteente-eigenschappen. De receptuur is verdeeld in zure putbehandeling (gekenmerkt door de toepassing van zoutzuur en fluorwaterstof) en niet zure putbehandeling (berust op ionenuitwisseling).
- Fracturing  
Fracturing is een behandelingstechniek waarbij onder hoge druk door middel van vloeistoffen in het reservoir hoog permeabel zand rondom de put wordt aangebracht.



Voor putstimulatie gelden vergelijkbare hoeveelheden als voor doodpompvloeistof. Naar verwachting zal per put circa 1,5 keer per jaar een putstimulatiebehandeling nodig zijn. Per keer wordt circa 20 m<sup>3</sup> aan putstimulatievloeistof toegepast. Met 44 oliewinputten zal per jaar rekening moeten worden gehouden met het verwerken van circa 1.300 m<sup>3</sup> putstimulatievloeistof. Daarnaast wordt bij de waterinjectieputten periodiek putstimulatie toegepast.

#### **Verwerking teruggeproduceerde operationele vloeistoffen**

Op jaarbasis wordt uitgegaan van circa 2.600 m<sup>3</sup> teruggeproduceerde operationele vloeistoffen. De operationele vloeistoffen worden na gebruik samen met het oliewatermengsel uit de put gepompt en via de oliewaterleiding naar de OBI getransporteerd. Onderweg vindt menging plaats met de oliewaterstromen uit de andere winputten, waar geen onderhoud aan is gepleegd, zodat scheiding van waterstromen bij de OBI niet meer mogelijk is.

Bij de waterinjectieputten heeft NAM het voornemen na de putstimulatiebehandeling het water direct te injecteren.

Indien de operationele vloeistoffen gescheiden dienen te blijven van andere waterstromen, zal bij de winput een aftappunt moeten worden gemaakt. De afvoer van operationele vloeistoffen zal in dat geval per vrachtwagen moeten plaats vinden.

### **18.2.5 Overige productiewaterachtige waterstromen**

Een deel van de overige afvalwaterstromen is schoon of heeft een vergelijkbare samenstelling als het productiewater, doordat het water verontreinigd is geraakt met productiewater. Het betreft de volgende waterstromen (met de definitie uit het protocol 'aanvraag van injectievergunningen'):

- Bronneringswater: *grondwater dat opgepompt wordt om tijdelijk de grondwaterstand te verlagen ten behoeve van bouwwerkzaamheden.*
- Saneringswater: *grondwater dat ten behoeve van saneringsdoeleinden wordt opgepompt. Grondwater is water dat zich bevindt in dat gedeelte van de ondergrond dat onderdeel is van de biosfeer.*
- Hemelwater: *water dat door neerslag op de locatie terecht komt. Het kan vervuild raken met mijnbouwhulpstoffen en lekvloeistoffen (productiewater).*
- Hierbij wordt in het bijzonder aandacht besteed aan de lekvloeistoffen bij de OBI, waar hemelwater vermengd met producten vanuit de OBI in de drainslabs wordt afgevangen en toegevoegd aan het productiewater in de OBI.
- Spoel- en spuitwater: *water dat vrijkomt bij het reinigen van/of afpersen/testen van installatie onderdelen en het water dat vrijkomt bij het schoonspuiten en schrobben van de locatie.*
- Het spoel- en spuitwater is afkomstig van de winlocaties en waterinjectielocaties. Voor het spoelen wordt schoon water gebruikt. Het spoelwater zal zich vermengen met de in de installatie voorkomende stoffen (b.v. productiewater en hulpstoffen).
- Waswater: *in dit project het water van WKC en OBI wordt toegevoegd aan productiewater.*

### **18.2.6 Mijnbouwhulpstoffen**

NAM minimaliseert het gebruik van chemicaliën zo veel mogelijk in lijn met de inspanningsverplichting om het gebruik van mijnbouwhulpstoffen zo laag mogelijk te houden en in lijn met het milieubeleid (zoals uitgewerkt in het ISO 14001 gecertificeerde milieuzorgsysteem van NAM).





Onderzoek naar de mogelijkheden voor vermindering van het gebruik van chemicaliën en de terugwinning van deze stoffen uit formatiewater (documentnummer 13382-69986, 16 augustus 1999) is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken. In deze studie wordt geconcludeerd dat NAM de stand der techniek toepast ten aanzien van de keuze van chemicaliën en de toepassing van maatregelen en dat NAM hierbij conform het ALARA-principe handelt. Een voorbeeld is de vermindering van het gebruik van corrosie inhibitor. Door meer gebruik te maken van corrosiebestendige materialen neemt het gebruik van corrosie remmende chemicaliën af.

In **hoofdstuk 14, (bij tabel 14.1)** wordt een overzicht van de chemicaliën gegeven, die in verschillende stromen in het productieproces in de OBI worden toegevoegd om de processen te optimaliseren. Van deze mijnbouwhulpstoffen kunnen vooral de volgende drie nog in het productiewater voor komen:

- *Splitser*  
Een splitser (ook demulsifier genoemd) bevordert de scheiding van olie en water. Een deel van de gebruikte splitser kan in het productiewater terecht komen.
- *Corrosieremmer*  
Een corrosieremmer (ook corrosie inhibitor genoemd) voorkomt dat de verbuizingen, pijpleidingen en installatieonderdelen corroderen door de aanwezigheid van CO<sub>2</sub> (kooldioxide) en H<sub>2</sub>S (zwavelwaterstof) in de olie. De corrosieremmer komt afhankelijk van het gebruikte type in min of meerdere mate in het productiewater terecht.
- *Zuurstofbinder*  
Een zuurstofbinder verwijdert vrije zuurstof uit water. Dit is nodig om de stalen leidingen in de installatie te beschermen tegen roesten. De zuurstofbinder wordt volledig met het injectiewater geïnjecteerd.

## 18.2.7 Doelmatigheidstoets deelstromen

NAM heeft het voornemen de waterstroom vanuit de OBI in leeggeproduceerde gasvelden te injecteren. Deze gecombineerde waterstroom wordt verder aangeduid als injectiewaterstroom. Zoals bovenstaand beschreven bestaat het water vanuit de OBI uit:

- productiewater met toegevoegde mijnbouwhulpstoffen;
- teruggeproduceerde operationele vloeistoffen, welke in de leidingenstraat naar de OBI gemengd zijn met het productiewater;
- productiewaterachtige waterstromen.

De keuze van de NAM voor deze samenstelling van het injectiewater wordt onderstaand toegelicht. De afweging is gemaakt op basis van pragmatische ontwerpaspecten en de voorhanden zijnde doelmatigheidstoets van deelstromen. Het milieu-aspect hieruit is aan de hand van een levenscyclus analyse (LCA) per deelstroom zoveel mogelijk geconcretiseerd. Specifieke uitwerking van deze LCA is in **bijlage 3** opgenomen.

### Productiewater

Zoals in de volgende de beleidsmatige paragrafen (**18.3**) is toegelicht, komt productiewater in principe in aanmerking om te worden geïnjecteerd. Hiervoor zijn randvoorwaarden gesteld met betrekking tot het reservoir waarin waterinjectie plaats vindt. Het productiewater zal ook in combinatie met andere waterstromen, steeds de overgrote meerderheid van het te injecteren water uitmaken (meer dan 99%). Gemiddeld per dag bedraagt het productiewater 8.200 m<sup>3</sup>, wat op jaarbasis uitkomt op circa 3 miljoen m<sup>3</sup>.

### Kosten

Indien productiewater niet kan worden geïnjecteerd, zal een waterzuivering moeten worden ontworpen met bijzondere eigenschappen. Het water heeft namelijk een hoge



temperatuur (circa 80 °C) en bevat voor een waterzuivering erg veel zouten. Hierdoor ontstaat een grote hoeveelheid restproduct, waar geen nuttig gebruik voor bestaat, zodat het gestort moet worden. In vergelijking met het injecteren van productiewater, leidt het niet-injecteren tot hogere kosten (in de orde van € 150 tot 200 miljoen op de totale projectperiode).

#### Milieu-LCA

Een uitgevoerde LCA laat zien dat de zuivering, met gebruik van chemicaliën en energie en het verwerken van het restproduct, milieukundig veel ongunstiger is dan het injecteren van water in de ondergrond ([zie bijlage 3](#)).

#### Risico's

Bij de afweging dient tevens aangegeven te worden in hoeverre het injecteren van water in de ondergrond risico's oplevert, in de operationele fase of na afloop. Risico's kunnen bestaan uit het aantasten van het reservoir door geochemische reacties, of doordat het verontreinigde water uit het reservoir zich verspreidt en in de biosfeer belandt. Waterinjectie wordt al lange tijd op verschillende locaties in Nederland en elders in praktijk gebracht. Hierbij is ervaring opgedaan met mogelijk reacties in de ondergrond en het afsluitend houden van reservoirs. De ervaring leert dat geochemische reacties waarbij de kwaliteit van het reservoir of de afsluitende laag wordt aangetast, niet voorkomen bij injectie van productiewater zoals hier beschreven.

#### **Teruggeproduceerde operationele vloeistoffen**

Tot een recente beleidswijziging zijn in Nederland de operationele vloeistoffen samen met productiewater geïnjecteerd. Voor waterinjectie in Borgsweer is een LCA-toetsing uitgevoerd (Feiten en oplossingen, CE mei 2003), waaruit blijkt dat injectie van deze waterstroom milieukundig beduidend beter is, dan afhandeling via een verwerker. In [bijlage 3](#) is deze LCA toegevoegd. [Tabel 18.2](#) geeft de LCA score.



Tabel 18.2 Resultaten LCA teruggeproduceerde operationele vloeistoffen Borgsweer. Vergelijking van de bijdragen van waterinjectie met twee beschouwde alternatieve verwijderingsroutes (zie bijlage 3)

Milieu-thema	LCA-thema	Eenheid	injectie	Zuivering en injectie	afvoer naar verwerker
	<b>Effectgericht</b>				
Verspilling	Abiotische uitp	kg Sb	40	220	105
Klimaatsverandering	Broeikaseffect	kg CO2	5.360	25.134	16.362
	Ozonlaag aant.	kg CFK11	8,02E-05	1,28E-03	-3,85E-05
Verspreiding	Smogvorming	kg ethyl	2,00	2,87	4,95
	Ecotox. water	kg 1,4DB	17	125	8.720
	Ecotox.terr.	kg 1,4DB	4,73	90,78	1.884,59
	Humane tox.	kg 1,4DB	20.236	17.069	109.488
Verzuring	Verzuring	kg SO2	26,02	-87,47	126,63
Vermesting	Aq. Vermesting	kg PO4	4,57	7,06	99,92
	Ter. Vermesting	kg NOx	4,25	3,03	-1,84
Aantasting	Biodiv.	-			
	Lifesupp	Mg/ha.y			
	<b>ingreepgericht</b>				
Ruimtebeslag	Landgebruik	m2y			
	Afval	kg	234	30.838	6.706
Overig	Energie	MJ	70.800	270.528	210.007
	Waterverbruik	l	64.312	690.032	-35.902

De bevindingen bij Borgsweer hebben betrekking op circa 800 m<sup>3</sup> operationele vloeistof per jaar. Het volume bij de oliewinning Schoonebeek is iets groter. De relatieve scores uit de tabel zijn echter ook voor Schoonebeek toepasbaar. Hieruit blijkt dat het injecteren van water op de meeste milieu aspecten beter tot veel beter scoort. Daarbij geldt dat de hoeveelheid afval en verbruik van energie aanzienlijk lager is bij waterinjectie. Alleen voor humane toxicologie en verzuring kan een betere score ontstaan bij het succesvol scheiden van terugwinbare stoffen uit de teruggeproduceerde operationele vloeistoffen.

De teruggeproduceerde operationele vloeistoffen bij Borgsweer zijn afkomstig van gaswinlocaties. De samenstelling van de operationele vloeistoffen bij oliewinning is enigszins afwijkend. Daarom is bij de LCA voor het injectiewater nog apart aandacht besteed aan de teruggeproduceerde operationele vloeistoffen bij oliewinning. De resultaten hiervan worden beschreven in **bijlage 3**, maar komen overeen met de bevindingen voor Borgsweer.

De hoeveelheid operationele vloeistoffen (circa 2.600 m<sup>3</sup> per jaar) is ten opzichte van het productiewater erg beperkt, circa 0,1%. Als gevolg hiervan verandert de te injecteren waterstroom qua hoeveelheid en samenstelling nauwelijks door toevoeging van de operationele vloeistoffen. Een afweging van de beide waterstromen gezamenlijk leidt daarmee tot dezelfde conclusies als bovenstaand bij het productiewater.

### Kosten

Indien de operationele vloeistoffen worden gezien, als separaat te behandelen of te injecteren waterstroom, ontstaat een ander beeld. De opzet van een waterzuivering voor operationele vloeistoffen is minder kostbaar. Volgens een eerder uitgevoerde studie van KEMA (Haalbaarheidsstudie reiniging spent acid, KEMA Arnhem, 2001) bedragen de zuiveringskosten van operationele vloeistoffen circa € 80 per m<sup>3</sup>. Externe verwerking van de operationele vloeistoffen blijkt op basis van de genoemde LCA voor Borgsweer nog



duurder. Zo rekent CFS Weert een tarief van € 350 per m<sup>3</sup> behandelde operationele vloeistof, afkomstig van de gaswinning locaties in de Noordelijke provincies. Uitgaande van circa 2.600 m<sup>3</sup> per jaar, gedurende 25 jaar, zal in totaal circa 65.000 m<sup>3</sup> teruggeproduceerde operationele vloeistof moeten worden verwerkt. Uitgaande van de eenheidsprijs van € 80 per m<sup>3</sup> moet voor de zuivering worden gedacht aan ruim € 5 miljoen op projectbasis.

#### Milieu-LCA

De LCA valt ook in dit geval negatief uit voor verwerking en afvoer. Het resultaat is minder extreem dan bij productiewater, maar injecteren van operationele vloeistoffen levert minder kosten op en minder negatieve milieueffecten.

#### Risico's

De inschatting van risico's op korte en lange termijn van het injecteren van teruggeproduceerde operationele vloeistoffen is lastig. Er worden op basis van de bestaande kennis geen geochemische reacties verwacht. De hoeveelheid te injecteren teruggeproduceerde operationele vloeistof is gering in vergelijking met de hoeveelheid productiewater. Mogelijke effecten zullen alleen heel lokaal rond de injectieput optreden. De samenstelling van de operationele vloeistoffen afzonderlijk is echter duidelijk anders dan van het productiewater, waarmee praktische ervaring is opgedaan. In het theoretische geval dat operationele vloeistoffen afzonderlijk zouden worden geïnjecteerd, zou ruime aandacht op zijn plaats zijn voor het monitoren van eventuele veranderingen in het reservoir.

#### **Productiewaterachtige waterstromen**

Productiewaterachtige waterstromen hebben een vergelijkbare samenstelling als het productiewater. Het is in principe schoon water, waarin verontreiniging met productiewater is opgetreden. Injectie van een dergelijke waterstroom wordt positief gesanctioneerd door het landelijk beleid ([zie paragraaf 18.3](#)).

## **18.3 Beleidskader**

### **18.3.1 Beleid met betrekking tot de deelwaterstromen**

#### **Europees beleid**

Van belang voor het Europees beleid zijn de Afvalstoffenrichtlijn (75/442/EEG, zoals gewijzigd bij 91/156/EEG) en de Stortrichtlijn (99/31/EG, plus beschikking 2003/33/EG). De Nederlandse implementatie van het Europees afvalbeleid vindt deels plaats in het Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP).

#### **Landelijk beleid**

Het Nederlandse afvalstoffenbeleid bevat een aantal uitgangspunten, beperkingen en voorwaarden ten aanzien van berging in de ondergrond ([hoofdstuk 18.4 van het LAP](#)). Voor de onderhavige afvalwaterstroom bepaalt dit beleid onder meer:

*“dat vloeibare afvalstoffen die bijvoorbeeld vrijkomen bij de winning en de bewerking van gas, olie en zout, die rechtstreeks uit de bodem komen (zogenoemd reservoir eigen zijn) en die niet zijn verontreinigd met componenten die oorspronkelijk niet in de bodem aanwezig waren, terug in de bodem kunnen worden gebracht op de plaats waar ze vandaan zijn gekomen. Dit terug brengen in de bodem, ook wel injectie in de diepe ondergrond genoemd, moet plaatsvinden in dezelfde formatie en diepte als waar de afvalstoffen uit afkomstig zijn. Eventueel kan worden geïnjecteerd in vergelijkbare formaties [...] Concreet betekent dit, dat er geen bezwaar is tegen het ter plekke terug in de bodem brengen van formatiewater / productiewater binnen de boven gestelde*



*randvoorwaarden, ook niet als dit formatiewater / productiewater onvermijdelijk enige menging met schoon water heeft ondergaan [...]*”.

Het in de diepe ondergrond terugvoeren van andere afvalstoffen is aansluitend in beginsel uitgesloten, tenzij aangetoond kan worden dat injectie de voorkeur geniet; “*de vergunningaanvrager dient dan echter door onderzoek (zoals MER, LCA) aan te tonen dat het terugvoeren milieuhygiënisch gezien de voorkeur heeft, dan wel dat de kosten van alternatieven voor terugvoeren niet in verhouding staan tot de milieuhygiënische voordelen van die alternatieven.*”

### **Hantering beleid**

De initiatiefnemer geeft uitvoering aan dit beleid door – ter aanvulling op en completering van de algemene MER-plicht voor productiewater (**Besluit MER A18.5**) – middels globale levenscyclusanalyses (LCA) aan te tonen dat de van productiewater en schoon water afwijkende deelstromen milieuhygiënisch in aanmerking komen voor injectie. Het betreft de zogeheten ‘operationele vloeistoffen’ en ‘productiewaterachtige waterstromen.’

Middels de aldus verkregen initiële LCA informatie wordt dan tevens de eerste randvoorwaarde van het afwegingskader beantwoord, namelijk “welke deelstromen betreft het?” en komen deze in aanmerking voor injectie?

Vervolgens worden voor de geheel te injecteren waterstroom de overige randvoorwaarden uit het afwegingskader (welke de overige elementen uit het genoemde landelijke beleid omvat), behandeld. Hiervoor worden de alternatieven benoemd en onder meer de LCA injectiewater uitgevoerd. Dit om te komen tot een passend eindoordeel wat betreft de effecten van waterinjectie.

### **Analyse van operationele vloeistoffen**

De ‘operationele vloeistoffen’ omvatten de zogeheten ‘doodpompvloeistoffen’ en ‘putstimulatievloeistoffen’ (voor een definitie van deze en andere waterstromen wordt verwezen naar het protocol ‘aanvraag van injectievergunningen’).

In 2003 is een globale LCA vergelijking afgerond tussen injectie van deze vloeistoffen en andere verwerkingsopties (**bijlage 3**). In de studie is de bijdrage van de verwijderopties aan een 16-tal milieuthema’s geschat en onderling gewogen. Voor de weging is gebruik gemaakt van de weegmethodiek van het vorengenoemde LAP.

De studie concludeert dat

*“verwijdering via CFS scoort slechter dan injectie in de diepe ondergrond vanwege de emissies van zware metalen bij lozing van gezuiverd water en bij verbranding van zuiverings-slib”. De studie concludeert verder “dat het in principe mogelijk is een verwijderingsstelsel te definiëren waarbij vervuilde doodpompvloeistoffen en uitgewerkte stimulatievloeistof worden opgewerkt tot een grotendeels verontreinigingsvrije zoutoplossing zonder dat dit leidt tot meer milieubelasting. Dat is mogelijk door een aantal componenten uit beide reststromen nuttig toe te passen. Wel ontstaat er een hoeveelheid gevaarlijk afval, die gecontroleerd moet worden opgeslagen.”*

De initiatiefnemer concludeert op basis van deze studie dat de operationele vloeistoffen in beginsel in aanmerking komen voor injectie. De aangegeven nuttige toepassing van componenten komt aan de orde in de alternatieven voor waterinjectie, zoals behandeld in **hoofdstuk 18.7**.



### **Productiewaterachtige waterstromen**

Productiewaterachtige waterstromen bevatten procesvloeistoffen en vertonen sterke overeenkomst met het productiewater, waarop het landelijke (LAP)beleid moet worden toegepast.

In recente vergunningtrajecten is door VROM geadviseerd (voor de referentielijst: 27 februari 2002 – SAS/2002005259 vvgb 248 en 31 mei 2005 – SAS/2005057191) dat waswater en hemel-, spoel- en spuiwater een dusdanige gelijkenis met productiewater vertonen dat deze overeenkomstig het landelijk beleid in beginsel geïnjecteerd kunnen worden.

## **18.3.2    Beleid met betrekking tot injecteren totale waterstroom**

### **Afwegingskader**

Nu geconcludeerd kan worden dat productiewater, schoon water en de voornoemde deelstromen in beginsel voor injectie in aanmerking komen, kan het afwegingskader vervolgd worden door voor de totaalstroom ('injectiewater' genoemd) een aantal randvoorwaarden te doorlopen.

Door het onderzoeksbureau CE is dit toetsingskader voor injecteren van water in de ondergrond beschreven. Het gehele kader is opgenomen in **bijlage 3**. De belangrijkste beleidsmatige aspecten zijn onderstaand uit de CE-rapportage overgenomen.

### **Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP)**

Het LAP geeft, als voorgaand aangeduid, aan onder welke omstandigheden injectie is toegestaan. In **onderdeel 18.4** wordt aangegeven dat hiervoor een methodologische afweging tussen injectie en alternatieve verwijderingmogelijkheden kan worden uitgevoerd. Daarbij moet rekening worden gehouden met het voorzorgprincipe. Dit stelt dat een optie met bekende negatieve gevolgen te prevaleren is boven een optie met onbekende gevolgen.

Als algemene eis geldt dat berging van andere stromen dan productiewater en schoonwater, alleen aanvaardbaar is, als stoffen terugneembaar zijn. Vergunning kan worden verleend indien injecteren milieuhygiënisch de voorkeur heeft of indien de kosten van alternatieven niet in verhouding staan tot de milieuhygiënische voordelen.

### **Protocol voor de aanvraag “Injectievergunning”**

Het protocol voor de aanvraag “Injectievergunning” is opgesteld door het Ministerie van Economische Zaken in samenspraak met de industrie. Het protocol heeft geen formele status, maar bevat afspraken met betrekking tot terminologie en richt zich vooral op het behoud van de afschermdende eigenschappen van de afsluitende laag boven het injectiereservoir. Het doel is te komen tot een betrouwbare voorspelling van het gedrag van het geïnjecteerde water en het afsluitend vermogen van de bovenliggende laag. Hiervoor is het van belang de samenstelling van het injectiewater te beschrijven, evenals mogelijke geochemische processen in de ondergrond en procesdrukken in vergelijking met fracture drukken. Daarnaast wordt in het protocol gevraagd een beschrijving te geven van de injectieputten, het reservoir en afdichtende lagen, een testplan en monitoringsplan, de eindfase en de opzet van een jaarlijkse rapportage.

### **OSPAR-conventie**

De Oslo-Paris Convention for Protection of Marine Environment (OSPAR) heeft mede betrekking op off-shore ondergrondse injecties. Hierin wordt injectie van afvalwater als (BAT-) maatregel genoemd.



### Provinciaal beleid

Tot de introductie van het LAP was (de berging van) afvalstoffen veelal een onderdeel van provinciale milieu (beleids) plannen. Het LAP vormt nu echter het beleidskader waaraan getoetst dient te worden. De blijvende rol van deze provinciale plannen ten opzichte van andere milieu-aspecten komt in de betreffende delen van dit MER aan de orde.

### 18.3.3 Noodzaak voor een specifieke afwegingsmethodiek

Zoals aangegeven zijn er voor de afvoer van water bij het proces van oliewinning twee hoofdrichtingen, het zuiveren van water met afvoer van afvalproducten of het injecteren van water in diepere grondlagen. De effecten voor het milieu zijn geheel verschillend en daardoor moeilijk vergelijkbaar. Dit inzicht heeft er toe geleid dat een hiervoor toegesneden afwegingsmethodiek ontwikkeld is.

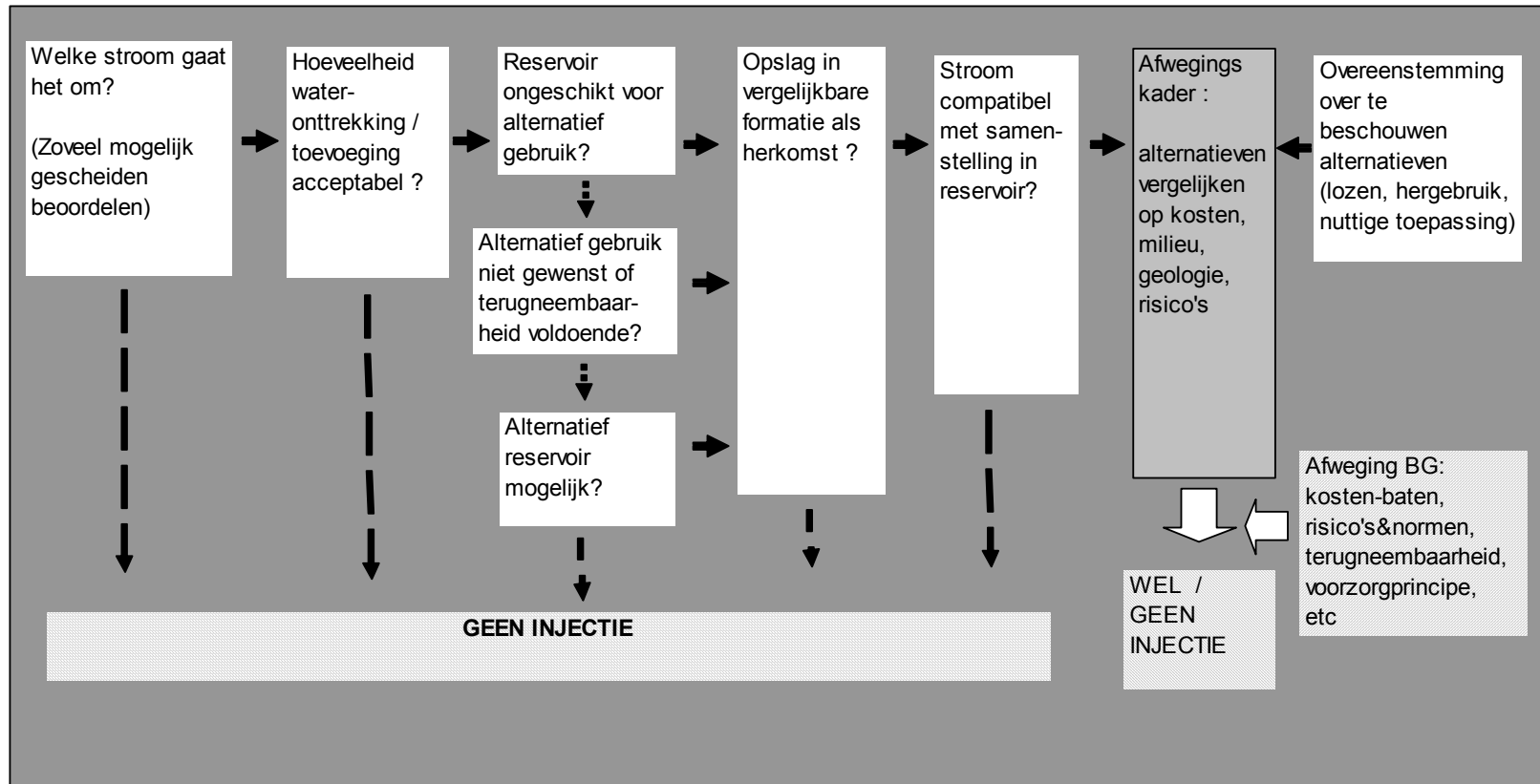
### 18.3.4 Opstellen afwegingsmethodiek

In opdracht van de NAM heeft CE een afwegingsmethodiek ontwikkeld. Met deze methodiek kunnen de effecten van waterinjectie worden vergeleken met de effecten van alternatieve verwijderingmethoden (CE, 2004). De methodiek is tevens een hulpmiddel voor de besluitvorming over welke verwijderingmethode de voorkeur verdient. Deze afwegingsmethode is tot stand gekomen uit een samenwerking tussen verschillende ministeries, provincies en de NAM en via de m.e.r.-richtlijnen (Commissie voor de m.e.r., 2004; Provincie Drenthe, 2004) van toepassing geacht.

In het door CE, in overleg met bevoegde gezagen, ontwikkelde afwegingskader zijn de criteria van beleid met betrekking tot waterinjectie verwerkt. Hierdoor hoeven deze in het MER niet meer afzonderlijk aan de orde te komen. In het MER vindt toepassing van het afgesproken afwegingskader plaats.

De afwegingsmethodiek houdt onder meer rekening met de waterstroom, het reservoir, effecten en risico's en de verschillende alternatieven. De afweging is schematisch weergegeven in **figuur 18.3**.





Figuur 18.3 Opbouw van methodiek en afwegingskader injectie in de diepe ondergrond van productiewaterstromen olie- en gaswinning.





Elk vak staat voor een afweging en mogelijke discussie tussen de initiatiefnemer (NAM) en de vergunningverleners (Provincies Drenthe en Overijssel). De bouwstenen daartoe worden in dit onderzoeksrapport aangedragen. De uitkomst van deze beoordeling kan zijn dat alle mogelijke problemen worden opgelost (horizontale pijl) of dat mogelijke problemen niet kunnen worden opgelost (verticale pijl). Dit laatste betekent dat waterinjectie geen realistisch alternatief is.

De methodiek bestaat in grote lijnen uit:

- Randvoorwaarden. Aan de hand van deze randvoorwaarden ('ja' of 'nee') wordt bekeken of waterinjectie in principe wordt toegestaan. Bij deze randvoorwaarden speelt veel meer dan alleen de vraag: "Wat is een doelmatige verwijdering voor deze afvalstroom?" Hierbij gaat het onder andere om alternatief gebruik van de ondergrond in plaats van waterinjectie, het type waterstroom dat geïnjecteerd mag worden en de in het LAP gestelde eis aan bodemeigenheid;
- Afwegingskader. Met behulp van dit kader – bestaande uit onder meer de elementen kosten, milieueffecten, operationele en lange termijn geologische risico's – vindt de afweging tussen waterinjectie en alternatieve verwijderingmogelijkheden plaats;
- Toetsing overig beleidskader. Een aantal aspecten van de waterinjectie en alternatieve verwijderingmethoden met betrekking tot het oppervlaktewatersysteem en het grondwater (de biosfeer) worden getoetst in het kader van de Watertoets. Deze aspecten worden beschreven in **hoofdstuk 21** 'Water'.

#### **Afweging alternatieven**

De alternatieven waarvoor de afweging is uitgevoerd, zijn genoemd in de Richtlijnen voor het MER. Het betreft vier specifieke alternatieven:

- Injecteren van water (in Zuidoost-Drenthe);
- Injecteren van water (in Twentevelden);
- injecteren van water na gedeeltelijk zuiveren;
- Geen injectie, totale hoeveelheid water zuiveren.

In **paragraaf 18.5** worden de alternatieven nader uitgewerkt.

## **18.4 Toetsing injectiewaterstroom en reservoir**

### **18.4.1 Inleiding**

Voordat de doelmatigheidstoetsing kan worden uitgevoerd, dient vastgesteld te worden of de voorgestelde waterinjectie voldoet aan de randvoorwaarden, zoals opgenomen in **figuur 18.3**.

Het te injecteren water is reeds beschreven in **paragraaf 18.2**. Onderstaand wordt in **paragraaf 18.4.2 en 18.4.3** een overzicht gegeven van de mogelijke reservoirs en de (geologische) beschrijving van de reservoirs. Met deze informatie worden de keuzestappen uit het schema in **figuur 18.3** stap voor stap behandeld in **paragraaf 18.4.4 tot en met 18.4.9**.

### **18.4.2 Mogelijke waterinjectielocaties**

De NAM heeft meerdere - op termijn – leeggeproduceerde gasvelden in studie genomen als potentiële geschikte locatie voor waterinjectie. Deze velden zijn afgebeeld op **kaart 9 in de kaartbijlage**. In de startnotitie zijn velden in Drenthe als mogelijke locatie aangegeven. In de aanvulling op de startnotitie is hieraan een aantal velden in Overijssel toegevoegd.



### Toetsing mogelijke injectievelden

Toetsing vindt primair plaats op basis van opslagvolume en beschikbaarheid. Er moet voldoende ruimte in het reservoir beschikbaar zijn voor opslag van het injectiewater, de hoeveelheid nog te produceren gas moet zo klein mogelijk zijn en injectie mag niet leiden tot significante risico's met betrekking tot bodembeweging. Dit zijn randvoorwaarden die bij de overweging een rol spelen.

Daarna vindt toetsing plaats op economische basis, zoals kosten, pijpleidingen en injectiviteit.

Onderstaand wordt een beschrijving gegeven van de te vergelijken gasvelden. Daarna worden volume en beschikbaarheid beschreven. Tot slot komen de overige criteria aan bod en worden de realistisch haalbare opties vastgesteld.

### Beschikbaarheid mogelijke injectievelden

**Tabel 18.2** en **kaart 9** geven een overzicht van de potentiële locaties in Drenthe en Overijssel. De velden behoren toe aan twee afzonderlijke gassystemen, namelijk het Emmen zuurgas systeem en het Ten Arlo zoetgas systeem.

In Drenthe komen gasvelden in aanmerking bij Roswinkel, Emmen, Emmen-Nieuw Amsterdam, Schoonebeek (gasveld), Coevorden Oost, Dalen en Oosterhesselen. In Overijssel komen de Twente-velden in aanmerking bij Tubbergen, Tubbergen-Mander en Rossum-Weerselo.

Bij een eerste selectie zijn de volgende velden afgevalen:

- Opslag in dezelfde formatie als waaruit de olie gewonnen wordt, is slechts beperkt mogelijk. De Bentheim-formatie bestaat uit een 'Solution Gas Drive Area' (SGDA) en een 'Main Water Drive Area' (MWDA). Deze twee gebieden van het veld bestaan uit hetzelfde gesteente maar zijn van elkaar gescheiden door een breukvlak. De olie zal gewonnen worden uit het SGDA gebied. Een combinatie van oliewinning en waterinjectie in de SGDA is niet mogelijk, aangezien dit tot een te hoge druk in het reservoir zou leiden. Waterinjectie in het MWDA gebied is alleen in zeer beperkte mate mogelijk. Dit deel van het veld is momenteel dicht bij de maximaal toelaatbare druk. De injectie van kleine waterstromen (zoals momenteel plaatsvindt met betrekking tot het water dat vrijkomt bij gasproductie van velden in Drenthe en Overijssel) heeft slechts beperkte invloed op de druk. Echter, bij de injectie van grote hoeveelheden water gedurende lange tijd (zoals het water dat vrijkomt bij oliewinning uit Schoonebeek), zal de maximaal toelaatbare druk worden overschreden.
- De velden nabij De Wijk en Wanneperveen maken deel uit van het Ten Arlo systeem. Voor de ingebruikname van deze velden voor waterinjectie is de aanleg van een nieuwe, meer dan 60 km lange watertransportleiding nodig. Daarnaast kunnen de velden naar verwachting nog tenminste 10 jaar gas produceren. Waterinjectie kan hier niet mee samengaan.
- De velden Coevorden Centraal, Coevorden West en Hardenberg en Den Velde maken eveneens deel uit van het Ten Arlo systeem. Ook deze velden kunnen nog tenminste 10 jaar gas produceren.

Deze varianten worden verder niet in het MER in beschouwing genomen.

### Opslagvolume

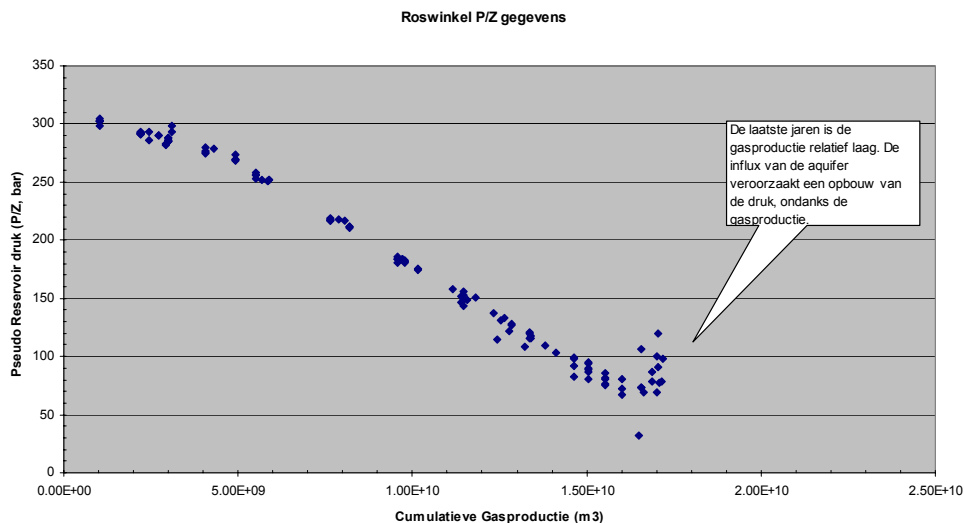
Het opslagvolume is beoordeeld door de totale opslagcapaciteit, het aantal potentiële injectieputten en de gemiddelde wateropslagcapaciteit per put te bepalen:



- De geschatte totale benodigde opslagcapaciteit gedurende de looptijd van het project is ongeveer 75 miljoen m<sup>3</sup> in 25 jaar. Een hoge inschatting is 100 miljoen m<sup>3</sup>.
- Het dagelijks geproduceerde volume injectiewater bedraagt gemiddeld circa 8.200 m<sup>3</sup>.

Uit **tabel 18.2** blijkt dat de Twentevelden gezamenlijk voldoende injectiecapaciteit en totaal opslagvolume bieden.

Bij het opstellen van de startnotitie is aangenomen dat het Roswinkelveld, momenteel producerend naar de GZI in Emmen, voldoende opslagvolume zou hebben voor de gehele waterproductie van het Schoonebeek olieveld. Recente drukmetingen en voortschrijdend inzicht in het reservoirgedrag leiden tot de conclusie dat het opslagvolume aanmerkelijk kleiner is dan voorheen werd aangenomen en dat het Roswinkelveld uitsluitend in combinatie met andere velden in Zuidoost Drenthe voor waterinjectie gebruikt zou kunnen worden (zie **figuur 18.4**). Ook de capaciteit van andere in Zuidoost Drenthe gelegen velden afzonderlijk is te beperkt voor opslag van het totale volume injectiewater. Er bestaat dientengevolge een optie om water te injecteren in een combinatie van de volgende Drenthe-velden: Dalen, Oosterhesselen, Emmen, Emmen-Nieuw-Amsterdam, Schoonebeek gasveld, Coevorden-Oost en Roswinkel. Op het veld in Dalen is één locatie al in gebruik als waterinjectielocatie. Hier wordt momenteel water geïnjecteerd dat vrijkomt bij de behandeling van gas in het zuurgassysteem en het Ten Arlo systeem. De overige vier Dalen locaties produceren momenteel nog gas.



*Figuur 18.4. Drukmetingen in Roswinkelveld*

In **tabel 18.3** zijn de overgebleven velden globaal op basis van hun geschiktheid voor waterinjectie met elkaar vergeleken.



Tabel 18.3 Potentiële geschiktheid locaties voor waterinjectie

Potentiële velden	Investeringskosten (mln €)	Totaal opslag volume (mln m <sup>3</sup> )	Aantal potentiële injectieputten	Gemid. opslag volume per put (mln m <sup>3</sup> )	Injectiviteit	Mogelijke gaswinning 2009-2011 *) (mrd m <sup>3</sup> )
<b>Drenthe-velden (basisalternatief)</b>						
Schoonebeek gas	15	22	6	3,7	Zeer goed	0,20
Emmen	21	21	4	5,3	Goed	0,15
Dalen	30	23	13	1,8	Goed	0,05
Oosterhesselen	18	11	5	2,2	Zeer goed	0,22
Coevorden Oost	14	5	3	1,7	Goed	0,00
Roswinkel	33	35 **)	7	5,0	Zeer goed	0,00
Emmen-Nw-A'dam	9	2,3	1	2,3	Gemiddeld	0,04
<b>Totaal</b>	<b>140</b>	<b>119</b>	<b>39</b>	<b>3,0</b>		<b>0,66</b>

<b>Twente-velden (voorkeursalternatief)</b>						
Tubbergen						
Tubbergen-Mander	37	90	21/22	4,3	Zeer goed	0,03
Rossum-Weerselo						

\*) het vigerende winningsplan gaat uit van einde productie 31.12.2008

\*\*\*) aanmerkelijk lager volume dan aanvankelijk aangenomen

#### Resterende gasreserves

De Drenthe-velden zijn aangesloten op het Gaszuiveringsinstallatie (GZI) in Emmen. De huidige verwachting is dat de GZI in Emmen tussen eind 2008 en 2011 uit bedrijf zal worden genomen. Dit betekent dat mogelijk in de periode van 2009 (start oliewinning) tot 2011 nog gas gewonnen zou kunnen worden uit de velden in het zuurgassysteem. Een put die gebruikt wordt voor waterinjectie kan niet tegelijkertijd efficiënt gas produceren. De gasproductie zal stoppen bij waterinjectie in dezelfde put.

Voor de Drenthe-velden betekent dit:

- Het Roswinkelveld is nagenoeg leeggeproduceerd. Naar verwachting zal het in de loop van 2006 ophouden met produceren.
- Ook het Coevorden-Oost veld zal naar verwachting vóór de sluitingsdatum van de GZI ophouden met produceren.
- De totale hoeveelheid mogelijk economisch winbaar gas voor de velden Dalen, Oosterhesselen, Emmen, Emmen-Nieuw-Amsterdam en Schoonebeek vanaf eind 2008 is 0,66 miljard m<sup>3</sup> en is dus relatief hoog. Gebruik voor waterinjectie vanaf 2008 is vanuit duurzaamheidsoogpunt (schaarse grondstoffen) en gasinkomsten minder gunstig.

De totale hoeveelheid economisch winbaar gas voor de Twente-velden vanaf eind 2008 is ongeveer 0,03 miljard m<sup>3</sup>. Verder vervalt bij gebruik van de bestaande Twente-velden voor waterinjectie de mogelijkheid om gas van nieuw te ontwikkelen velden in Twente te evacueren via de GZI. De twee mogelijk nieuw te ontwikkelen velden zijn het Deurningen-veld en het Rammelbeek-veld. Voor beide velden is onlangs vastgesteld dat de ontwikkeling via de GZI waarschijnlijk economisch niet (Deurningen) of nauwelijks (Rammelbeek) mogelijk zal zijn. De mogelijkheid om het Rammelbeek-veld te gebruiken voor elektriciteitsopwekking ter plaatse wordt nog onderzocht. Samenvattend kan worden gesteld dat gebruik voor waterinjectie van de bestaande Twente-velden vanuit duurzaamheidsoogpunt aanzienlijk gunstiger is dan gebruik van de Drenthe-velden.



### *Risico*

Bij het Roswinkelveld geldt een gevoeligheid voor lichte aardbevingen als gevolg van gaswinning. Deze zijn in het verleden opgetreden. Daarnaast is tevens bodemdaling opgetreden. Er is een tweetal onderzoeken naar bodembeweging uitgevoerd door TNO. Hierin is geconcludeerd dat waterinjectie naar verwachting niet zal leiden tot aardschokken en wordt het vermoeden uitgesproken dat waterinjectie zelfs kan leiden tot een grotere stabiliteit van het reservoir. Het is echter niet voor 100% uit te sluiten dat gedurende de periode van eventuele waterinjectie toch trillingen ontstaan.

Bij Dalen en Oosterhesselen is in het verleden zeer geringe bodemdaling opgetreden (in de orde van grootte van 1 tot 2 cm). Ter plaatse van het Schoonebeek gasveld is een bodemdaling van 4 tot 5 cm waargenomen. Bodemdalingsmetingen in de vorm van waterpassen aan de oppervlakte zullen in de toekomst blijven plaats vinden.

Ook bij de Twentevelden is in het verleden een zeer geringe bodemdaling opgetreden (in de orde van grootte van 1 tot 2 cm).

### **Overige criteria**

#### *Vaste en variabele kosten*

De kosten zijn geraamd op basis van de m<sup>3</sup> opslagcapaciteit. Hierbij is rekening gehouden met additionele aansluitkosten, wanneer een veld onvoldoende opslagcapaciteit heeft. De variabele kosten zoals onderhoudskosten en inzet van mankracht zijn niet doorberekend in de totale kosten omdat het om kosten gaat die relatief nauwelijks van invloed zijn. Het gaat om ongeveer 1 tot 2 miljoen € per jaar per veld. Tevens zijn de verwachte verschillen in variabele kosten tussen de alternatieven gering en daarom niet doorslaggevend voor de keuze.

De Twentevelden scoren relatief gunstig ten aanzien van investeringskosten. Het alternatief, een combinatie van de velden Dalen, Emmen, Schoonebeek, Coevorden-Oost en Roswinkel is relatief duur als gevolg van langere pijpleidingen en meer injectielocaties en –putten en een groter verlies van mogelijke gasvolumes (zie criteria gasreserves).

#### *Injectiviteit (injectiecapaciteit)*

Een hoge injectiviteit betekent dat meer water per tijdseenheid in een put geïnjecteerd kan worden en dat minder putten nodig zijn om de totale hoeveelheid productiewater te injecteren. Een aantal velden scoort zeer goed, namelijk Roswinkel, Schoonebeek gas, Oosterhesselen en Twente. De andere velden scoren minder goed.

#### *Alternatieve afvoerroute voor gas*

Velden waar een relatief grote gasreserve aanwezig is en waarvoor een alternatieve afvoerroute beschikbaar is, kunnen na de sluiting van de GZI doorproduceren. Oosterhesselen en Schoonebeek zijn velden waarvoor alternatieve afvoerroutes beschikbaar zijn naar het productiesysteem van Ten Arlo. Dit maakt deze velden ongeschikt voor waterinjectie op korte termijn. Voor de andere velden is deze alternatieve route niet beschikbaar vanwege een andere samenstelling van het gas en het feit dat ze, gezien de geringe overgebleven gasreserves niet economisch via een alternatieve route afgevoerd kunnen worden.

#### *Technische integriteit pijpleidingen*

Bij de waterinjectie zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van bestaande pijpleidingen. Deze leidingen zijn ontworpen voor gastransport maar zijn ook geschikt voor watertransport. Wel zullen corrosieproblemen als gevolg van watertransport voorkomen moeten worden. Dit betekent dat anticorrosiemiddel toegevoegd wordt aan



het injectiewater. Controle op mogelijke corrosie is van belang bij de bestaande hoofdtransportleiding naar de Twentevelden. Voor de velden in Zuidoost Drenthe moeten nieuwe leidingen worden aangelegd, waarbij gebruik gemaakt kan worden van corrosiebestendig materiaal, bijvoorbeeld Glass Reinforced Epoxy (GRE).

#### **Varianten reservoirs**

Op basis van de bovenstaande beschrijving, worden in het MER twee varianten voor de reservoirs getoetst:

- Basisalternatief met injectielocatie in Zuidoost-Drenthe, conform de startnotitie, bestaat uit een combinatie van de velden Dalen, Oosterhesselen, Emmen, Emmen-Nieuw-Amsterdam, Schoonebeek, Coevorden-Oost en Roswinkel. Voor het basisalternatief liggen de totale kosten tussen €100 miljoen en €140 miljoen. Er worden tussen 30 en 40 putten gebruikt en een mogelijke gasproductie van 660 miljoen m<sup>3</sup> is in gevaar.
- Voorkeursalternatief met injectielocatie in Overijssel bestaat uit de Twente-velden (Tubbergen, Tubbergen-Mander, Rossum-Weerselo). Voor het voorkeursalternatief liggen de totale kosten rond de € 37 miljoen. Er worden rond de 20 putten gebruikt en een mogelijke gasproductie van 30 miljoen m<sup>3</sup> is in gevaar

### **18.4.4 Beschrijving van de reservoirs**

#### **Basisalternatief**

Bij waterinjectie in een combinatie van gedepleteerde gasvelden in Zuidoost Drenthe zal het water terechtkomen in andere formaties dan waaruit de olie en het productiewater opgepompt zijn. De olie wordt gewonnen uit de Bentheim formatie (Bentheim-zandsteen) die op ongeveer 800 m diepte ligt.

In het Roswinkel veld bestaat de formatie waarin geïnjecteerd kan worden uit een aantal lagen zandsteen en kalksteen (Rogenstein) afgewisseld met kleisteen lagen op een diepte van 2.000 – 2.300 m. De bovenste gasvoerende laag wordt afgedekt door een dik kleisteen pakket (Solling). Hierboven volgt een dik zout pakket (Röt Evaporiet). Hierboven volgen pakketten zandsteen, kalksteen en kleisteen van de Keuper, Muschelkalk en Holland & Niedersachsen. Daar weer boven volgt een dik pakket kalksteen (Krijt). Het geheel wordt afgedekt door de zanden en kleien van de Noordzee formatie.

In de overige velden in Zuidoost-Drenthe die in aanmerking zouden komen voor waterinjectie (Dalen, Oosterhesselen, Emmen, Emmen-Nieuw-Amsterdam, Schoonebeek, Coevorden-Oost) bestaan de formaties waarin geïnjecteerd kan worden uit Zechstein formatie (Zechstein-kalksteen) en de Carboon formatie (Limburg-zandsteen) die liggen tussen de 1.500 m en 3.000 m diepte. De bovenste gasvoerende lagen worden afgedekt door een pakket niet doorlatende Zechstein anhydriet en met daarboven een dikke laag Zechstein zout.

Het voordeel van een zoutpakket als afsluitende laag boven een reservoir is dat zoutlagen een hoge flexibiliteit hebben in vergelijking met andere lagen. Hierdoor is het risico van scheurvorming minimaal. De zoutlagen zullen tevens niet of nauwelijks oplossen in het injectiewater.

#### **Voorkeursalternatief**

Bij waterinjectie in een combinatie van gedepleteerde gasvelden in Twente, zal het water terechtkomen in andere formaties dan waaruit de olie en het productiewater opgepompt zijn. Het olie-watmengsel is afkomstig uit de Bentheim formatie (Bentheim-zandsteen), die op ongeveer 800 m diepte ligt.





Injectie vindt plaats in de Zechstein formatie (Zechstein-kalksteen) en de Carboon formatie (Limburg-zandsteen) die tussen de 1.500 m en 3.000 m diepte liggen. De lagen waardoor de reservoirs worden afgesloten, verschillen per locatie. Het gas dat uit deze formaties gewonnen is, bevond zich in door geologische lagen afgesloten reservoirs. Het gegeven dat het gas in de reservoirs niet ontsnapt is, toont aan dat het om afgesloten reservoirs gaat.

In Twente komen drie gedepleteerde gasvelden in aanmerking voor waterinjectie:

- Rossum-Weerselo (Zechstein-kalksteen en Limburg-zandsteen reservoirs);
- Tubbergen-Mander (Zechstein-kalksteen reservoir);
- Tubbergen (Zechstein-kalksteen en Limburg-zandsteen reservoirs).

De reservoirs worden afgesloten door een anhydrietlaag. Een doorbraak van het injectiewater naar bovengelige en naastgelegen reservoirs is niet te verwachten. Dit vanwege de beperkte injectiedrukken, door de aanwezigheid van de zoutformaties en anhydrietlagen en de aanwezigheid van afsluitende breuken.

Voormalige gasreservoirs hebben als voordeel boven voormalige oliereservoirs dat ze een hoge samendrukbaarheid hebben. Dit betekent dat ze over veel volume beschikken voor wateropslag. Om de injectiviteit van de reservoirs te vergroten zal injectie onder 'fracturing conditions' plaatsvinden. Een toelichting hierop staat in **paragraaf 18.6.4**.

Onderstaand wordt de geologie van de reservoirs kort geschetst. Aan het eind van dit hoofdstuk zijn de bijbehorende figuren opgenomen.

De meeste reservoirs worden afgedekt door zoutlagen. Het voordeel van de zoutlagen is dat deze een hoge flexibiliteit hebben in vergelijking met andere lagen. Hierdoor is het risico van scheurvorming minimaal. De zoutlagen zullen niet of nauwelijks oplossen in het injectiewater. Wanneer hier wel sprake van is, gaat het om een zeer klein deel van de dikke zoutlagen.

#### **Reservoir van Rossum-Weerselo**

Bij het reservoir van Rossum-Weerselo wordt het bovenste, ondiepste Zechstein kalksteen reservoir (ZEZ3C) afgedekt door een ondoordringbare Anhydrietlaag (**zie figuur 18.8**). Daarboven volgt een zout pakket en een zout/kleisteel laag. Daarboven volgt een dik pakket van onder andere kleisteel, zanden, evaporieten (Trias), kleisteel (Altena) en kleisteel (Onder Krijt). Het geheel wordt afgedekt door de zanden en kleien van de Noordzee formatie.

#### **Reservoir van Dalen en Oosterhesselen**

Bij het reservoir van Dalen en Oosterhesselen wordt het bovenste, ondiepste Zechstein kalksteen reservoir (ZEZ2C) afgedekt door een ondoordringbare Anhydrietlaag (**zie figuur 18.7**). Daarboven volgt een zout pakket en een zout laag.

#### **Reservoirs van Emmen en Emmen Nieuw Amsterdam**

Bij de reservoirs van Emmen en Emmen-Nieuw-Amsterdam worden de bovenste, ondiepste Zechstein kalksteen reservoirs (ZEZ2C) afgedekt door een ondoordringbare Anhydrietlaag (**zie figuren 18.10 en 18.11**). Daarboven volgt een zout pakket en een zout laag.



### Reservoir van Schoonebeek Gasveld

Bij het gas reservoir van Schoonebeek wordt het bovenste, ondiepste Zechstein kalksteen reservoir (ZEZ2C) afgedekt door een ondoordringbare Anhydrietlaag (zie figuur 18.12). Daarboven volgt een zout pakket en een zout laag.

### Reservoir van Tubbergen

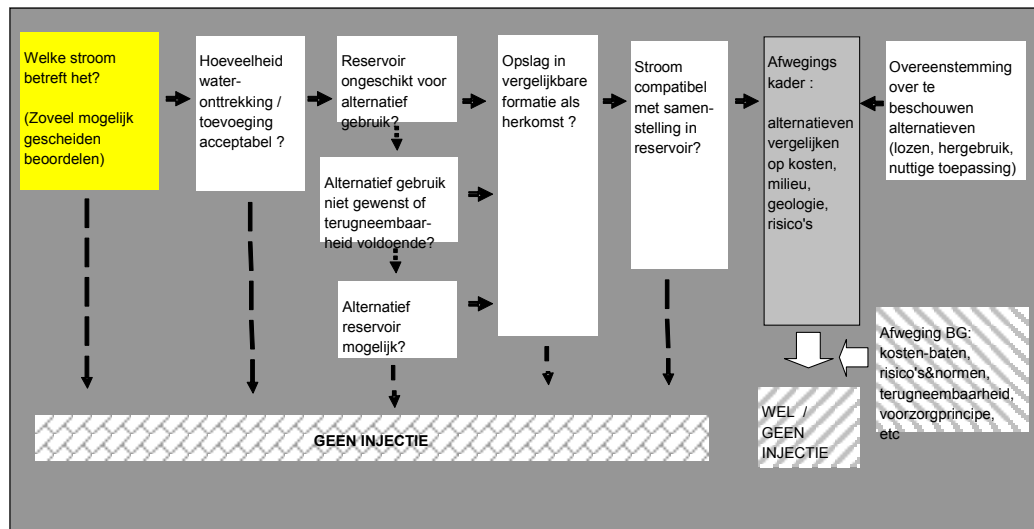
Het Tubbergen reservoir ligt ongeveer 1600 m diep. Het Zechstein kalksteen reservoir (ZEZ3C) wordt afgedekt door een ondoordringbare Anhydrietlaag (zie figuur 18.13). Daarboven volgt een zout pakket en een zout/kleisteen laag. Daarboven volgt een dik pakket vergelijkbaar met het reservoir van Rossum-Weerselo.

### Reservoirs van Tubbergen - Mander

In de reservoirs bij Tubbergen - Mander wordt het bovenste / ondiepste Zechstein kalksteen reservoir (ZEZ3C) afgedekt door een ondoordringbare Anhydrietlaag (zie figuur 18.14). Daarboven volgt een zout/kleisteen laag. Daarboven volgt een pakket van o.a. kleisteen, Kalk (Krijt). Het geheel wordt afgedekt door de zanden en kleien van de Noordzee formatie.

## 18.4.5 Welke stroom betreft het?

De stappen van het schema van figuur 18.3 worden per paragraaf besproken. Als eerste stap wordt aangegeven welke waterstromen in aanmerking komen.



Uit de afweging van de deelstromen in hoofdstuk 18.2 blijkt dat de NAM het voornemen heeft het injectiewater samen te stellen uit drie deelstromen:

- Productiewater;
- Teruggeproduceerde operationele vloeistoffen;
- Productiewaterachtige vloeistoffen.

In hoofdstuk 18.2.7 is toegelicht dat voor de deelstromen afzonderlijk geldt, dat het verwerken van de waterstroom aan het oppervlak zal leiden tot hogere kosten en meer milieubelasting. De doelmatigheidstoetsing richt zich in het vervolg van dit hoofdstuk niet meer op de deelstromen, maar op de gezamenlijke injectiewaterstroom.

### Operationeel afzonderlijke stromen?

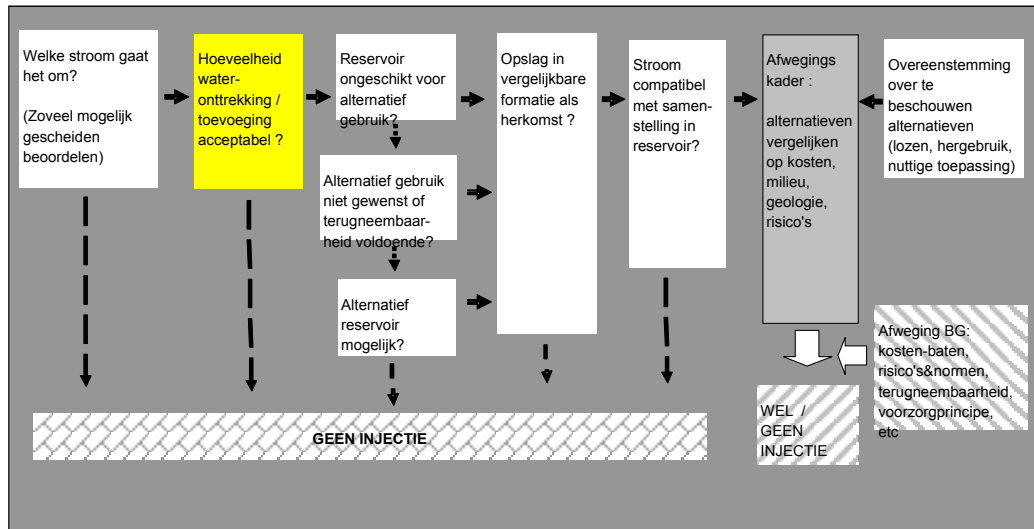
In hoeverre is het mogelijk de waterstromen afzonderlijk te behandelen?





Het scheiden van de teruggeproduceerde operationele vloeistoffen bij de winput, en separate verwerking, is technisch mogelijk. Hiervoor dienen bij de winputten aanpassingen gemaakt te worden. De vloeistof kan daarna per vrachtwagen afgevoerd worden. In het voorgenomen ontwerp van de winputten en de leidingen worden doodpompvloeistof en stimulatievloeistoffen echter samen met het productiewater naar de OBI afgevoerd in het olie-watermengsel. Het scheiden van beide stromen in de Oliebehandelingsinstallatie (OBI) is niet mogelijk.

#### 18.4.6 Hoeveelheid wateronttrekking / -toevoeging acceptabel?



#### Hoeveelheid water

Aangezien de hoeveelheid teruggeproduceerde operationele vloeistoffen en productiewaterachtige vloeistoffen minder dan 1% van de hoeveelheid injectiewater uitmaken, is de bijdrage van het productiewater bepalend. Dagelijks komt er gemiddeld tussen de 6.000 en 12.000 m<sup>3</sup> productiewater vrij. Op jaarbasis is dit ongeveer 3 miljoen m<sup>3</sup>. De totale hoeveelheid productiewater dat vrijkomt tijdens de oliewinning in Schoonebeek zal ongeveer 75 miljoen m<sup>3</sup> zijn. Uitgaande van een maximaal scenario is het ongeveer 100 miljoen m<sup>3</sup>. Het volume aan productiewater is naar verwachting redelijk constant gedurende het jaar.

#### Waterbalans biosfeer en reservoirs

Bij het oliereservoir wordt in 25 jaar circa 60 miljoen m<sup>3</sup> water in de vorm van stoom geïnjecteerd. De stoom is afkomstig van het effluent van de RWZI en wordt zodoende onttrokken aan de biosfeer. Uit het reservoir wordt een olie-watermengsel opgepompt. Het olie-watermengsel bedraagt in deze periode circa 94 miljoen m<sup>3</sup>, waarvan 19 miljoen m<sup>3</sup> olie en 75 miljoen m<sup>3</sup> productiewater. Netto wordt zodoende 15 miljoen m<sup>3</sup> water aan het reservoir onttrokken.

Bij waterinjectie in leeggeproduceerde gasvelden wordt 75 miljoen m<sup>3</sup> productiewater in de leeggeproduceerde reservoirs gebracht. Doordat het water uit het olie-watermengsel weer wordt geïnjecteerd, zal netto zodoende 60 miljoen m<sup>3</sup> water uit de biosfeer worden onttrokken en aan de reservoirs worden toegevoegd.



### Effect injecteren water op biosfeer

**Hoofdstuk 21** gaat uitgebreid in op de effecten op het milieuaspect water. Netto wordt een deel van het effluent van de RWZI Emmen geïnjecteerd in de ondergrond in plaats van geloosd op de Verlengde Hoogeveensche Vaart. Dit heeft tot gevolg dat het waterschap in natte perioden minder water hoeft af te voeren uit het watersysteem. In droge perioden zal extra aanvoer van water nodig zijn om de watergangen van voldoende water te voorzien. Bij de aanvoer van water in droge perioden kan een beperkte verhoging van onder meer chlorideconcentraties ontstaan.

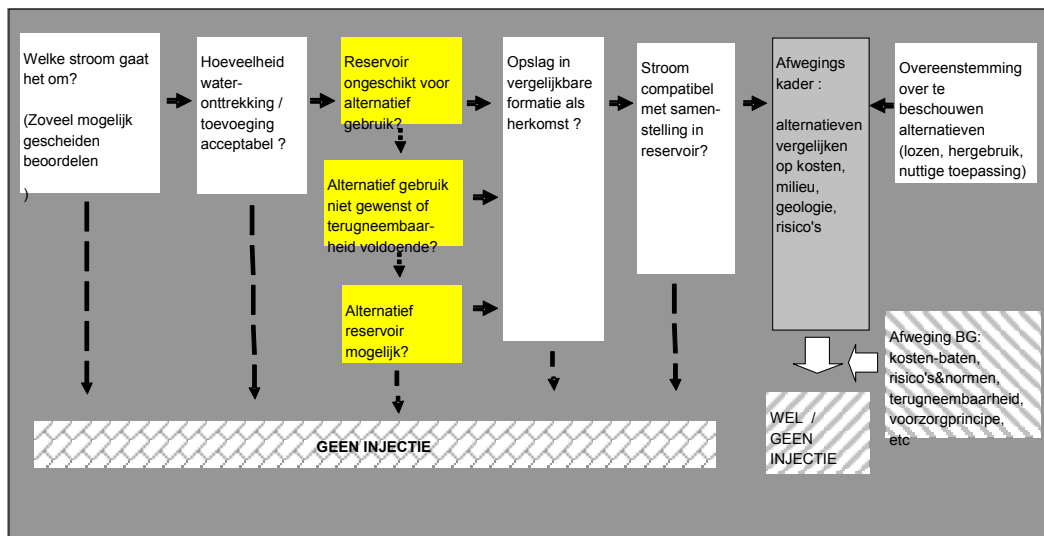
Toevoeging van het water aan de bijna leeggeproduceerde gasvelden wordt zodanig gedaan dat het water binnen de natuurlijke begrenzingen van het gasveld blijft. Op basis van drukmetingen en cumulatief geproduceerde hoeveelheden gas kan voor ieder gasveld worden bepaald hoeveel ruimte er beschikbaar is voor de opslag van water. Door de gasproductie is de druk in de gasvelden gedaald. Door waterinjectie gaat deze druk weer omhoog. Wanneer door waterinjectie de gemiddelde druk in het reservoir tot zijn oorspronkelijke waarde (van vóór aanvang van de gaswinning) is hersteld, zal er verder geen water meer geïnjecteerd worden. Op deze manier wordt er voor gezorgd dat het geïnjecteerde water evenmin uit het afgesloten gasveld kan ontsnappen als het oorspronkelijk aanwezige aardgas. Doordat het geïnjecteerde water binnen het van oorsprong gasvoerende reservoir blijft, beïnvloedt het verder de omgeving niet. Dit maakt de waterinjectie acceptabel.

Op basis van de hierboven beschreven redenering is vastgesteld dat er in de Twentevelden gezamenlijk voldoende ruimte is om het geproduceerde water te injecteren. Hetzelfde geldt voor de Drenthe velden gezamenlijk.

### 18.4.7 Alternatief gebruik voor reservoir

Vanuit het perspectief van het ontvangende reservoir zijn er drie vragen te beantwoorden:

- *Is het reservoir ongeschikt voor alternatief gebruik?*
- *Alternatief gebruik niet gewenst of terugneembaarheid onvoldoende?*
- *Is er een alternatief reservoir beschikbaar?*





### **Alternatief gebruik leeggeproduceerde gasvelden**

De (vrijwel) leeggeproduceerde gasvelden in Drenthe en Overijssel bestaan uit min of meer poreus gesteente, waarin door de winning van gas ruimte is ontstaan voor opslag van gasen of vloeistoffen. Hierbij kan worden gedacht aan opslag van gasen als CO<sub>2</sub> of methaan (aardgas) en winning van thermische energie, naast het injecteren van water.

Het bepalen van de voorkeursvolgorde tussen “concurrerende” gebruiken van lege gasvelden dient plaats te vinden in het kader van provinciaal en / of nationaal beleid (CE, “Met water de diepte in”). Onderstaand wordt de gehanteerde voorkeursvolgorde beschreven.

### **Voorkeursvolgorde gebruik van de ondergrond**

Uit de (inter)nationale ontwikkelingen rond gebruik en ordening van de diepe ondergrond (op 1 tot 10 km diepte) is vooralsnog geen strikte voorkeursvolgorde tussen gebruiksvarianten als winning en berging af te leiden. Dit is mede het gevolg van de ‘gelaagdheid’ binnen de materie (voorkeursvolgordes binnen de voorkeur). Tevens is een wederzijdse uitsluiting niet altijd aan de orde omdat de huidige keuzeruimte nog vrij groot is of typen gebruik elkaar in tijd op kunnen volgen. Wel kunnen uit de beleidsontwikkelingen anno 2006 reeds een aantal randvoorwaarden en (duurzaamheids)beginselen als leidraad gehanteerd worden:

1. Het nationaal beleid voor een ‘doelmatig beheer’ van olie- en gasreserves geeft – binnen de daartoe bestemde gebieden – de voorkeur aan een winning van koolwaterstoffen die niet wordt geïntervenieerd door een andersoortige winning of berging.
2. Een winning van koolwaterstoffen of aardwarmte die wordt gestimuleerd door een gelijktijdige berging van stoffen (zogenoeten ‘enhanced recovery’) heeft de voorkeur boven een berging van stoffen sec.
3. De bergingsfunctie voor gas of andere energiedragers (b.v. aardwarmte) heeft de voorkeur boven de berging van afvalstoffen als CO<sub>2</sub> of water.
4. De terugneembare bergingsvariant (mits daarmee geen bergingsrisico’s worden geïntroduceerd) heeft de voorkeur boven de definitieve berging.
5. Tenslotte dienen de voordelen van berging versus winning, dan wel berging versus andere verwijderopties in zowel milieuhygiënische als doelmatigheidszin op te wegen tegen de alternatieven.

Voor leeggeproduceerde gasvelden in Zuidoost-Drenthe en Twente bestaat nog geen beleid of concrete voornemens met betrekking tot een gebruik. Aangezien andere functies dan waterinjectie niet expliciet benoemd zijn of voor de hand liggen, worden deze reservoirs in het MER als mogelijke waterinjectielocaties getoetst. Onderstaand worden de vragen uit het afwegingsschema behandeld.

#### *Is het reservoir ongeschikt voor alternatief gebruik?*

Gebruik voor wateropslag is niet het enige mogelijke gebruik van een uitgeproduceerd gasveld. Uitgeproduceerde gasvelden kunnen, wanneer ze voldoen aan bepaalde randvoorwaarden, gebruikt worden voor CO<sub>2</sub> opslag, gasopslag of aardwarmte-onttrekking.

### **CO<sub>2</sub> opslag**

Technisch gezien lijkt het in de huidige situatie mogelijk CO<sub>2</sub> op te slaan in de Twentevelden. De velden liggen echter ver af van producenten (CO<sub>2</sub> bron) en CO<sub>2</sub> afnemer (bijvoorbeeld glastuinbouw). Dit brengt inefficiëntie in termen van schaalgrootte en transportafstand met zich mee. In de huidige situatie wordt geen gebruik van de Twentevelden voor CO<sub>2</sub> opslag voorzien.



### Gasopslag

Gasopslag dient om seizoenspieken in de vraag op te vangen of een buffer te vormen voor de dag- en nachtverschillen in gasverbruik. Voor gasopslag zijn de Twentevelden niet geschikt, aangezien een aantal Twentevelden zuur gas produceert. Wanneer zoet gas geïnjecteerd zou worden, vereist dat een nabewerking voordat het opnieuw (na opslag) gebruikt kan worden. In het algemeen geldt dat er, in navolging van CO<sub>2</sub> opslag, met name in Drenthe andere velden in de buurt van producenten en afnemers liggen, waardoor ze in principe geschikter zijn voor gasopslag.

### Aardwarmte

Voor het opslaan en winnen van aardwarmte, zouden de Twentevelden gevuld moeten zijn met formatiewater. Dit is niet het geval. Het is onwaarschijnlijk, ook na vulling met injectiewater, dat de Twentevelden in de toekomst voor een van deze toepassingen in aanmerking komen. Dergelijk mogelijk toekomstig gebruik wordt overigens niet onmogelijk gemaakt door de voorgenomen injectie.

#### *Alternatief gebruik niet gewenst of terugneembaarheid onvoldoende?*

Onderstaand wordt aangegeven in hoeverre alternatief medegebruik wenselijk is en de mogelijkheid van terugneembaarheid.

#### *- Alternatief medegebruik*

Alternatief gebruik in de vorm van gecombineerde opslag van water en CO<sub>2</sub> is theoretisch mogelijk. Technisch geeft dit nog wel complicaties. Afhankelijk van de temperatuur en de druk, zal een deel van het CO<sub>2</sub> oplossen in het water. Het andere deel blijft een vrij gas. Het mengsel van water en CO<sub>2</sub> zal corrosie tot gevolg hebben. Dit betekent dat extra investeringen noodzakelijk zijn in materiaalgebruik en het vervangen van materialen. Extra toevoeging van chemische anti-corrosiemiddelen is noodzakelijk. Een gecombineerde opslag is daarom ook vanuit milieu- en kostenoverwegingen niet aantrekkelijk.

#### *- Terugneembaarheid voldoende?*

Indien er sprake is van een sterke aquiferactiviteit, in de zin van expansie van de aquifer, kunnen de geïnjecteerde waterstromen niet meer als aparte waterstroom worden teruggenomen. Aquiferactiviteit in de Twentse velden is er nagenoeg niet. Dit is gebleken uit de dalende en niet herstellende druk in de reservoirs als gevolg van de gaswinning. Wanneer de druk niet of minder dan verwacht afneemt na gaswinning, duidt dit op aquiferactiviteit. De ruimte (poriën tussen de zandkorrels) die ontstaat door het onttrekken van gas, wordt dan namelijk (gedeeltelijk) gevuld met water.

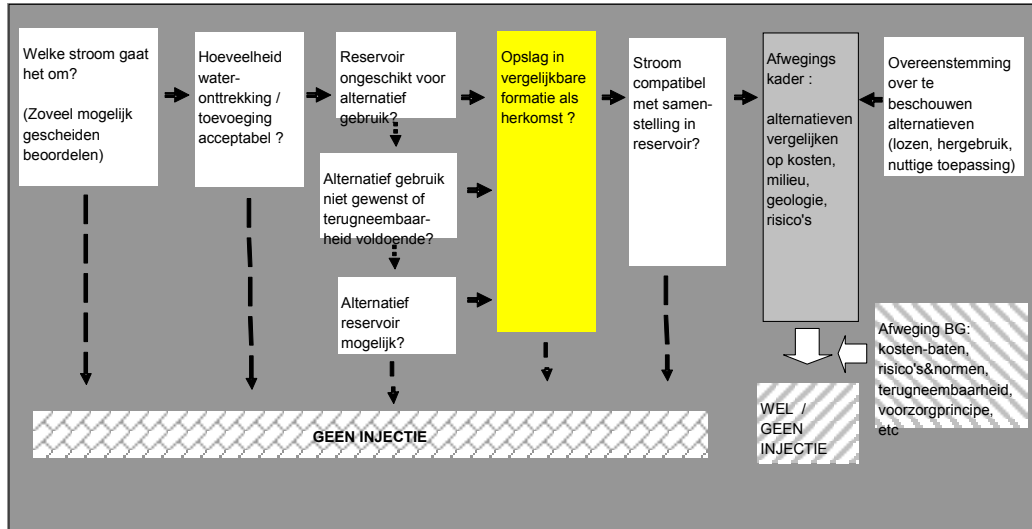
Het geïnjecteerde water in Twente is daarmee in principe terugneembaar. Het reservoir beschikt over een goede afdichting en heeft een bewezen goede integriteit. Het geïnjecteerde water kan opgepompt worden. Het geïnjecteerde water zal na injectie overigens wel mixen met het nog aanwezige formatiewater. Het is hierdoor niet mogelijk om 100% van het geïnjecteerde water terug te winnen. Het tijdsbeslag van het oppompen van het geïnjecteerde water zal ongeveer gelijk zijn aan het tijdsbeslag van het injecteren van het water.

#### *Is er een alternatief reservoir beschikbaar?*

Alternatieve reservoirs, binnen een redelijke afstand van het project, zijn gelegen in Zuidoost-Drenthe. In [paragraaf 18.4.3](#) is de geschiktheid voor waterinjectie van de Twentevelden vergeleken met de geschiktheid van de velden in Zuidoost-Drenthe.



### 18.4.8 Opslag in vergelijkbare formaties als herkomst?

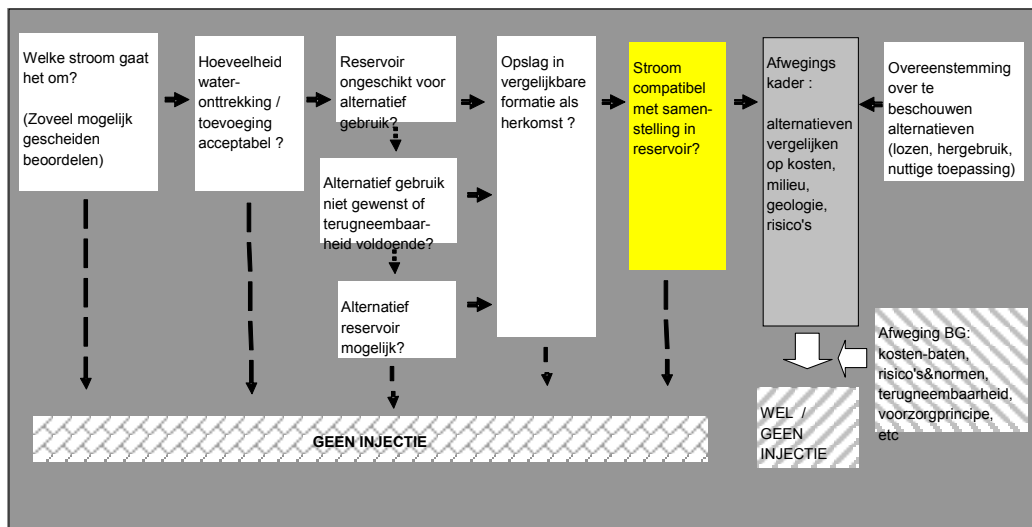


De olie wordt gewonnen uit de Bentheim formatie (Bentheim-zandsteen) op circa 800 m diepte.

In het geval van de Twentevelden zal de waterinjectie plaatsvinden in de Zechstein formatie (Zechstein-kalksteen) tussen 1.500 m en 3.000 m diepte. De velden in Zuidoost-Drenthe bestaan gedeeltelijk uit Limburg-zandsteen, Carboonformaties (Roswinkel) en gedeeltelijk uit een combinatie van zandsteen en kalksteenformatie.

De formaties zijn daarmee verschillend. Het zijn echter vergelijkbare formaties in de zin dat het afgesloten poreuze formaties zijn en van nature het vermogen hebben gassen en vloeistoffen (olie, water) op te slaan. Het is dus niet de bedoeling het injectiewater op te slaan in relatief ondiepe grondwaterlichamen, welke in contact staan met, of onderdeel uitmaken van de biosfeer.

### 18.4.9 Stroom compatibel met samenstelling in reservoir?





Injectie van productiewater, met de overige waterstromen, kan leiden tot verschillende (geochemische) processen, die ongewenste gevolgen voor de permeabiliteit, injectiviteit en integriteit van het reservoir kunnen hebben. Deze mogelijke effecten van het onderhavige voornemen kunnen onderverdeeld worden in kleizwelling en scalevorming.

#### *Kleizwelling*

Sommige in het zandsteen of kalksteen aanwezige kleideeltjes, met name bijvoorbeeld smectiet en illiet, hebben de eigenschap om met water te reageren. Uit onderzoek is gebleken dat illiet en smectiet in zeer lage concentraties voorkomen in de betreffende gesteenten. Hoge temperaturen in het verleden hebben er toe geleid, dat de deeltjes verdroogd zijn waardoor het zwellend vermogen zeer beperkt is.

#### *Scalevorming*

Scalevorming houdt in dat er een neerslag ontstaat, die een afzetting op de injectiebuis veroorzaakt en/of de permeabiliteit van de formatie negatief kan beïnvloeden. Er kan in potentie scaling plaats vinden van barium-sulfaat en calcium-carbonaat. Berekeningen geven aan dat de kans op scalevorming van deze stoffen klein is<sup>1</sup>. Deze kans wordt kleiner naarmate concentraties lager worden, doordat meer menging plaats vindt met het water van de stoominjectie.

Naar verwachting treden geen schadelijke chemische reacties op tussen stoffen in het injectiewater enerzijds en stoffen in het formatiegesteente of formatiewater anderzijds.

Het risico op ongewenste reacties van injectiewater met het formatiewater uit de Zechstein en Carboon formatie is derhalve niet aanwezig. Ook de anti-corrosiemiddelen veroorzaken geen chemische reacties met het aanwezige formatiewater of met het formatiegesteente.

### **18.4.10 Conclusie**

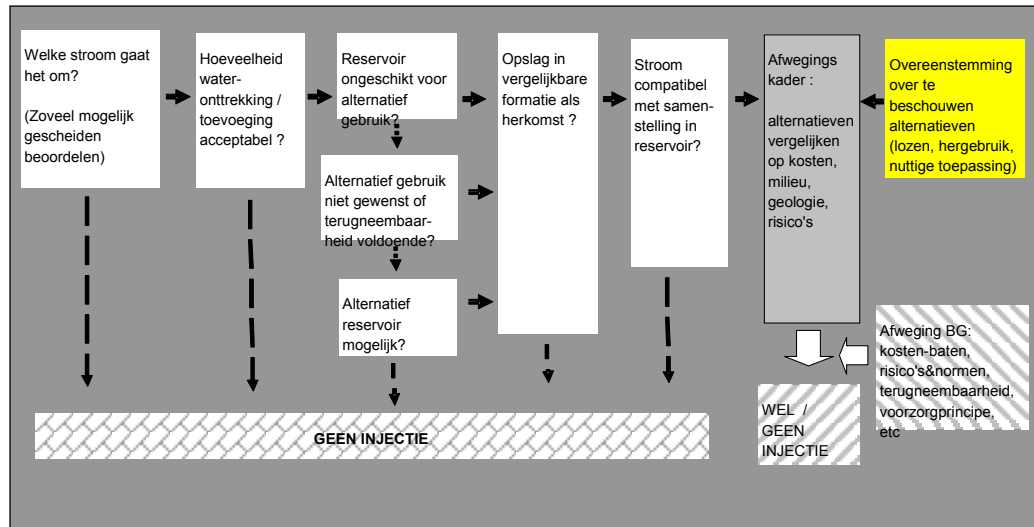
De NAM concludeert dat waterinjectie in de lege gasvelden in zowel Zuidoost-Drenthe als Twente voldoet aan de randvoorwaarden. Dit voornemen wordt derhalve aansluitend conform de afwegingsmethodiek vergeleken met twee andere alternatieven.

---

<sup>1</sup> Om de chemische compatibiliteit van het productiewater met het gasveldproductiewater en het formatiewater te voorspellen, is gebruik gemaakt van het programma ScaleChem versie 2.2. Hierbij is gebruik gemaakt van gegevens van watermonsters van het olieveld, SCH 313 – WTP gasveldproductie water en Zechstein formatiewater.



## 18.5 Selectie van alternatieven voor waterafvoer



Verschillende alternatieven voor de afvoer van water zijn in beschouwing genomen. Het betreft alternatieven met waterinjectie, voorzuivering van injectiewater en hergebruik van productiewater. Bij deze alternatieven zijn bepaald, nadat meerdere varianten van zuiveringstechnieken in beeld zijn gebracht (zie [bijlage 2](#)).

### 18.5.1 Overzicht van mogelijkheden

Voor het gedeeltelijk of geheel zuiveren van het injectiewater zijn verschillende technieken denkbaar. Er heeft een eerste verkenning plaats gevonden van de effectiviteit van de technieken. Daarbij zijn de volgende opties aan de orde gekomen:

Het alternatief met beperkte zuivering voor injecteren heeft drie varianten:

- Verdunnen;
- Membraanfiltratie;
- Verdamping.

Het hergebruik alternatief bestaat uit drie varianten:

- Hergebruik na ontzouten middels kristallisatie;
- Hergebruik na verdunnen en membraanfiltratie;
- Hergebruik na verdunnen en verdamping.

In [bijlage 2](#) zijn de varianten onderzocht en is de keuze per alternatief toegelicht.

### 18.5.2 Overzicht van alternatieven en varianten

De vier alternatieven zijn:

- Basisalternatief (BA), waarbij het injectiewater vanuit de OBI zonder verdere zuivering wordt geïnjecteerd in een combinatie van velden in Zuidoost-Drenthe;
- Voorkeursalternatief (VA), waarbij het injectiewater vanuit de OBI zonder verdere zuivering wordt geïnjecteerd in de Twentevelden;
- Hergebruik Alternatief (HA): Geen injectie van productiewater, het injectiewater wordt gezuiverd en hergebruikt of geloosd;
- Beperkt Zuiveren Alternatief (BZA): Beperkt voorzuiveren van injectiewater.





Doordat bij het hergebruik van productiewater voor de bereiding van stoom, geen waterfabriek nodig is en eveneens geen waterinjectie zal plaats vinden, moeten deze onderdelen voor een complete vergelijking worden meegewogen. In het onderstaand schema zijn de verschillende onderdelen weergegeven per alternatief.

Tabel 18.4. Overzicht vergelijking Basisalternatief en alternatieven

Onderdelen	Water Injectie <b>Basis Alternatief</b>	Water Injectie <b>Voorkeurs- Alternatief</b>	Geen water injectie <b>Alternatief HA</b>	Zuivering en injectie <b>Alternatief BZA</b>
Waterfabriek	Ja	Ja	Nee	Ja
Extra Zuivering na OBI	Nee	Nee	Ja Afvoer concentraat	Ja Afvoer concentraat
Waterinjectie	Ja – Zuidoost- Drenthe velden	Ja - Twentevelden	Nee	Ja - Twentevelden

## 18.6 Voorgenomen activiteit (voorkeursalternatief)

### 18.6.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt beschreven hoe waterinjectie plaats vindt bij het Voorkeursalternatief. Het injectiewater wordt vanuit de OBI naar een leeggeproduceerd gasveld gevoerd en daar geïnjecteerd. Bij het voorkeursalternatief wordt gebruik gemaakt van de Twentevelden.

De faciliteiten voor het totale waterinjectiesysteem bestaan uit:

- De centrale waterfaciliteiten die deel uitmaken van de OBI: waterpomp, koeler en injectiesystemen van chemische hulpstoffen.
- Het pijpleidingensysteem voor het watertransport, bestaande uit nieuwe en bestaande pijpleidingen.
- De waterinjectielocaties met de bestaande injectiebronnen, te gebruiken als injectieputten.
- Geen nieuwe infrastructuur, zoals toegangswegen.

Bij de aanleg, gebruik en onderhoud van de waterinjectiefaciliteiten, worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Waar mogelijk gebruik maken van bestaande leidingen en materialen op de injectielocaties.
- Minimaliseren van het aantal en de hoeveelheid te injecteren chemische middelen.
- Hergebruik van herplaatsbare pompeenheden inclusief de bijbehorende materialen op meerdere locaties.
- Optimaliseren van de inrichting van de waterinjectie zodanig dat de gasproductie zo lang mogelijk door kan gaan.

### 18.6.2 Locatiekeuze

Bij het voorkeursalternatief wordt gebruik gemaakt van de Twente-velden voor waterinjectie. De hierbij behorende locaties zijn bestaande locaties, waarvandaan in de huidige situatie gaswinning plaats vindt. Bij ieder gasveld zijn meerdere locaties in





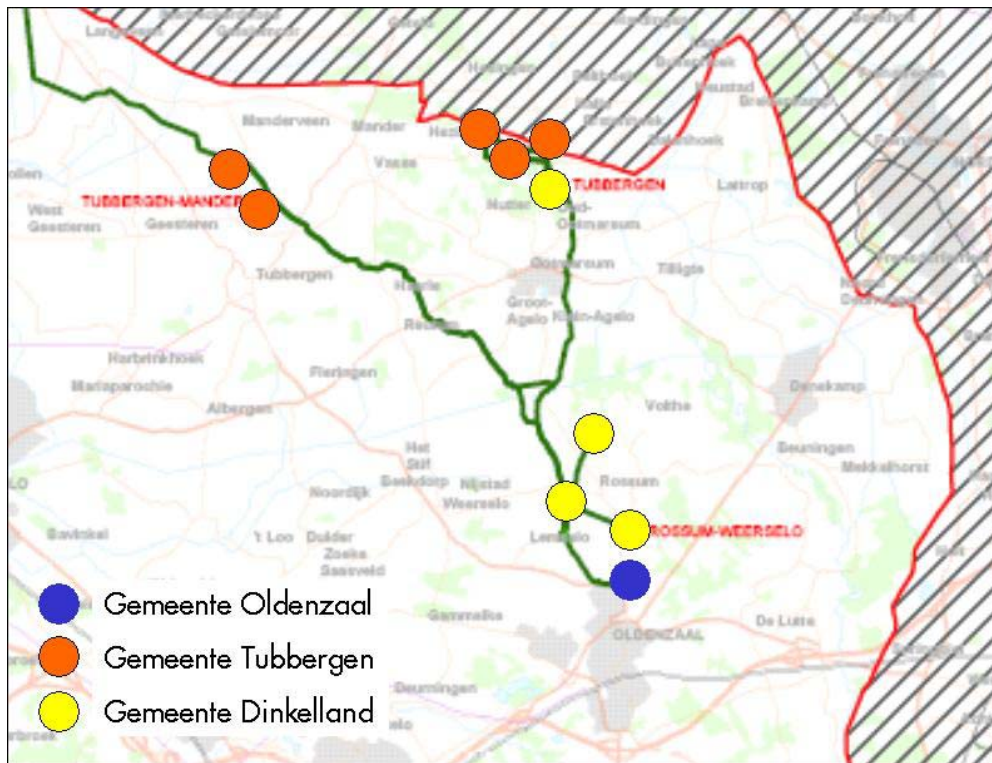
gebruik. Ter plaatse van de locaties bevinden zich gaswinputten, welke na aanpassingen kunnen worden benut voor waterinjectie.

De locaties bevinden zich in de gemeenten Oldenzaal, Dinkelland, Tubbergen en Twenterand en het waterschap Regge en Dinkel. Het betreft de locaties:

- Tubbergen-Mander;
- Rossum-Weerselo;
- Tubbergen.

### Fasering

Bij aanvang van de waterinjectie zal er worden geïnjecteerd in de gasvelden Rossum-Weerselo en Tubbergen-Mander en nog niet in het Tubbergen veld. Dit houdt verband met het feit dat het Tubbergen veld een grensoverschrijdend veld is en de exploitant van het in Duitsland gelegen deel van het veld verwacht tot circa 2010 uit dit veld te kunnen produceren. Gebruik van het Tubbergen veld voor waterinjectie zal enige jaren na aanvang van de waterinjectie in Twente toch nodig zijn. Op dat moment zal de derving van gasproductie voor de exploitant van het Duitse deel van het veld als gevolg van waterinjectie in Nederlandse Tubbergen putten naar verwachting minimaal zijn.



Figuur 18.5 Overzicht ligging waterinjectielocaties bij Rossum en Weerselo

## 18.6.3 Voorgenomen activiteit

### Inrichting waterinjectielocaties

Op de injectielocaties wordt het water door middel van een injectiepomp in de put gepompt. Per locatie zijn er maximaal drie geschikte injectieputten. De bestaande gasfaciliteiten op de injectielocaties zullen afgekoppeld worden bij de start van de waterinjectie en gereinigd en inert gemaakt worden met behulp van stikstof.



### **Aanpassen bestaande putten**

Het voornemen is om gebruik te maken van bestaande putten en geen nieuwe putten te boren voor waterinjectie. De putten op de bestaande injectielocaties hebben eerder als gasproducerende put dienst gedaan. De technische aanpassingen aan de putten voor waterinjectie zullen plaatsvinden volgens de algemene regels van de Mijnbouwwet.

De faciliteiten voor de waterinjectie worden bovengronds fysiek gescheiden geïnstalleerd van de afgekoppelde gasfaciliteiten. Ondergronds wordt gebruik gemaakt van dezelfde leiding. De fysieke scheiding bovengronds maakt het injectieproces eenvoudiger en maakt het mogelijk de gasfaciliteiten in een later stadium afzonderlijk te ontmantelen en te verwijderen. De waterinjectiefaciliteiten worden gebouwd op een verplaatsbare pompeenheid. Deze kunnen wanneer nodig verplaatst worden naar andere injectielocaties.

De belangrijkste elementen van de verplaatsbare pompeenheden zijn een injectiepomp en –motor, instrumentarium (o.a. voor aansturing, controle en veiligheid), hydraulische eenheid voor regelkleppen en afvoerfaciliteiten voor verontreinigd water. Voor het verzamelen van hemelwater kan gebruik worden gemaakt van de bestaande afvoerfaciliteiten.

### **Nieuwe waterinjectiepompen**

Het is de bedoeling met 10 nieuwe injectiepompen te injecteren. Na verwachting zijn er 9 daadwerkelijk nodig, zodat 1 pomp als reserve kan worden gehouden. Per put wordt met 1 pomp gewerkt. Dit vereenvoudigt de beheersing van het reguliere werk, waarbij rekening moet worden gehouden met het specifieke debiet per put.

De injectiepomp is een horizontale compacte meertraps centrifugaalpompe die boven de grond geplaatst wordt. Deze pomp produceert relatief weinig geluid en is efficiënt in elektriciteitsgebruik in vergelijking met conventionele centrifugale pompen. Het verwachte elektriciteitsverbruik is ongeveer 300 tot 350 kW. Er wordt getracht een minimaal aantal standaard pompeenheden te ontwerpen die kunnen worden toegepast op alle potentiële injectieputten.

Op de injectielocaties worden nieuwe leidingen aangelegd van de inkomende pijpleiding naar de waterinjectiepomp en van de waterinjectiepomp naar de aansluiting op de injectieput. De waterinjectiepomp wordt aangestuurd vanuit de OBI bij Schoonebeek. Dit betekent dat de locaties onbemand zijn en alleen bezocht worden voor onderhoud en inspectie.

### **Waterinjectie**

Bij het begin van de waterinjectie zal de tubing head druk klein zijn (0 – 5 bar). Na enige tijd zal het nodig zijn om te injecteren onder fracturing conditions om het totale wateraanbod te kunnen verwerken. Op dat moment zal de tubing head druk hoger zijn: tot 200 bar in de Tubbergen-Mander en Rossum-Weerselo putten en 250 bar in de Tubbergen putten. De druk op de bodem van de putten zal variëren van ongeveer 150 bar (bij het begin van de injectie) tot 460 bar bij injectie onder fracturing conditions in de Tubbergen putten.

Het water wordt geïnjecteerd in het reservoir totdat de gemiddelde reservoirdruk gelijk is aan de initiële reservoirdruk. Deze zal niet worden overschreden in verband met de waarborging van de reservoir-integriteit. Om voldoende water te kunnen injecteren zal het water onder fracture conditions worden geïnjecteerd (**zie paragraaf 18.6.4**).



#### 18.6.4 Waterinjectie en fracturing

Indien de omstandigheden dit toestaan, zal de injectiedruk geleidelijk worden verhoogd met als doel de instroom van het water in de put te vergemakkelijken. Deze instroom gaat sneller doordat bij de hogere waterdruk microscheurtjes ontstaan in de formatie rond de uitstroomopening van de injectieleiding waardoor het water sneller afgevoerd en opgenomen wordt. Dit wordt injectie onder 'fracturing conditions' genoemd.

De NAM heeft het voornemen om in de beginfase van het project het water te injecteren onder omstandigheden waar geen scheurtjes ontstaan. Op de lange termijn wordt overgegaan tot het injecteren onder 'fracturing conditions' om de injectiviteit van de put hoog te houden.

De NAM doet dit binnen de randvoorwaarde ter waarborging van de integriteit van het reservoir. Het zout dat bij de meeste reservoirs de afdekkende laag vormt, heeft twee eigenschappen die er voor zorgen dat de integriteit van het reservoir gegarandeerd is. De rekbaarheid (flexibiliteit) voorkomt scheurvorming in de zoutlaag. De geostatische druk (als gevolg van het ontbreken van porositeit) laat hogere leak-off druk toe naarmate de zoutlaag dikker is. Leak-off is een indicatie dat de spanning in een reservoir dusdanig hoog is, dat fractures in het reservoir kunnen groeien.

In Twente worden de Tubbergen en Rossum-Weerselo velden afgedekt door hoog integere zoutlagen. Data over druk (stress) geven een indicatie dat binnen de afdekkende zoutlagen de horizontale druk gelijk is aan de verticale druk. Dit voorkomt dat verticale fractures doorgroeien vanuit de Zechstein of Limburg formaties waarin wordt geïnjecteerd naar bovenliggende formaties.

Het Tubbergen-Mander veld wordt afgedekt door een ondoordringbare Anhydriet laag. Daarboven volgt een zout/kleisteel laag (Lower Bunter). Alhoewel het onwaarschijnlijk is dat fractures doorgroeien in de zout/kleisteel laag, zal nader onderzoek worden gedaan naar de maximale injectiedruk die mogelijk is zodat de integriteit van het reservoir gegarandeerd is bij injectie onder 'fracturing conditions'.

Tijdens de waterinjectie zullen metingen plaatsvinden om te controleren en te garanderen dat het geïnjecteerde water in het reservoir ingesloten blijft. De druk onder in de reservoirs wordt regelmatig gemeten. Dit zal gebeuren tijdens de onderhoudsperiodes. De druk boven in de putten zal frequenter worden gemeten (dagelijks of wekelijks). Indien er sprake is van nabijgelegen reservoirs zal ook daar drukmonitoring plaats vinden.

Wanneer injectie plaats vindt onder 'fracturing conditions' zullen grafische vergelijkingen gemaakt worden van de injectiedruk versus de hoeveelheid geïnjecteerd water als een indicatie van de reservoiromstandigheden. Ook wordt de temperatuur gemeten en vastgelegd. Wanneer bijvoorbeeld sprake is van een abnormale temperatuur buiten het injectiereservoir kan er sprake zijn van een doorbraak van het injectiewater en is ingrijpen noodzakelijk (zie paragraaf 18.9.5).

#### 18.6.5 Procesfasen en emissies

De emissies op de waterinjectielocaties naar het milieu zullen beperkt zijn. Dit komt omdat gebruik wordt gemaakt van een bestaande locatie waar in plaats van gaswinning waterinjectie zal plaatsvinden. De emissies worden besproken per fase van de waterinjectie:

- Aanlegfase: ombouwen van de bestaande locaties;



- Gebruiksfase: activiteiten voor de waterinjectie zelf;
- Gebruiksfase: onderhoud;
- Ontmanteling van de installaties na injectie.

#### **Aanlegfase: Ombouwen van de bestaande gaswinningslocaties**

De waterinjectiepomp wordt geassembleerd op een verplaatsbare pompeenheid. Deze pompeenheid wordt in de fabriek opgebouwd en in één keer geplaatst. Dit betekent dat de emissies naar het milieu tijdens de aanleg zeer beperkt zijn. Bij plaatsing van de pompeenheid en latere onderhoudswerkzaamheden wordt gebruik gemaakt van de bestaande aanvoerroute voor transport. Naast het plaatsen van de pompeenheid zullen op locatie kleinschalige graafwerkzaamheden nodig zijn voor het aanleggen van extra elektriciteitsaansluitingen en pijpleidingverbindingen.

De aanlegwerkzaamheden voor de waterinjectie worden gecombineerd met de afsluitingswerkzaamheden voor de gaswinning. Afsluiting gebeurt ondermeer door het inertiseren met behulp van stikstof. Hierbij zullen nauwelijks emissies naar de lucht plaatsvinden. Restmaterialen van de ombouw zullen zoveel mogelijk worden hergebruikt.

#### **Gebruiksfase: Activiteiten waterinjectie en onderhoud installaties**

Er zijn, op geluid na, nauwelijks continue emissies tijdens de waterinjectie zelf. Op de waterinjectielocaties is sprake van een gesloten proces. De aansturing en controle van de waterinjectie gebeurt vanuit de OBI, dus de locaties zijn onbemand.

De injectiepomp en de regelkleppen produceren geluid. De injectiepomp die gebruikt gaat worden produceert 85 dB(A) brongeluid, wanneer de motor wordt ingepakt met geluiddempend materiaal. De constructie voorkomt dat er sprake is van trillingen tijdens de injectie. De waterinjectieactiviteiten passen wat betreft de geluidsproductie binnen de vastgestelde geluidscontouren voor de bestaande gaswinningslocaties.

Er kan een geringe hoeveelheid water vrijkomen op de locatie zelf, bestaande uit regenwater en lekvloeistoffen. Regenwater wordt afgevangen in hoekbakken, die al op de locaties aanwezig zijn, en wordt op het lokale oppervlaktewater geloosd. De lekvloeistoffen wordt verzameld in een draintank en afgevoerd naar een bevoegd verwerker.

De installaties zullen bezocht worden voor controle- en onderhoudswerkzaamheden. Hierbij vinden geen emissies naar het milieu plaats.

Om de injectiecapaciteit op peil te houden, kan het noodzakelijk zijn om de putten te behandelen met een zuur. Dit wordt een putstimulatievloeistof genoemd, die bestaat uit HCl in combinatie met oplosmiddelen. Deze vloeistof zorgt ervoor dat olieresten en vaste deeltjes verwijderd worden. De verwachting is, omdat waterinjectie in Twente plaats vindt onder 'fracturing conditions', dat er weinig neerslag van olieresten en vaste deeltjes zal zijn (zie paragraaf 18.4). Periodieke stimulaties om de injectiviteit op peil te houden, zijn waarschijnlijk wel nodig. De frequentie van de putstimulatie is onzeker. Het voornemen is om het gemiddeld 1,5 keer per put per jaar te doen. Deze putstimulaties vinden ook tijdens de huidige gaswinning plaats.

#### **Calamiteiten**

Emissies naar het milieu kunnen optreden bij calamiteiten. Naar verwachting zullen de gevolgen van een calamiteit minder ernstig zijn dan in de huidige situatie, omdat nu water vrijkomt in plaats van zuurgas (H<sub>2</sub>S).



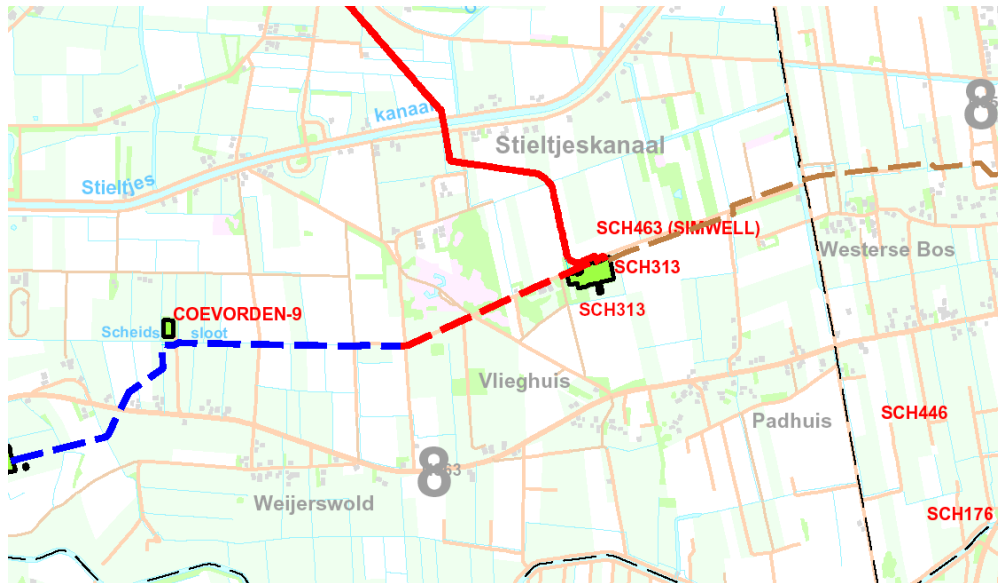
Mogelijke calamiteiten op locatie zijn lekkages of wegstromen van injectiewater bij breuken in aansluitpunten en leidingen. De mogelijke milieugevolgen hiervan op bodem en water worden beschreven in de **hoofdstukken 20 en 21**. Een calamiteit van een andere orde is het wegstromen van het productiewater uit de reservoirs. Hier wordt verder op ingegaan in **paragraaf 18.8.5**.

#### Ontmanteling van de installaties

Bij de installatie is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van procesonderdelen die herplaatst en dus opnieuw gebruikt kunnen worden. Ook de materialen kunnen na bedrijfsbeëindiging grotendeels worden hergebruikt. Het overige materiaal wordt gecontroleerd verwijderd. De sluiting en de effecten daarvan worden beschreven in het sluitingsplan zoals het Mijnbouwbesluit voorschrijft.

### 18.6.6 Watertransportleiding

Het voornemen van de NAM is om gebruik te maken van de bestaande hoofdtransportleiding voor gas van de Twentelocaties naar de GZI in Emmen. Alleen het noordelijk deel van de hoofdtransportleiding blijft in gebruik voor het transport van gas, onder andere voor de gaswinningslocaties Collendoornerven en locaties bij Coevorden. Daarom wordt over een lengte van 16 km een nieuwe pijpleiding aangelegd van de OBI bij Schoonebeek naar de bestaande NAM-locatie De Hulte bij Coevorden.



Figuur 18.6 Overzicht ligging waterafvoerleiding, nieuw aan te leggen tracé (rood gestreept)

Bij de aanleg van de nieuwe pijpleiding naar de Hulte is gekozen voor een tracé dat ten zuiden van Coevorden langs de Duitse grens loopt (**zie kaart 10 in de kaartbijlage**). Dit is een ondergrondse leiding met een doorsnede van circa 35 cm., gemaakt van staal of met glasvezel versterkt epoxy<sup>2</sup>. Deze materialen zijn bestand tegen de samenstelling, temperatuur en druk van het productiewater. Aan de zuidzijde van Coevorden (locatie de Hulte) zal deze leiding aangesloten worden op de bestaande hoofdtransportleiding. De bestaande leiding is een koolstof stalen leiding met een doorsnede van circa 35 cm.

De bestaande leiding is ontworpen voor een gasdruk van 66,2 Bar. De maximale en minimale temperatuur is respectievelijk +50 °C tot – 20 °C. De druk op de leiding bij

<sup>2</sup> Dit materiaal wordt ook wel Glass Reinforced Epoxy (GRE) genoemd.





waterinjectie zal maximaal 40 Bar zijn, dus lager dan de huidige gasdruk. Ter preventie van corrosie door het water zal een anti-corrosiemiddel worden toegevoegd. Voor distributie van het productiewater door de hoofdtransportleiding naar de injectielocaties zullen verschillende tussenverbindingen worden gemaakt met bestaande pijpleidingen.

#### **Injectiewater vanuit de OBI**

Vanuit de oliebehandelings-faciliteiten OBI wordt het water - waaruit de olie zoveel mogelijk verwijderd is - in de skimtank van de OBI verzameld. Het water heeft dan een temperatuur van 80 à 90 °C. De totale waterinjectiestroom wordt vervolgens gecontroleerd en gestuurd met behulp van het waterniveau in de skimtank.

Corrosie door zuurstof is één van de grootste bedreigingen voor de integriteit van het waterinjectiesysteem. Om deze reden wordt een anti-corrosiemiddel toegevoegd aan het injectiewater. Het water wordt vervolgens ter plaatse van de OBI gekoeld tot 50 °C, omdat de bestaande hoofdtransportleiding is ontworpen voor temperaturen van maximaal 50 °C.

### **18.6.7 Emissie bij transport van productiewater naar waterinjectielocaties**

Het transport van het injectiewater naar de waterinjectielocaties vindt plaats door nieuwe en bestaande pijpleidingen. De emissies tijdens de aanlegfase zullen alleen optreden bij de aanleg van de nieuwe pijpleiding. Emissies in de gebruiksfase zijn er alleen in het geval van calamiteiten, bijvoorbeeld bij een lekkage, waardoor injectiewater in de bodem dringt.

In het algemeen geldt dat de gevolgen van het vrijkomen van injectiewater in termen van humane risico's en kwaliteit van de lucht minder ernstig zullen zijn dan de gevolgen van het vrijkomen van gas, waarvoor de bestaande leidingen in de huidige situatie worden gebruikt. Wel ontstaat er in dat geval een groter risico op bodemverontreiniging. De beheersing daarvan is beschreven in [hoofdstuk 20](#).

Na bedrijfsbeëindiging worden de pijpleidingen (in-situ) opnieuw gebruikt of verwijderd.

### **18.6.8 Calamiteiten**

De waterafvoerleiding naar de Twente velden maakt vanaf afsluiterstation de Hulte gebruik van bestaande leidingen. Het trace van de OBI naar de Hulte wordt deels langs een bestaande leiding aangelegd en is deels (vanaf de OBI) nieuw aan te leggen. Ten aanzien van calamiteiten geldt het volgende:

#### **Verandering van vloeistof transport**

Momenteel wordt het gewonnen gas uit de Twentevelden via de transportleiding afgevoerd. Het is zuur gas, inclusief condensaat. Het injectiewater bestaat uit verschillende stoffen, maar moet in hoofdzaak als "zoutwater" wordt gezien.

#### **Mogelijke lekkage**

De pijpleiding ligt op circa 1,5 meter onder maaiveld. Lekkage kan ontstaan doordat de leiding wordt aangetast door de vloeistof in de pijpleiding. Daarnaast kan een leiding gaan lekken door externe factoren, bijvoorbeeld door landbouwwerkzaamheden of graafwerkzaamheden door derden.



### **Herkennen van een lekkage**

De waterexportleiding kan ofwel lek raken ofwel catastrofaal falen. In geval van een klein lek, meestal het gevolg van interne of externe corrosie, is het niet uitgesloten dat de lekkage pas na langere tijd wordt opgemerkt. Bij een lekkage zal de druk van de leiding amper afnemen. Het is dan ook niet waarschijnlijk dat een lek wordt gedetecteerd door een afname van de vloeistofdruk. Indien zoutwater in de ondergrond komt, zal in de directe omgeving worden beïnvloed. De begroeiing wordt aangetast. De stroomsnelheid van grondwater is bijzonder gering, in de orde van grootte van een aantal meter per jaar.

Leidingbreuk is veelal het gevolg van graafwerkzaamheden door derden (onbekend met de ligging van de leiding), maar kan ook optreden als gevolg van een materiaaldefect of van extreme corrosie. In geval van leidingbreuk kan er instantaan een grote hoeveelheid relatief zout productiewater vrijkomen. De hoeveelheid zal onder meer afhangen van het hydraulisch profiel van de leiding. Omdat de leiding gemeten vanaf de OBI via afsluiterstation De Hulte richting injectielocaties geleidelijk omhoog loopt, bestaat de mogelijkheid dat de gehele inhoud van de leiding na de breuk terug zal stromen (ca.  $160\text{m}^3/\text{km}$ ). Zeer waarschijnlijk zal een leidingbreuk resulteren in een (plotselinge) drukverlaging aan de perszijde van de waterexportpomp op de OBI. Een lage druk op de OBI resulteert op dit moment alleen in een alarmering; tijdens het gedetailleerd ontwerp zal nog nader worden onderzocht of dit lage druk signaal ook moet worden gekoppeld aan een automatische pompstop. Deze automatische actie kan de hoeveelheid productiewater die in geval van leidingbreuk vrij kan komen uit het leidingdeel voor de breuk met ca.  $7\text{m}^3/\text{minuut}$  verminderen.

Een lage leidingdruk wordt ook gedetecteerd op de diverse waterinjectie locaties; hier zal lage druk resulteren in het stoppen van de injectiepomp en het sluiten van de pomp inlaat en uitlaat afsluiters. Verder bestaat er in Nederland een landelijk kabel en leidingen informatie centrum (KLIC) waar derden navraag kunnen doen over de juiste ligging van kabels en leidingen in het gebied waar moet worden gegraven.

### **Kwetsbare gebieden**

Bij een lekkage kan vloeistof in de bodem terecht komen. Afhankelijk van het gebruik van de bodem en functies in de omgeving zal dit als een groter of minder groot effect gezien worden. Eenmaal in de bodem zal de vloeistof worden beïnvloed door de grondwaterstroming. De leiding bevindt zich binnen of nabij kwetsbare gebieden. Dit zijn natuurgebieden en grondwaterwinningen voor de bereiding van drinkwater. Indien hier vloeistof uit de pijpleiding in het gebied terecht komt, zijn de effecten groot. NAM zal de activiteiten in het kader van preventie duidelijk en controleerbaar uitvoeren. Hiervoor wordt een preventieplan opgesteld.

### **Preventie**

De preventie richt zich op beide mogelijke oorzaken van een lekkage.

De waterexportleiding bestaat uit twee delen. Het eerste deel van de OBI naar de bestaande NAM locatie De Hulte is nieuw en gemaakt van met glasvezel versterkt epoxy (GRE). Voor het tweede deel van De Hulte naar de diverse waterinjectie locaties wordt gebruik gemaakt van het bestaande zuurgas evacuatiesysteem; de ze leidingsectie is van koolstofstaal (CS). De ontwerpdruk van deze 18" CS leiding zal worden verlaagd van 66,2 barg naar 40 barg (nog goed te keuren door een "notified body"; bv. Stoomwezen of Lloyds), waardoor een groter deel van de wanddikte kan worden toegekend aan de reeds bestaande corrosietoeslag voor deze leiding. Verder zal er ter voorkoming van corrosie in deze leidingsectie corrosie inhibitor worden geïnjecteerd op de OBI. Deze maatregelen,





in combinatie met een onderhoud en inspectieprogramma moet de kans op een mogelijke lekkage tot een minimum terugbrengen.

De kwaliteit van de pijpleiding wordt regelmatig gecontroleerd van binnenuit met meetapparatuur. Om te voorkomen dat de leiding beschadigd raakt door werkzaamheden, worden de grondeigenaren middels een brief geattendeerd op de ligging van de leiding. In het landschap wordt de ligging van de leiding niet gemarkeerd.

### **Monitoring**

Rondom de leiding vindt periodieke monitoring plaats om vast te stellen of mogelijke lekkage is opgetreden. Hiervoor wordt regelmatig een inspectieronde gehouden. Looprondes met visuele inspectie vinden ieder jaar plaats. Daarnaast zijn de grondgebruikers op de hoogte van de ligging van de pijpleiding en worden gevraagd eventuele onregelmatigheden te melden.

### **Saneren**

Indien een lekkage is opgetreden en in de omgeving zoutwater voor komt, zal dit water worden weggepompt en eventuele verdere sanering plaatsvinden tot dat geen effect meer overblijft.

## **18.7 Overige alternatieven**

### **18.7.1 Basisalternatief**

Het basisalternatief heeft dezelfde opzet als het voorkeursalternatief, maar maakt gebruik van de gasvelden in Zuidoost-Drenthe en de daarbij behorende locaties. Doordat waterinjectie in het basisalternatief plaatsvindt in zeven verschillende gasvelden, zijn meer aanpassingen nodig aan de transportleidingen.

### **18.7.2 Hergebruik Alternatief (HA, Geen injectie van water)**

Indien geen injectie plaatsvindt van het water dat de OBI verlaat, zal het water gezuiverd moeten worden. Nadat het water is gezuiverd kan het worden geloosd op het oppervlaktewater. Bij een verdergaande zuivering kan het water weer als ultrapuur water worden aangeboden aan de WKC, waarmee de aanleg van de waterfabriek overbodig is. Het is echter lastig een geschikte waterzuivering bij dit alternatief uit te werken, vanwege de hoge zoutgehalten, sterke variatie in waterdebiet en de hoge temperatuur van het water. Onderstaand is een zo realistisch mogelijke uitwerking van deze vraag gegeven. Kritische parameters voor het zuiveren van productiewater zijn olieresten, de hardheid (Ca, Mg), het zoutgehalte en het silica gehalte.

Het "Hergebruik Alternatief" bestaat uit twee elementen:

- Geschikte zuivering, om er voor te zorgen dat het water kan worden geloosd of hergebruikt;
- Verwijdering van restproduct.

#### **Waterzuivering tot ultrapuur water, te gebruiken als ketelvoedingwater voor WKC**

De benodigde waterzuivering bestaat uit de volgende stappen:

- Eerste zuivering bij scheiding van olie in OBI;
- Ontharding;
- Silica verwijdering.



### *Olieverwijdering OBI*

Productiewater is vanwege olieresten en het hoge zoutgehalte niet zomaar toepasbaar als ketelvoedingwater. Productiewater dat naar de behandelingsinstallatie van de OBI komt, zal naar verwachting meer dan 100 mg/l vrije olie bevatten. Deze olie moet eerst verwijderd worden. Het proces van het verwijderen van olie vindt plaats in drie stappen:

- Stap 1: Olieverwijdering door zwaartekrachtscheiding (schraaptanks leveren water met restolie gehalte tussen 100-200 mg/l).
- Stap 2: Olieverwijdering door gasinjectie (IGF levert water met een rest oliegehalte van 10-25 mg/l).
- Stap 3: Olieverwijdering door filtratie (filter gemaakt van notendoppen levert olievrij water).

### *Ontharding*

Precipitatie en aanslag van calciumcarbonaat op hoge watertemperatuur is de reden voor ontharding van ketelwater. Voor het ontharden van water kan gebruik gemaakt worden van een kalksoda-ontharder. Kalk wordt gedoseerd t.b.v. aanpassing van de (pH $\geq$ 10), terwijl Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> as wordt gedoseerd t.b.v. neerslaan van calcium(carbonaat) .

Efficiënte ontharding en silica verwijdering zijn ook voorwaarden voor efficiënte en probleemloze ontzouting. Bij ontzoutingsprocessen leveren calcium en silica scaling namelijk grote problemen bij de bedrijfsvoering van de installaties. De variërende kwaliteit van het injectiewater impliceert de behoefte om de ontharding (en eventueel navolgende ontzouting) vaak en tijdig aan te passen.

### *Silica verwijdering*

Hoge concentraties silica boven het verzadigingspunt leiden tot verglazing van vlampijpen (in de ketels). Dit kan tot zeer gevaarlijke situaties leiden en is dus ongewenst. De oplosbaarheid van silica neemt toe bij de toename van de temperatuur. De temperatuur in de oliereservoirs neemt toe door de stoominjectie. In de praktijk betekent dit dat bij een dalende TDS-gehalte door de stoominjectie, het silica-gehalte zal toenemen. Voor hergebruik geldt dat het silica-gehalte niet hoger mag zijn dan 120 mg/l. Uitgangspunt gebaseerd op vergelijkbare ervaringen in Californië en Canada is een gestabiliseerd silica gehalte van 200-250 mg/l in de productiewaterstroom. Voor deze studie is uitgegaan van een silica concentratie van 200 mg/l.

Silica verwijdering vindt plaats in de kalksoda ontharder (pH  $\geq$  10, temperatuur boven 60 °C, bij voldoende contact tijd) door adsorptie op magnesium hydroxide. Deze wordt dan met het kalkslib verwijderd. Silica verwijdering is essentieel voor het efficiënte verloop en bedrijfsvoering en onderhoud van het ontzoutingsproces (RO of verdamping).

### *Ontzouting*

Het probleem met zouten is dat bij het verhitten en verdampen van water de zouten achterblijven in de vorm van een aanslag (scaling). Dit vermindert de warmte overdracht en kan zelfs tot gevaarlijke situaties leiden in vlampijpen in de ketels. Het zoutgehalte wordt uitgedrukt in TDS (Total Dissolved Solids).

Afhankelijk van de te genereren stoomkwaliteit, mag de TDS in het ketelvoedingwater maximaal 10.000 mg/l (natte stoom productie) of 0 mg/l (droge stoom productie) bedragen. Twee verschillende behandelingen kunnen resulteren in acceptabele TDS waarden voor gebruik van een deel van het productiewater als ketelvoedingwater. Dit zijn ontzouten en verdunnen. In deze studie werd uitgegaan van ontzouting en hergebruik van het productiewater voor droge stoomproductie (zoutvrij water) gedurende de hele exploitatieperiode.



Ontzouting van het water dat al behandeld is in de OBI en in de onthardingsunit geschiedt door toepassing van MVC technologie. Uitgangspunt is dat de TDS in de resulterende brijn niet boven 225.000 mg/l ligt. Deze beperking is gerelateerd aan een te hoog energieverbruik en de waterchemie (het voorkomen van precipitatie van scaling veroorzakende zouten).

Het ontzoute water bevat nog steeds beperkte concentraties zouten (TDS < 20 mg/l). Polijsten van de waterkwaliteit en verwijderen van deze restzouten geschiedt door middel van ionenwisselaars. Hierdoor ontstaat zoutvrij water dat voor droge stoomproductie ingezet kan worden.

Het resulterende bijproduct, brijn, wordt behandeld door middel van een kristallisatie unit. Hier wordt water van een redelijk goede kwaliteit van de harde afval (gekristalliseerd zout) gescheiden. Een harde afvalstroom van gemiddeld 50.000 t/jaar moet extern verwerkt worden. De grootste hoeveelheden gekristalliseerde zouten treden op in de eerst vijf exploitatiejaren. (grootste debieten en hoge TDS concentraties). Het teruggewonnen water kan worden gerecirculeerd en na polijsten (MVC en/of ionenwisselaars) worden hergebruikt.

#### **Effecten en afvoer van restproduct**

Tijdens de ontzouting en brijn indikking worden chemicaliën toegepast. Ook is het van belang om rekening te houden met de noodzaak van de toepassing van koelingwater en eventuele luchtmissies uit de MVC unit(s). Omdat er sprake is van energie-intensieve processen (hoog energieverbruik) moet rekening worden gehouden met de milieueffecten gerelateerd aan energieproductie. Daarnaast moet er rekening worden gehouden met de eventuele afvoer cq. storten van het harde afval uit het kristallisatieproces (zout). Idealiter zou het gekristalliseerde zout vermarkt of kostenneutraal verhandeld worden. Voordeel van deze aanpak is dat de resulterende brijn- en hard afval- stromen maximaal beperkt worden.

### **18.7.3 Beperkte Zuivering Alternatief (BZA)**

Als alternatief voor het injecteren van de uitgaande waterstroom uit de OBI, kan deze waterstroom eerst beperkt gezuiverd worden. Het doel van de zuivering is zoveel mogelijk te voorkomen dat toegevoegde stoffen, zoals mijnbouw hulpstoffen, in de ondergrond terecht komen.

Als uitwerking van dit alternatief is van belang:

- Wat zijn de belangrijkste toegevoegde stoffen, wat zijn verder milieuonvriendelijke stoffen en komen er winbare stoffen in voor die geschikt zijn voor hergebruik;
- Welke zuiveringstechnieken zijn beschikbaar om tegen niet al te veel kosten deze stoffen uit het injectiewater te halen (zonder uit te komen op een complete zuivering zoals bij het Hergebruik Alternatief).

#### **Belangrijkste stoffen in injectiewater**

In het productiewater kunnen twee typen toegevoegde stoffen onderscheiden worden:

- Stoffen toegepast om de integriteit van het systeem te bewaken en optimale bedrijfsvoering, bedrijfszekerheid en levensduur van installaties te waarborgen (zoals b.v. de corrosieremmer en zuurstofbinder);
- Stoffen zoals de-oliërs en/of demulsifier chemicaliën, die ter bevordering van het olie/waterscheidingproces in de OBI worden toegepast.



De eerste groep toegevoegde stoffen is noodzakelijk voor een goed functioneren van de installaties. Het alternatief is er op gericht vooral de tweede groep stoffen uit het injectiewater te verwijderen. Het betreft chemicaliën (50-75 mg/l van demulsifier) toegepast ter bevordering van het oliescheidingproces. Bij dit alternatief is er van uitgegaan dat, onafhankelijk van de oplosbaarheid, toxiciteit en biologische afbreekbaarheid van gebruikte zuiveringschemicaliën, het ongewenst is deze restchemicaliën te injecteren.

### **Stofkenmerken**

De oplosbaarheid van demulsifiers is afhankelijk van het moleculaire gewicht. In de meeste gevallen hebben deze stoffen een lager toxiciteitsniveau bij inname of huidblootstelling. De aquatische toxiciteit is typisch laag en veel van deze producten zijn biologisch afbreekbaar. Voor dit onderzoek is uitgegaan van een goede oplosbaarheid en hoge concentratie van demulsifiers in het productiewater.

### **Mogelijke zuiveringstechnieken**

De toepassing van biologische zuivering ten behoeve van verwijdering van deze stoffen is beperkt door de hoge zoutgehalten in het water. Dit impliceert een fysisch-chemische zuivering van het actief koolfiltratie type (adsorptie van organische stoffen). Efficiënte toepassing van actief koolfiltratie is sterk afhankelijk van de hoeveelheden restolie in het productiewater na de grove- olie verwijdering (orde van grootte 100-200 mg/l). Een snelle verzadiging en (frequente) kostbare vervanging van de kool, veroorzaakt door restolie, is niet gewenst. Daarom is uitgegaan van volledige olie verwijdering in de OBI, volgens het oorspronkelijk conceptueel ontwerp (IGF en filtratie). Olivrij productiewater wordt verder behandeld door actief koolfiltratie ten behoeve van verwijdering van de toegevoegde demulsifiers.

Op deze manier zouden de toegevoegde zuiveringschemicaliën (OBI) en restolie uit het te injecteren water verwijderd worden. Chemicaliën worden echter opnieuw ten behoeve van voorkoming van corrosieverschijnselen binnen de waterinjectie infrastructuur gedoseerd. Het wordt aangenomen dat het zuur, loog of andere chemicaliën (zouten) worden gedoseerd. Dit impliceert dat aan de hand van de dosering van chemicaliën ten behoeve van corrosiecontrole van de injectieinfrastructuur het zoutgehalte van geïnjecteerd water zal stijgen. Uitgangspunt is dat er geen schadelijke chemicaliën ten behoeve van corrosiecontrole aan het injectiewater worden toegevoegd.

## **18.8 Beoordeling van de alternatieven**

### **18.8.1 Kader**

Zoals bovenstaand aangegeven bestaat het beoordelingskader uit vier aspecten, te weten:

- Kosten (investeringskosten en operationele kosten);
- Milieu (LCA berekening);
- Risico korte termijn (operationele risico's);
- Risico lange termijn (na afronding van het project).

Onderstaand worden de vier aspecten zo goed mogelijk in beeld gebracht en worden de bevindingen afgewogen. De totale projectperiode zal naar verwachting circa 25 jaar bedragen, maar kan mogelijk langer duren. Bij de onderstaande berekeningen is uitgegaan van een maximale periode van 30 jaar.



## 18.8.2 Kostenberekening

### Uitgangspunten kostenberekeningen

De kosten worden bepaald aan de hand van investeringskosten en operationele kosten. Daarbij komen tevens milieukundige aspecten aan bod, zoals energie, chemicaliën en afvalstoffen. De kosten bij het voorkeursalternatief zijn redelijk goed bekend. Voor de overige alternatieven is een zo realistisch mogelijke inschatting gemaakt. De berekeningen zijn daarvoor met de volgende uitgangspunten uitgevoerd:

- De kostenberekeningen zijn gebaseerd op benchmark kosten voor verschillende zuiveringstechnieken uit recente turn-key contracten en leveranciers informatie;
- Er is uitgegaan van een omrekening waarbij 1 € overeenkomt met 1,2 US\$;
- De berekening van investeringen voor de installaties is gedaan op basis van een flexibele modulaire installatie met een capaciteit van 2 keer 1.200 m<sup>3</sup>/dag om de variatie gedurende het project op een haalbare manier op te kunnen vangen;
- De exploitatiekosten zijn berekend op basis van een vaste jaarlijkse debiet gedurende 30 jaar;
- De kostenberekeningen zijn gebaseerd op 2% inflatie en 7% rente;
- De kosten zijn berekend op basis van de Present Value methode.

### Overzicht kosten

**Tabel 18.3** geeft een overzicht van de investeringskosten en de exploitatiekosten (op jaarbasis) voor de verschillende alternatieven. Het geeft ook een overzicht van de levenscyclus kosten (Present Value methode) voor de verschillende alternatieven voor een periode van 30 jaar.

De investeringskosten voor de aanpassing van waterinjectielocaties en injectiewater aanvoerleidingen zijn gebaseerd op informatie van de NAM. Het gaat om te maken kosten om bestaande en nieuwe infrastructuur geschikt te maken voor waterinjectie en het plaatsen van injectiepompen en faciliteiten op de waterinjectielocaties. De investeringskosten voor gedeeltelijke of gehele waterzuivering zijn gebaseerd op expert judgement, waarbij vooral ervaringscijfers uit de waterleidingwereld zijn benut.

De exploitatie kosten bestaan uit operationele kosten, zoals voor kosten benodigde chemicaliën. Tevens worden de kosten geraamd van het energieverbruik van de verschillende ontzoutingssystemen (verschillende capaciteiten van verdamping en kristallisatie), en vooral de (hoge) kosten van afhandeling van de ontstane hard afval stromen (slib en gekristalliseerd zout). Daarnaast is rekening gehouden met onderhoudskosten. In **bijlage 2** wordt nader ingegaan op de kostenraming. Aangezien het buitengewoon complexe en uitgebreide installaties zijn, heeft de kostenraming een indicatief karakter. Het is vooral van belang om de verschillen tussen de opties zichtbaar te maken. Het is in **tabel 18.5** zijn de geraamde kosten samengevat.



Tabel 18.5. Overzicht van de kosten per alternatief

Variant	Eenheid	Basis alternatief	Volledige zuivering	Beperkte zuivering	Voorkeurs alternatief
Investeringen					
Ontziltinstallatie	M Euro		67,28	21,6	
Inrichting injectielocatie en leidingen	M Euro	140		37	37
Totaal investeringskosten	M Euro	140	67	59	37
Exploitatiekosten					
Energie	M Euro/jaar	2,76	5,97	2,77	1,10
Chemicaliën & overige verbruiksgoederen	M Euro/jaar	1,92	5,10	4,06	1,89
Reststromen afvoer en/of behandeling	M Euro/jaar	0,26	5,59	0,38	0,13
Menskracht	M Euro/jaar	0,29	0,50	0,42	0,28
Onderhoud	M Euro/jaar	2,05	1,51	2,33	1,99
Totaal exploitatiekosten	M Euro/jaar	7,28	18,67	9,97	5,39
Totale exploitatiekosten verdisconteerd (6% rente en 2% inflatie, 30 jaar)	M Euro	122	314	168	90
Totaal Life Cycle kosten verdisconteerd	M Euro	262	381	227	127

Indien het injectiewater dat in de OBI werd behandeld (grote olie verwijdering) rechtstreeks naar de waterinjectielocaties gaat voor waterinjectie, vindt er geen aanvullend waterbehandeling plaats. De investeringskosten voor deze alternatieven bestaan uit kosten t.b.v. grote olie verwijdering in de OBI en het operationeel maken van waterinjectie infrastructuur (pijpleidingen en injectievelden). Voor de Drentevelden bedragen de aanlegkosten van waterinjectie infrastructuur circa € 140 miljoen. Samen met de investeringskosten voor de OBI bedragen de investeringskosten voor zuivering in en buiten de OBI circa € 146,62 miljoen. Voor de Twentevelden bedragen de injectie infrastructuur aanlegkosten circa € 37,94 miljoen. Samen met de investeringskosten voor de OBI bedragen de investeringskosten voor zuivering in en buiten de OBI circa € 44,56 miljoen. Voor beide opties geldt dat de jaarlijkse operationele kosten 3,98 miljoen €/jaar bedragen (wat resulteert in totale life cycle exploitatiekosten van circa € 66,86 miljoen). Hierdoor geldt dat de totale life cycle kosten (life cycle investeringen en exploitatiekosten) circa € 213,47 miljoen bedragen voor waterinjectie in de Drentevelden (basisalternatief) en circa € 111,41 miljoen voor de Twente velden (voorkeursalternatief). De totale life cycle kosten voor deze twee alternatieven, inclusief de kosten gerelateerd aan de waterfabriek, bedragen circa € 290 miljoen voor het basis alternatief en circa € 154 miljoen voor het voorkeursalternatief.

Een beperkte waterzuivering, met als doel de toegevoegde chemicaliën (mijnbouw hulpstoffen) te verwijderen, leidt tot extra investeringskosten (circa € 12,1 miljoen) en operationele kosten (circa € 45,24 miljoen) t.o.v. het voorkeursalternatief. De overige kosten voor het Beperkt Zuiveren Alternatief komen overeen met de kosten voor het Voorkeursalternatief, zodat de totale kosten voor de projectduur uitkomen op circa € 168,74 miljoen. De totale life cycle kosten voor dit alternatief, dus inclusief de kosten van de waterfabriek, komen op circa € 246 miljoen uit.

Indien de volledige waterstroom vanuit de OBI wordt gezuiverd, en hergebruikt als ultrapuur water (waarbij het overschot wordt geloosd op het oppervlaktewater), zijn de waterfabriek en de waterinjectielocaties overbodig. De kosten worden nu geheel bepaald door de waterzuivering en de verwerking van het restproduct. Aan de waterzuivering worden nu veel hogere eisen gesteld, wat blijkt uit de investeringskosten van circa € 67,28 miljoen, maar vooral de hoge operationele kosten van circa € 313,61 miljoen. De





totale life cycle kosten voor dit alternatief (geen waterfabriek nodig) komen daarmee uit op circa € 381 miljoen.

### 18.8.3 Milieu (LCA)

De LCA is uitgevoerd conform de in het kader van de MER LAP ontwikkelde methodiek. Het gaat daarin om het in kaart brengen van de milieueffecten van de alternatieven op het bovengrondse milieu.

#### *Methodiek*

#### **Milieubelasting per verwijderingssysteem**

Conform de gehanteerde LCA-methodiek is een kwantitatieve inschatting gemaakt van de aan de beschouwde verwijderingsystemen gerelateerde milieubelasting. Voor inschatten van de milieubelasting zullen worden beschouwd:

- emissies naar water, lucht en bodem;
- verbruiken van hulpstoffen en energiedragers;
- de aan productie van de geconsumeerde hulpstoffen en energiedragers gerelateerde emissies (conform LCA-methodiek);
- productie van te storten reststoffen;
- emissies naar het milieu vanuit de stort.

#### **Reikwijdte van LCA**

Er wordt een compleet en gewogen beeld geschetst doordat de systemen ook de milieubelasting omvatten gerelateerd aan:

- de productie van chemicaliën (bijvoorbeeld NaOH) of energiedragers (bijvoorbeeld elektriciteit), die in de processen worden geconsumeerd;
- de toepassing van nuttig toepasbare producten, bijvoorbeeld het de verbranding van zuiveringsslib in een cementoven.

#### **Indeling naar systemen**

In de LCA-methodiek wordt ten aanzien van afvalverwerking gedacht in zogenaamde systemen, combinaties van processen waarmee afval wordt verwerkt tot:

- naar de lucht geëmitteerde afgassen;
- op oppervlaktewater gespuide of - in dit specifieke geval - in de ondergrond geïnjecteerde waterstromen;
- te storten vaste reststoffen.

#### **Bijdragen aan milieuthema's**

De milieubelasting is vervolgens vertaald in de totale bijdrage per systeem aan een aantal zogenaamde milieuthema's. Een milieuthema is een bepaald milieuprobleem - bijvoorbeeld verzuring - dat kan worden toegeschreven aan een bepaald mechanisme.

#### **LCA-thema's**

De LCA-thema's vormen een uitwerking per milieuthema. Daarbij is onderscheid gemaakt in effectgerichte thema's en ingreep gerichte thema's.

Bij de effectgerichte thema's betreft het mechanismen waarbij schade aan milieu, goederen en mensen kan ontstaan door inwerking van naar lucht, water of bodem geëmitteerde stoffen:

- Toxiciteit betreft steeds de opname en de potentiële vergiftiging van mensen (humane toxiciteit) of andere levende organismen (eco-toxiciteit);





- Aantasting van de ozonlaag leidt tot meer UV straling en heeft effect op al het leven op aarde;
- De overige thema's omvatten steeds een heel scala aan potentiële nadelige effecten voor milieu, mensen en goederen, die steeds aan hetzelfde soort stoffen en dezelfde mechanismen in de natuur samenhangen. Verzurende emissies kunnen schade aanrichten door verzuring van water en bodem. Maar stoffen als  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$  kunnen ook longschade veroorzaken, planten beschadigen en gebouwen, boeken en andere voorwerpen aantasten.

Het gebruik van ingreepgerichte thema's, naast de meer wetenschappelijk georiënteerde effectgerichte thema's, is ingegeven door het feit dat ze als indicator inzichtelijker zijn.

#### **Methoden om effecten te wegen**

Op basis van de kwantitatieve inzichten is aan te geven in hoeverre injectie (al dan niet na voorzuivering) doelmatig is in vergelijking met een alternatieve verwerkingswijze gecombineerd met hergebruik. Meestal scoort een bepaald verwijderingssysteem niet unaniem beter dan de andere systemen op alle beschouwde milieuthema's. Om in dat geval toch een voorkeur te kunnen uitspreken kunnen de bijdragen aan de verschillende milieuthema's onderling worden gewogen. In deze studie is dit eveneens gedaan. Daarbij is gebruik gemaakt van de in het MER-LAP gehanteerde weegmethodiek. Ter vergelijking is daarnaast ook de in het nationale emissiebeleid gehanteerde 'schaduw prijzen' methodiek toegepast.

Voor meer informatie over de LCA-methodiek wordt verwezen naar vakliteratuur op dit gebied, zoals (CML, 2002).

In deze studie zijn dezelfde milieuthema's beschouwd als in het MER-LAP om aan te sluiten bij het beleid op het gebied van afvalverwijdering:



Tabel 18.6 Beschouwde milieuthema's

Milieu-thema	LCA-thema	Eenheid
	<i>(Effectgericht)</i>	
Verspilling	Abiotische uitputting	kg Sb-eq
Klimaatverandering	Versterking broeikaseffect (500)	kg CO <sub>2</sub> -eq
	Aantasting ozonlaag	kg CFK11-eq
Verspreiding	Fotochemische oxidantvorming	kg etheen - eq
	Eco-toxiciteit (aquatisch - zoet)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
	Eco-toxiciteit (terrestrisch)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
	Humane toxiciteit	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.
Verzuring	Verzuring (A&B)	kg SO <sub>2</sub> – eq
Vermesting	Vermesting (aquatisch)	kg PO <sub>4</sub> – eq
	Vermesting (terrestrisch) (A&B)	kg NO <sub>x</sub> – eq
Aantasting	Fysieke aantasting – biodiversiteit	-
	Fysieke aantasting - life support	Mg/ha.jaar
	<i>(Ingreepgericht)</i>	
Ruimtebeslag	Fysiek ruimtebeslag – landgebruik	m <sup>2</sup> .jaar
	Finaal afval (totaal)	kg
Overig	Energieverbruik (totaal)	MJ
	Waterverbruik (totaal)	liter

#### Alternatieven

Op basis van de kwantitatieve inzichten is aan te geven in hoeverre het opslaan van injectiewater in leeggeproduceerde gasvelden van in Twente of Zuidoost Drenthe vanuit milieuoogpunt doelmatig is in vergelijking met alternatieve verwerkingswijzen.

De LCA is uitgevoerd voor de gemiddelde waterstroom van 11.500 m<sup>3</sup> per dag gedurende de eerste jaren en daarna circa 7.500 m<sup>3</sup> per dag. Spoel- en spuiwater en teruggeproduceerde operationele vloeistoffen maken samen circa 0,5% uit van de injectiewaterstroom.

#### LCA-Resultaten

In de onderstaande tabel staan de berekende LCA resultaten weergegeven. Een uitgebreide toelichting op de uitgevoerde LCA is te vinden in [bijlage 3](#).



Tabel 18.7 Overzicht LCA-resultaten

		Voorkeurs alternatief	alternatief beperkt zuiveren	alternatief geen injectie
<b>Effectgericht</b>				
Abiotische uitputting	kton Sb	2,4	2,5	14
Versterking broeikaseffect (100)	kton CO <sub>2</sub>	290	294	1.656
Aantasting ozonlaag	kton CFK11	0,0000082	0,000018	0,000220
Fotochemische oxidantvorming	kton etheen	0,024	0,026	0,16
Eco-toxiciteit (aquatisch - zoet)	kton 1,4 dichloor benzeen	1,1	1,2	4.033
Eco-toxiciteit (terrestrisch)	kton 1,4 dichloor benzeen	0,46	0,47	14.727.101
Humane toxiciteit	kton 1,4 dichloor benzeen	20	20	12.844
Verzuring (A&B)	kton SO <sub>2</sub>	0,66	0,70	4,1
Vermesting (aquatisch)	kton PO <sub>4</sub>	0,063	0,070	0,41
Vermesting (terrestrisch) (A&B)	kton NO <sub>x</sub>	0,43	0,46	2,7
Fysieke aantasting - biodiversiteit	-		0,0037	0,079000
Fysieke aantasting - life support	Tg/ha.jaar		0,048	1,2
<b>Ingreepgericht</b>				
Fysiek ruimtebeslag - landgebruik	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> jaar		0,0065	0,14
Finaal afval (totaal)	kton	24	99	2.109
Energieverbruik (totaal)	TJ	3.914	3.986	22.335
Waterverbruik (totaal)	1.000 m <sup>3</sup>	6.552	6.863	38.858

Het basisalternatief en het voorkeursalternatief scoren vergelijkbaar in de LCA.

In het Beperkt Zuiveren Alternatief is in feite sprake van dezelfde situatie. Alleen wordt in dit alternatief wat meer te storten afval geproduceerd omdat waterbehandeling wordt gebruikt voor een verdergaande reiniging van injectiewater. De stort is dusdanig dat dit geen verdere effecten heeft in de vorm van emissies naar de bodem.

In het Hergebruik Alternatief is sprake van een hoger energiegebruik, hogere emissies naar bodem en een veel grotere hoeveelheid te storten afval in vergelijking met de andere alternatieven en de bestaande situatie.

Zoals uit de ongewogen bijdragen valt te verwachten geeft het Hergebruik Alternatief de hoogste scores in de distance-to-target methodiek en schaduwrijzen methodiek. Het voorkeursalternatief geeft een iets lagere- dus betere – score bij toepassing van de distance-to-target methodiek en schaduwrijzen methodiek dan het Beperkt Zuiveren Alternatief. Gezien de betere score van het voorkeursalternatief is een weging eigenlijk ook niet nodig.

#### 18.8.4 Operationele risico's

##### Uitvoering conform bestaande protocollen en beoordelingsprocedures

Bij het inschatten van operationele risico's voor de verschillende alternatieven, wordt voor alle alternatieven er van uitgegaan dat deze plaatsvinden met inachtneming van de geldende protocollen en beoordelingsprocedures.



Voor ondergrondse opslag zijn van belang (CE-toetsing):

- Europese Norm EN 1918-2;
- Systematiek uit beschikking 2003/33/EG;
- EZ protocol;
- Guidelines for produced water injection (OGP rapport, 2002);
- CRUST CO<sub>2</sub>-opslag.

#### **Inschatting operationele risico's**

Mogelijke operationele risico's bestaan uit:

- Milieurisico's;
- Risico's op ondergrondse effecten.

Onderstaand worden deze risico's benoemd. Voor ieder type risico wordt een afweging gemaakt tussen injecteren en lozen na zuivering.

#### **Milieurisico's**

Bij injecteren in de ondergrond bestaan de belangrijkste risico's in de operationele fase uit:

- Lekkage in pijpleidingen (calamiteiten bij aanvoerleiding);
- Risico van put, vooral het lek zijn van put, waardoor te injecteren vloeistof terecht komt in aardlagen of aan het oppervlak;
- Interactie van vloeistoffen uit reservoir naar biosfeer en oppervlakte via scheurvorming of langs de putten.

Bij het zuiveren en lozen zijn de belangrijkste operationele risico's:

- Transport van reststof naar verwerker over de weg;
- Risico dat reststoffen vanuit de verwerker in het milieu terecht komen.

De bovenstaande milieurisico's zijn als calamiteiten benoemd bij het voorkeursalternatief. Daarbij is aangegeven welke preventieve maatregelen de NAM neemt om het risico van een calamiteit zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast is aangegeven welke mate van milieu-effecten hierbij optreden.

In het algemeen geldt dat het lekvrij injecteren van water goed mogelijk is. Zoals uit de algemene injectiepraktijk in Nederland blijkt vindt lekkage van injectiewater naar de biosfeer niet plaats. In de afgelopen periode sinds 1972 hebben zich in deze zin geen bijzondere voorvallen voorgedaan.

#### Transportrisico

Bij de beide alternatieven vormt het transport en opslag van het restproduct na zuivering een risico. Deze risico's zijn uitgebreid beschreven in het MER Waterinjectie Zuidoost-Drenthe. Bij het transport wordt onderscheid gemaakt tussen interne oorzaken (zoals de lekkage van een afsluiter) of externe oorzaken (zoals een verkeersongeluk). Injectiewater kan in dergelijke situaties op de weg en in de berm terecht komen. Het risico bij watertransport per tankauto is in bovenstaande studie vergeleken met het risico van watertransport per pijpleiding. daaruit blijken de volgende verwachtingswaarden:

- tankautotransport 0,057 m<sup>3</sup> / jaar;
- pijpleidingtransport 0,075 m<sup>3</sup> / jaar.

Hieruit blijkt dat er een risico bestaat bij tankautotransport, maar dat dit lager is dan bij pijpleidingtransport.



### Risico stortplaatsen

Het risico van lekkage bij stortplaatsen is niet nader gekwantificeerd. Dit wordt bepaald door de beschermende voorzieningen aan de onderkant van de stort en de betrouwbaarheid van de afdekkende laag. Bij de opslag zal gemonitord moeten worden vinden om vast te stellen dat geen lekkage vanuit de stortplaats naar het milieu voor komt.

### **Risico's op ondergrondse effecten**

Risico's in de ondergrond zijn specifiek voor het alternatief waarbij waterinjectie plaats vindt. Het is mogelijk dat injectie van water kan leiden tot bodemstijging. De effecten hiervan zijn waarschijnlijk verwaarloosbaar.

De ondergrondse risico's hebben betrekking op datgene wat gebeurt in het reservoir. Daarbij komen drie aspecten aan bod:

- Integriteit van het reservoir;
- Druk;
- Temperatuur.

### Integriteit van het reservoir

De reservoirs hebben ter plaatse van de voormalige gas- en olievoorraden allemaal een ondoorlatende laag. Deze laag heeft er voor gezorgd dat de voorraden in het reservoir voorkwamen. Zo lang deze laag niet wordt aangetast, zal het water niet doordringen tot de biosfeer. Aantasting van de scheidende laag is mogelijk door chemische reacties of doordat de druk te groot wordt en scheurvorming ontstaat. Van de chemische samenstelling van het te injecteren water is bekend uit andere velden, dat aantasting van de scheidende laag niet plaats vindt. Door er voor te zorgen dat de waterdruk in het reservoir lager blijft dan de oorspronkelijke gasdruk, wordt scheurvorming voorkomen.

NAM heeft een lange ervaring met het injecteren van water in zowel zandsteen als kalksteenformaties en eventuele geochemische reacties. Tot dusver is het bij de NAM (en de olieproducenten wereldwijd) nog niet voorgekomen dat een reservoir "oplost". Daarnaast is ook op laboratorium schaal aangetoond dat dit niet gebeurt. De mineralen waaruit de reservoirs bestaan, zijn nauwelijks of niet oplosbaar in het te injecteren water. Het te injecteren water heeft een monovalent / divalent kation verhouding, die zwellingsreacties van hiervoor gevoelige kleisoorten uitsluit, en de uiterst kleine hoeveelheden anticorrosiemiddel in de te injecteren waterstroom zal adsorberen (desorberen aan) van het reservoir gesteente. Dat wil zeggen, het zal daarmee geen chemische reactie aangaan.

### Druk (algemeen)

De totale druk op elke plaats in de ondergrond wordt gegeven door het gewicht van alle bovenliggende materialen (gesteente en vloeistof) en wordt "overburden"-druk ("OD") genoemd. De betrokken vloeistof kan bestaan uit water, olie of gas of een combinatie hiervan. Deze overburden-druk verloopt in de meeste sedimentaire bassins lineair met toenemende diepte en heeft gemiddeld een gradiënt van 0,25 bar/m. Op een gegeven diepte is OD gelijk aan de som van de vloeistofdruk (VD) en de gesteente- of matrix-druk (GD) die wordt uitgeoefend op de contacten tussen de individuele deeltjes van de ondergrond:

$$OD = VD + GD$$



Omdat de overburden druk op een bepaalde diepte constant is, geldt:

$$d(VD) = - d(GD)$$

Daarom zal bij een afname van de vloeistofdruk de matrixdruk met dezelfde hoeveelheid toenemen en omgekeerd. Toename van de matrixdruk kan, afhankelijk van het type ondergrond, ter plaatse van de vloeistofdrukdaling deformatie van het gesteente veroorzaken. Deze deformatie kan omschreven worden als een combinatie van het elastisch samendrukken van de individuele deeltjes (zandkorrels) en de niet-elastische vervorming van het gesteente bij grotere druktoename.

De laterale afmetingen van een koolwaterstof-reservoir zijn in het algemeen groot in verhouding tot de dikte. Daarom kan, afhankelijk van de actuele randvoorwaarden, worden gesteld dat het reservoir bij afnemende vloeistofdruk hoofdzakelijk in verticale richting zal deformeren. Hierdoor kan reservoir-compactie leiden tot bodemdaling. De mate waarin compactie wordt omgezet in bodemdaling op maaiveldniveau is afhankelijk van de diepte en omvang van het depleterende gasveld of olieveld. Bij een zeer groot gasveld of olieveld zal de bodemdaling boven het centrum van het veld vrijwel gelijk zijn aan de ondergrondse compactie. Het zal duidelijk zijn dat het voor een beheerder van een koolwaterstofreservoir van groot belang is kennis te hebben van het mogelijk optreden van compactie. Dan kunnen mogelijk nadelige consequenties van de compactie, voor de productie en voor het milieu (waterhuishouding), tijdig worden voorzien en kunnen corrigerende maatregelen, zoals extra bemaling, worden genomen.

#### Druk (bij waterinjectie)

De druk binnen de reservoirs is door de gaswinning sterk afgenomen en is beduidend lager dan in de aangrenzende lagen. De waterinjectie zal zodanig plaatsvinden dat de gemiddelde waterdruk in het reservoir lager blijft dan de oorspronkelijk gasdruk in het reservoir. Zolang de druk lager is dan in de aangrenzende lagen, zal het geïnjecteerde water in het reservoir blijven.

Tijdens de productiefase zal de druk in de reservoirs gemonitord worden om vast te stellen of de oorspronkelijke gasdruk niet wordt overschreden. Om de conditie van de putten en het reservoir te monitoren zal er per jaar een aantal activiteiten plaatsvinden.

Allereerst worden alle bovengrondse putafsluiters getest en onderhouden zodat een goede werking kan worden gegarandeerd. Verder wordt op continue basis de druk en de injectiesnelheid gemeten zodat een accuraat overzicht aanwezig is van de hoeveelheden water die in de putten worden gepompt. Daarmee samenhangend worden ook de drukken van de annulaire ruimten buiten de injectieverbuizing gemeten zodat een eventuele lekkage in de verbuizing tijdig kan worden opgemerkt.

In de putten zelf worden ook op incidentele basis metingen uitgevoerd. Hierbij wordt jaarlijks een plan gemaakt waarin de noodzakelijke metingen worden aangegeven. Dit zijn metingen om de druk in het reservoir te meten (Static Pressure and Temperature Gradient, SPTG), de diepte van de put (Hold Up Depth, HUD) en de conditie van de verbuizing (Kinley Caliper, KC). De drukmetingen vinden niet alleen in de Twenteputten plaats maar ook in de omliggende putten van velden waar geen waterinjectie plaats vindt. Al deze metingen worden slechts uitgevoerd als er onduidelijkheid bestaat over de druk of de conditie van de put en worden niet routinematig ingepland.



#### Temperatuur (thermische effecten in het reservoir)

Het is een bekend gegeven in de literatuur, dat injecteren van koud water in warme tot hete reservoirs kan leiden tot thermische scheuren van het reservoir gesteente. Significante verhogingen van injectievolumes door thermische scheuren zijn bekend in verschillende velden overal ter wereld. De meeste literatuur heeft te maken met het injecteren van grote hoeveelheden koud zee- of productiewater in oliereservoirs om de olieproductie te stimuleren of de reservoirdruk op peil te houden (volume vervanging).

In het geval van de waterinjectie bij de Twentevelden kan dit effect optreden op momenten van hoge injectiesnelheid wanneer de waterinjectiepompen aan staan. Studie heeft uitgewezen dat deze thermische effecten niet van invloed zijn op de afsluitende gesteentelagen boven het reservoir (Zechstein zout pakketten). In horizontale richting is de lengte van deze scheuren beperkt tot een lengte van ca. 80 meter rond de putmond (studie Shell, rapport EP 2001-5336). Op de momenten dat het water onder 'freeflow' condities in het reservoir stroomt is de snelheid dusdanig laag, en daarmee de opwarming van de vloeistof zodanig hoog, dat de vloeistof zonder significante thermische effecten in de matrix van het reservoir wegstroomt.

#### **Risico's voor de overige alternatieven**

Ten opzichte van de beschreven risico's voor het voorkeursalternatief geldt:

- Basisalternatief. Hiervoor worden vergelijkbare risico's verwacht met uitzondering van de extra risico's op trillingen bij waterinjectie in de Roswinkelvelden en extra risico door het gebruik van meerdere injectielocaties met meer afzonderlijke leidingen;
- Gedeeltelijk zuiveren alternatief. Naast de waterinjectie vindt hier tevens waterzuivering plaats, zodat het risico tijdens transport en opslag hier extra optreedt ten opzichte van het voorkeursalternatief;
- Hergebruik alternatief. Hier zijn de risico's alleen bij de waterzuivering, het transport en de opslag van restproducten. Er zijn geen mogelijke ondergrondse risico's.

### **18.8.5 Risico lange termijn**

De lange termijn risico's voor het injecteren van water in de ondergrond, bestaan uit:

- Mogelijke bodemdaling;
- Mogelijke lekkage uit het reservoir;
- Risico van aardbevingen.

Als belangrijkste risico voor de langere termijn bij het niet injecteren geldt de langdurige opslag van afvalstoffen.

#### **Lange termijn risico ondergrond**

##### Bodembeweging - algemeen

Bij injecteren van water zal geen bodemdaling optreden. Mogelijk wordt de reeds optredende bodemdaling door gaswinning beperkt of tot stilstand gebracht. Daarnaast bestaat de mogelijkheid van trillingen ten gevolge van de waterinjectie.

Bodemdaling door gas- of oliewinning manifesteert zich aan de oppervlakte in de vorm van een platte, zeer gelijkmatige schotel. Deze veroorzaakt een hellend vlak in het maaiveld, waarvan de gradiënt zeer gering is. De invloed op bodemdaling is in de orde van grootte van enkele centimeters. Bodemdaling kan ook optreden als gevolg van zetting van de bovenste lagen, zeker in veengebieden. Daardoor is het meten van de effecten van bodemdaling als gevolg van het onttrekken van olie of gas moeilijk eenduidig te bepalen. De mate waarin bodemdaling beperkt wordt, is daarnaast nog





lastiger aan te geven. Hier kan worden aangegeven dat verwacht mag worden dat mogelijke huidige bodemdaling beperkt wordt.

#### Bodemdaling

Wanneer, bij de productie van koolwaterstof, de aan het reservoir onttrokken vloeistof in voldoende mate wordt vervangen door een andere vloeistof, kan de druk in het reservoir nagenoeg constant gehouden worden, zodat er geen bodemdaling zal optreden. Vaak worden koolwaterstofreservoirs geheel of gedeeltelijk omsloten door aquifers (watervoerende lagen). Bij daling van de vloeistofdruk in het reservoir is het mogelijk dat water vanuit de aquifer de onttrokken hoeveelheid koolwaterstof gedeeltelijk volumegewijs vervangt. Deze toestroming van water is niet direct, maar manifesteert zich met een tijdvertraging. De vertraging en de hoeveelheid toestromend water zijn sterk afhankelijk van de grootte van de aquifer en van de geologische situatie. In het algemeen zal de hoeveelheid toestromend water niet voldoende zijn om de drukdaling te compenseren.

Bij waterinjectie zal de druk ter plaatse van de uitstroomopening van de put altijd groter moeten zijn dan de gemiddelde reservoirdruk. Dit drukverschil zorgt er voor dat water in het reservoir wordt geperst c.q. gedistribueerd.

#### Bodembeweging - Twente

Het injecteren van water in lege gasvelden kan een omgekeerd effect op bodemdaling hebben. Boven de velden in Twente waar de NAM voornemens is water te injecteren, heeft in het verleden een zeer geringe bodemdaling plaatsgevonden: van 0 tot 2 cm. Een dergelijke bodemdaling over lange tijd is nauwelijks meetbaar. Eventuele bodemstijging zal dan eveneens niet meetbaar zijn. Het effect van waterinjectie op omkering van bodemdaling wordt dan ook als nihil beschouwd.

De kans op het optreden van lichte aardbevingen als gevolg van gasproductie is onder andere afhankelijk van de volgende drie factoren: de drukdaling in het reservoir, de sterkte van het reservoir ten opzichte van de bovenliggende lagen en de breukdichtheid in het reservoir. In het meetnet van Noord-Nederland wordt sinds 1990 door het KNMI continue metingen gedaan naar trillingen. In de velden in Twente (Tubbergen Mander, Tubbergen en Rossum Weerselo) zijn nog nooit trillingen geregistreerd.

#### Risico van aardbevingen

Zoals hierboven al genoemd, gaat de winning van aardolie en/of aardgas in het algemeen gepaard met een daling van de druk in de ondergrond. Dit soort spanningsverandering kan leiden tot plotselinge bewegingen langs bestaande breuken, waardoor een lichte aardbeving plaatsvindt. De kracht van deze bevingen is klein en deze bevingen leiden daarom meestal niet tot schade. Bevingen met een magnitude boven 1,8 op de schaal van Richter worden meestal door mensen gevoeld.

#### Mogelijke lekkage uit de reservoirs

De mogelijkheid zou kunnen bestaan dat injectiewater uit de reservoirs gaat lekken en onder druk omhoog gestuwd wordt naar ondiepere bodemlagen en daarmee in de biosfeer komt. Dit is mogelijk indien de scheidende laag boven het reservoir zijn ondoorlatendheid kwijt raakt of doordat het water lateraal stroomt naar een deel van het reservoir waar geen ondoorlatende laag aanwezig is.



Het buiten de grenzen treden van water buiten het reservoirblok waarin het water wordt geïnjecteerd, ook wel 'breach of confinement' genoemd wordt gezien als een 'worst case' scenario. Dit kan leiden tot:

- Indien het injectiewater buiten het reservoir komt, zal de terugwinbaarheid in gevaar kunnen komen.
- Het water zou uiteindelijk ook zijn weg kunnen vinden naar gas producerende putten. Als gevolg van de depletie in het reservoir zullen deze putten door de instroom van water niet meer kunnen produceren. Na de start van waterinjectie in de Twentevelden vindt daar geen gaswinning meer plaats, zodat dit geen punt van zorg is.

#### **Risico's voor de overige alternatieven**

Ten opzichte van de beschreven risico's voor het voorkeursalternatief geldt:

- Basisalternatief. Hiervoor worden vergelijkbare risico's verwacht;
- Gedeeltelijk zuiveren alternatief. Opslag voor lange termijn is hier een aanvullend risico ten opzichte van het voorkeursalternatief;
- Hergebruik alternatief. Alleen het risico van opslag afvalstoffen voor lange termijn.

#### **Lange termijn risico opslag afvalstoffen**

Indien geen waterinjectie plaats vindt, dan wel een gedeeltelijke zuivering van het te injecteren water wordt toegepast, ontstaat een restproduct. Het restproduct is naar verwachting niet herbruikbaar en zal daarom moeten worden opgeslagen op een stortplaats.

Voor de stortplaats geldt dat deze aan de onderzijde geïsoleerd moet zijn om verspreiding naar het grondwater te voorkomen. Daarnaast zal de stortplaats na beëindiging van stortactiviteiten worden afgedekt met een deklaag. Deze zal zodanig moeten worden aangebracht dat het stortmateriaal niet in aanraking komt met de omgeving.

Het risico voor lange termijn bestaat er uit dat de isolerende onderlaag of de deklaag op termijn niet meer optimaal functioneren. Het stortmateriaal, waaronder het restproduct van de waterzuivering, kunnen alsnog in het milieu terecht komen. Dit is uiteraard een ongewenste situatie.

## **18.9 Toepassen afwegingskader**

Het CE-toetsingskader is toegepast om afwegingen met betrekking tot waterinjectie inzichtelijk te kunnen maken. De resultaten in [paragraaf 18.8](#) onderbouwen de keuze van de NAM voor het voorkeursalternatief. In het onderstaande overzicht worden de belangrijkste kenmerken nog een keer naast elkaar geplaatst. Daaronder staat de resultaatstabel van de afweging weergegeven.



Tabel 18.8 Overzicht verschillen tussen alternatieven

	<b>Basis Alternatief</b>	<b>Hergebruik Alternatief (niet injecteren)</b>	<b>Beperkt Zuiveren Alternatief</b>	<b>Voorkeurs Alternatief</b>
Kosten	Waterfabriek	Geen waterfabriek	Waterfabriek	Waterfabriek
		Zuivering Injectiewater  Afvoer restproduct	Beperkte zuivering injectiewater  Afvoer restproduct	
	Waterinjectie (meerdere locaties)  resterend gas		Waterinjectie (verder weg)  bijna geen resterend gas	Waterinjectie (verder weg)  bijna geen resterend gas
Milieu	Beperkte energie  Vrijwel geen afvalstoffen	Veel energie Veel chemicaliën Veel afvalstoffen	Extra energie  Beperkte chemicaliën en afvalstoffen	Beperkte energie  Vrijwel geen afvalstoffen
Operationele risico's	Mogelijke verspreiding injectiewater  Mogelijk trillingen induceren	Afvalstoffen in milieu bij transport of opslag	Afvalstoffen in milieu bij transport of opslag  Mogelijke verspreiding injectiewater	Mogelijke verspreiding injectiewater
Lange termijn risico's	Afvalstoffen lekken naar biosfeer	Mogelijk lekkage bij stortplaats	Mogelijk lekkage bij stortplaats  Afvalstoffen lekken naar biosfeer	Afvalstoffen lekken naar biosfeer

Tabel 18.9. Score afwegingscriteria

	<b>Basis Alternatief</b>	<b>Hergebruik Alternatief (niet injecteren)</b>	<b>beperkt Zuiveren Alternatief</b>	<b>Voorkeurs Alternatief</b>
Kosten (Miljoen €)	262 200%	381 300%	227 180%	127
LCA Milieu	0	-	0	0
Operationele risico's	-	0	0	0
Lange termijn risico's	-	-	-	-



De tabel met afweging geeft een samenvatting van de bevindingen op bovenstaande aspecten. De kosten en LCA-resultaten volgen direct uit de achterliggende onderzoeken. Voor operationele risico's geldt dat deze bij de verschillende onderdelen niet zijn uit te sluiten. Het alternatief gedeeltelijk zuiveren scoort slechter dan de andere alternatieven aangezien hierbij zowel waterinjectie als afvoer en stort van restproduct plaats vindt. Op de lange termijn ontstaat bij het storten van het restproduct een kans dat de reststoffen in het milieu belanden, wat als een negatief effect wordt gezien. Bij het basisalternatief komt daarbij dat het risico op trillingen in de Roswinkelvelden, onderdeel van de Zuidoost Drenthe velden, niet is uit te sluiten.

Uit de tabel blijkt dat het injecteren in de Twente velden, waarmee het voorkeursalternatief onderscheidend is ten opzichte van de andere alternatieven, in de brede afweging het best scoort. Het levert de laagste kosten, scoort gunstiger op energie, afvalstoffen en chemicaliën. Dit leidt tot een goede milieuscore bij de LCA. Als operationeel risico moet theoretisch rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat het water uit het reservoir lekt. Lange termijn risico's bestaan uit de mogelijkheid dat theoretisch op lange termijn het water toch weer in contact kan komen met de biosfeer.

De andere alternatieven scoren op een of meer onderdelen slechter.

De optie van niet injecteren leidt tot hogere kosten en zwaardere belasting van het milieu door veel energie, afvalstoffen en chemicaliën. Hierdoor valt de LCA negatief uit. De ongewenste afvalstoffen blijven in het milieu, zowel op korte als lange termijn. Het nuttig inzetten van een deel deze stoffen is wellicht mogelijk, maar hier kan op voorhand niet van worden uitgegaan.

Bij gedeeltelijk zuiveren en daarna injecteren komen de negatieve aspecten van alle onderdelen samen. Ten opzichte van het voorkeursalternatief zijn alle aspecten minder gunstig.

Voor de risico's geldt bij waterinjectie de volgende kanttekening:

- Gedrag van waterstroming en geochemie heeft een zekere mate van onvoorspelbaarheid;
- NAM heeft ruime ervaring met operationele aspecten van waterinjectie. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van projecten in Nederland en buitenland;
- NAM heeft veel ervaring met de betreffende reservoirs en kent de geologie goed;
- NAM en andere partijen hebben veel praktische kennis van te verwachten geochemische reacties in de reservoirs.

Het is van belang dat een monitoringsprogramma wordt toegepast om vast te stellen of de verwachte effecten daadwerkelijk optreden.

#### Literatuur

Afval Overleg Orgaan (2004). Landelijk Afval Beheerplan 2002 – 2012. Deel 1 Beleidskader. Gewijzigde versie van april 2004.

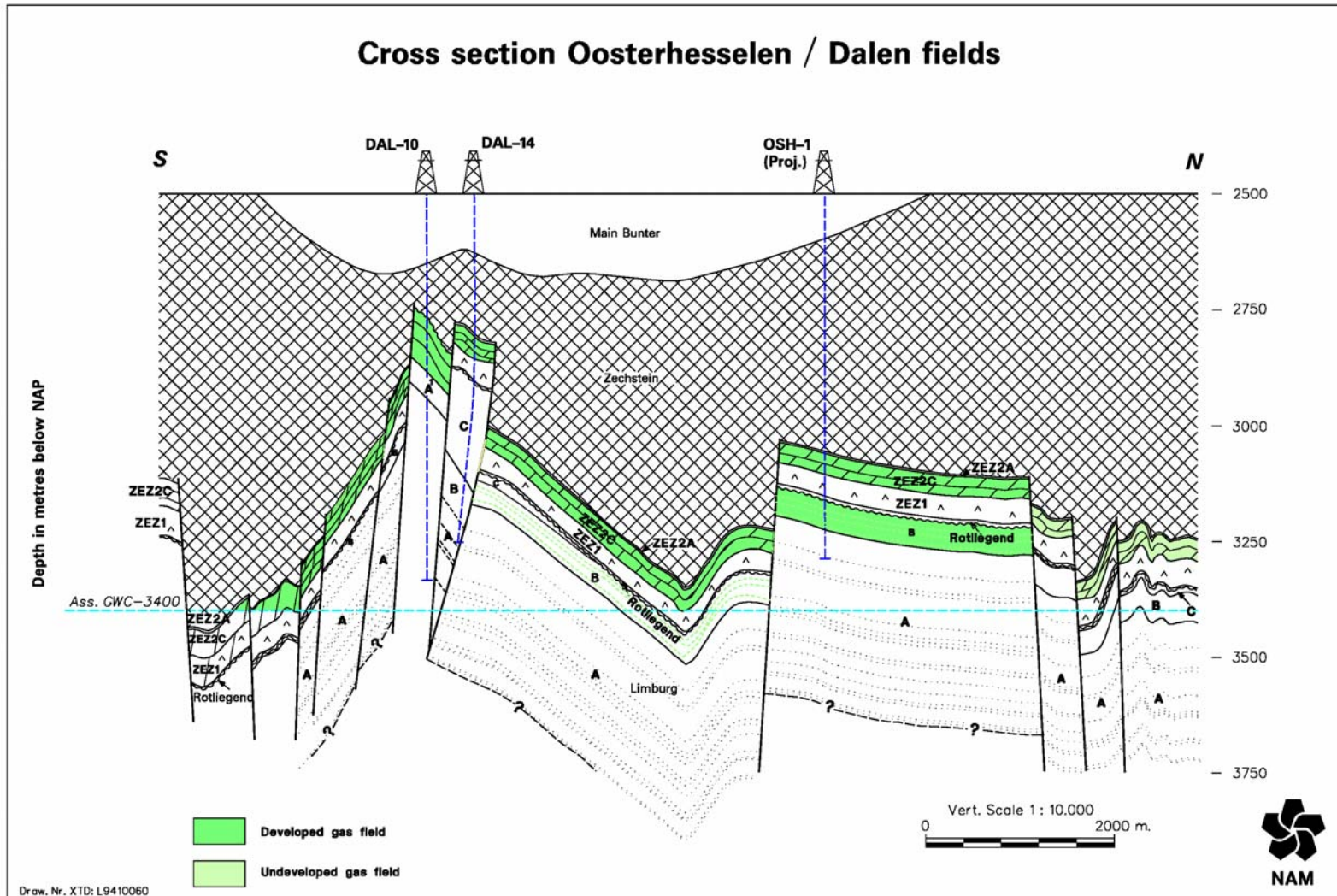
CE (2004). Met water de diepte in. Afwegingsmethodiek voor vergunningen rond de diepe injectie van waterstromen van olie- en gaswinning. Delft

NAM (1991) MER Waterinjectie Zuidoost Drenthe

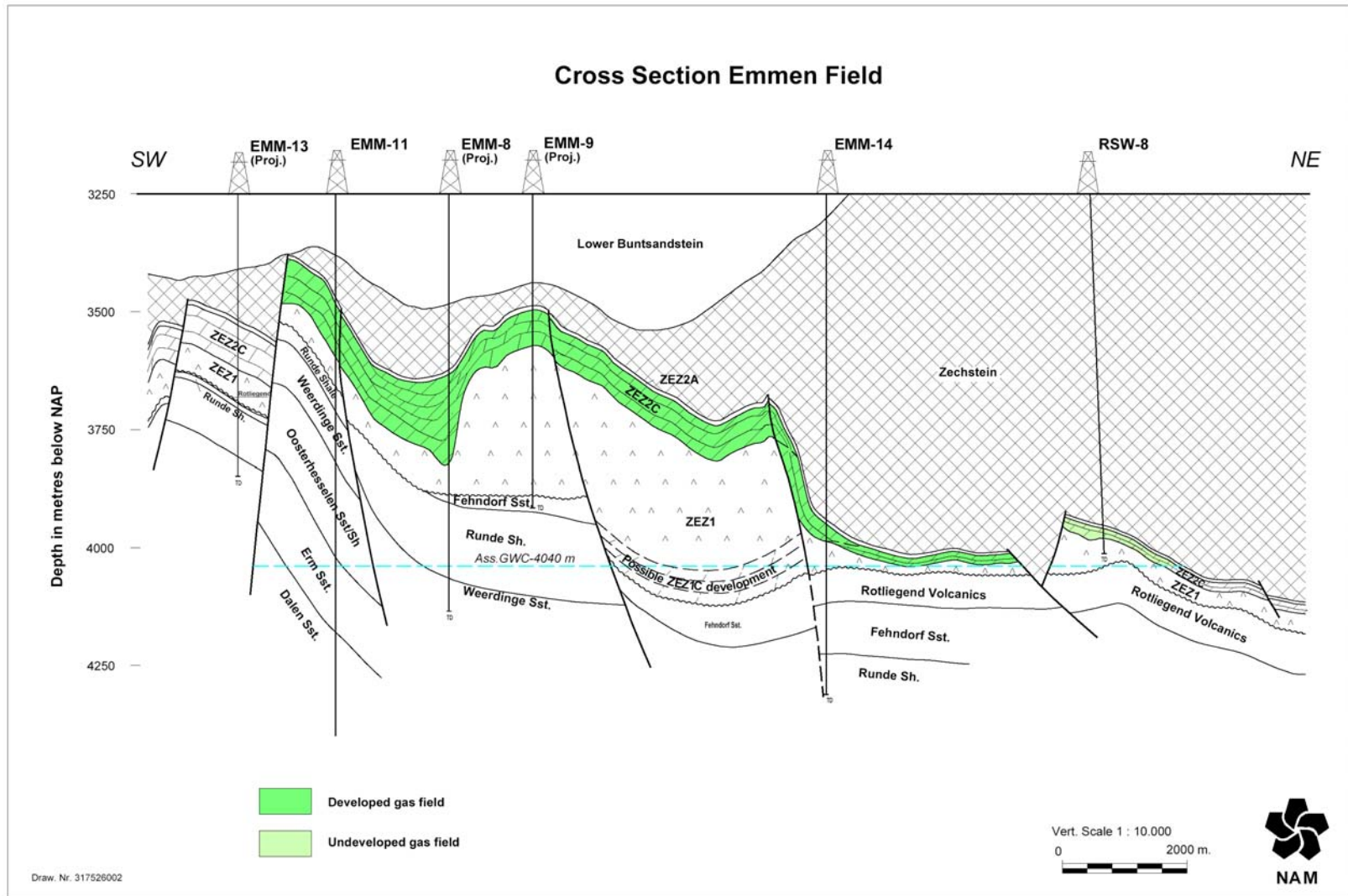
Protocol 'aanvraag van injectievergunningen' van het Ministerie van Economische Zaken





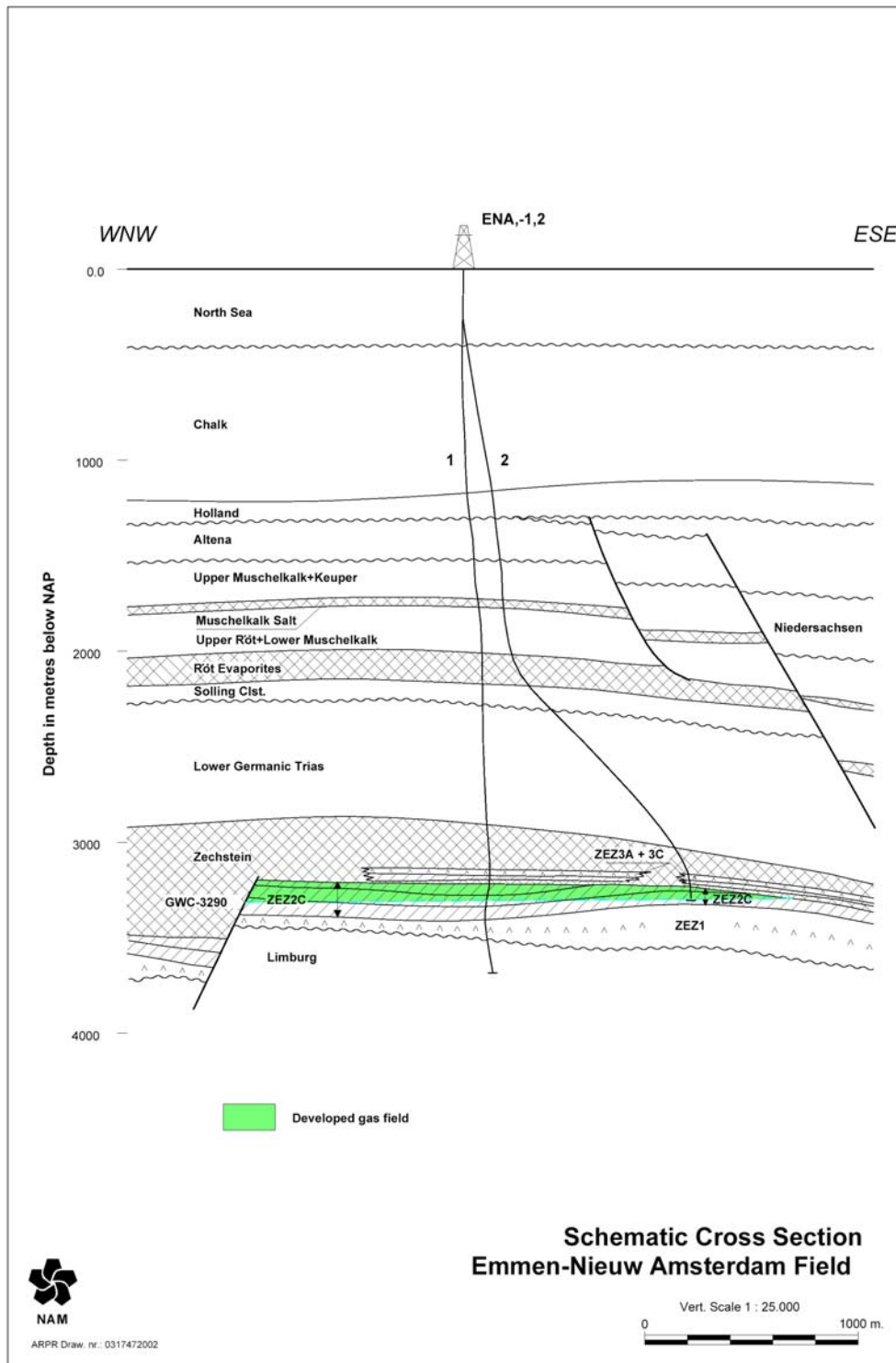


Figuur 18.5 Geologisch profiel Dalen/Oosterhesselen veld Reservoir van Dalen en Oosterhesselen

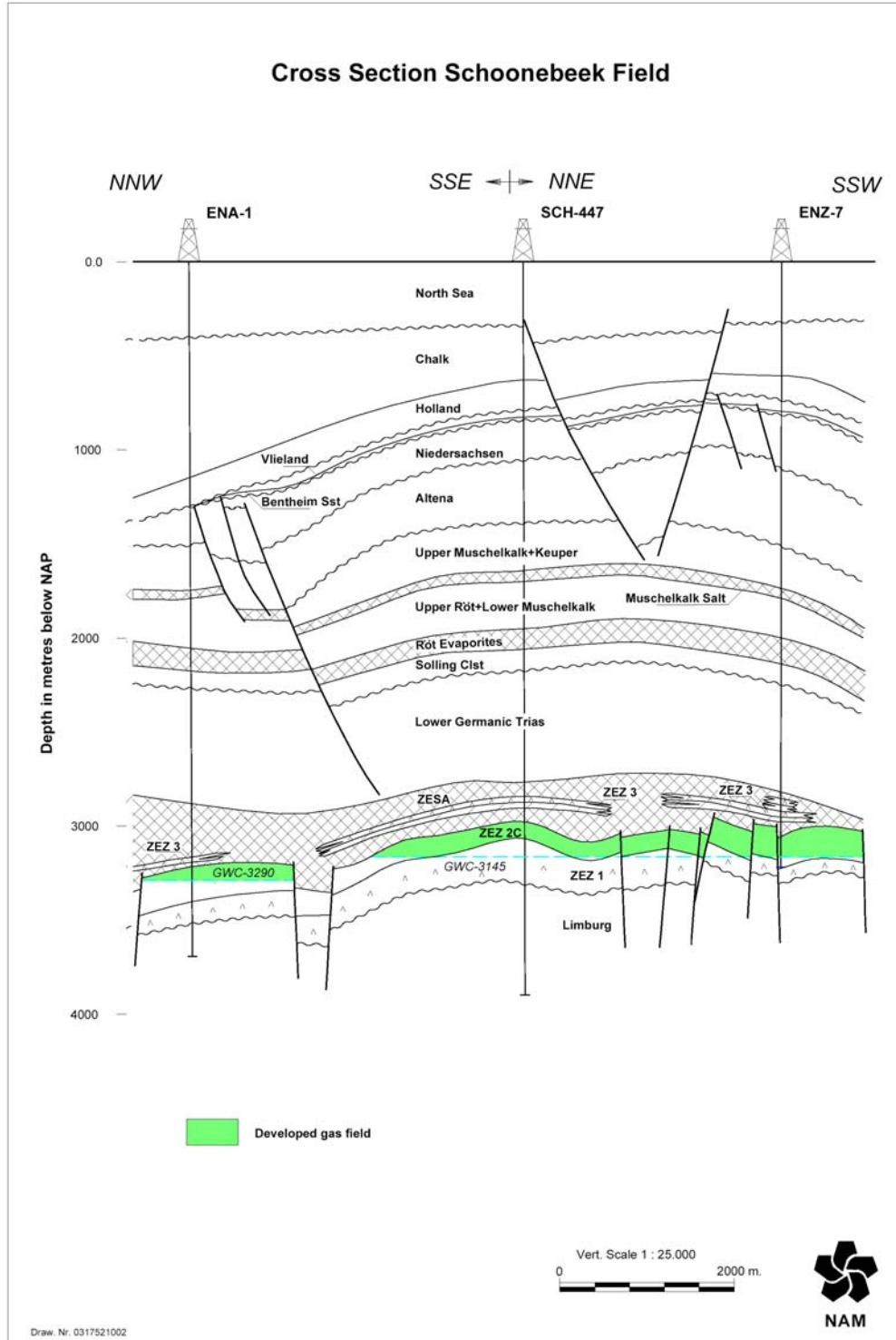


Figuur 18.6 Geologisch profiel Emmen veld Reservoirs van Emmen en Emmen Nieuw Amsterdam

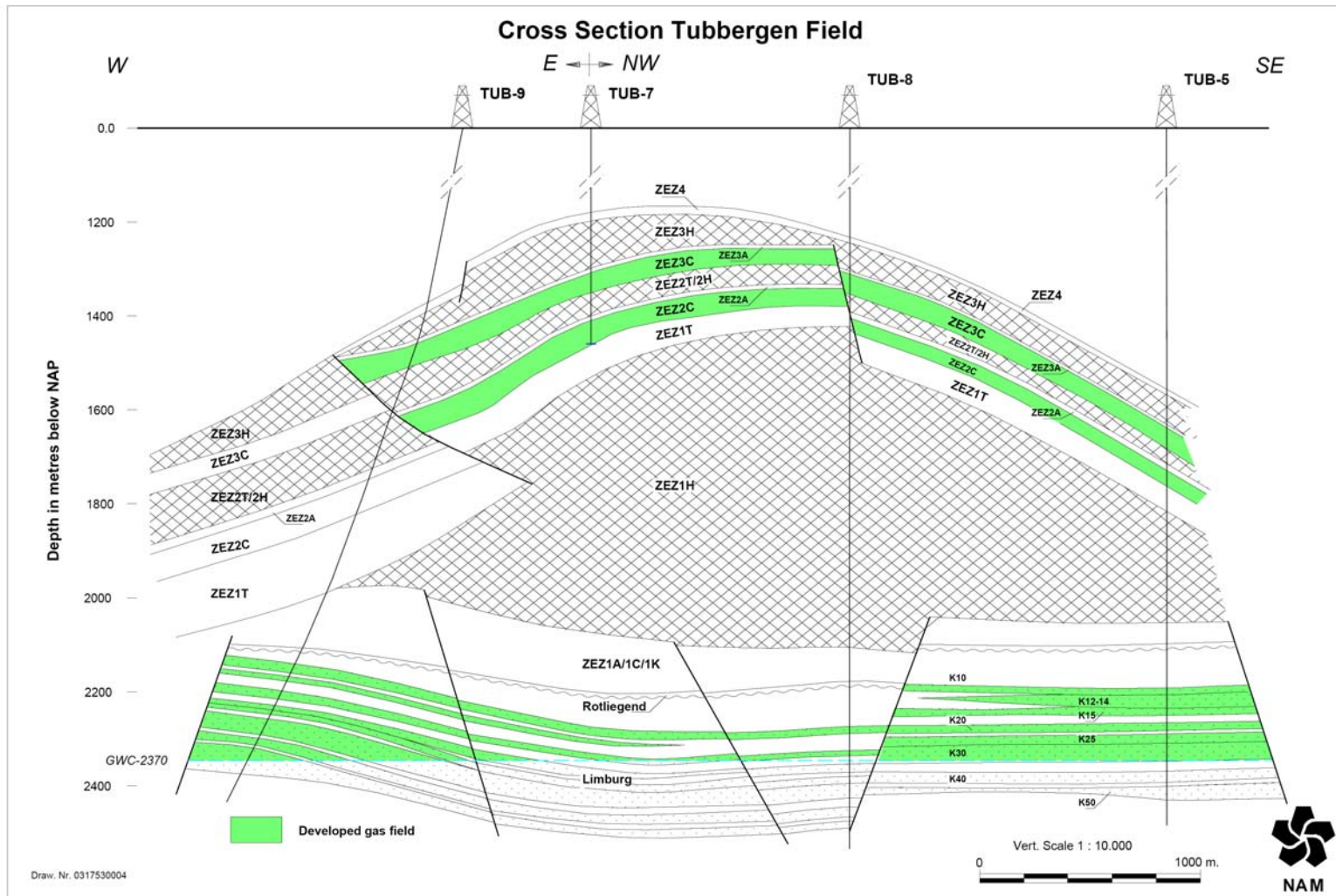




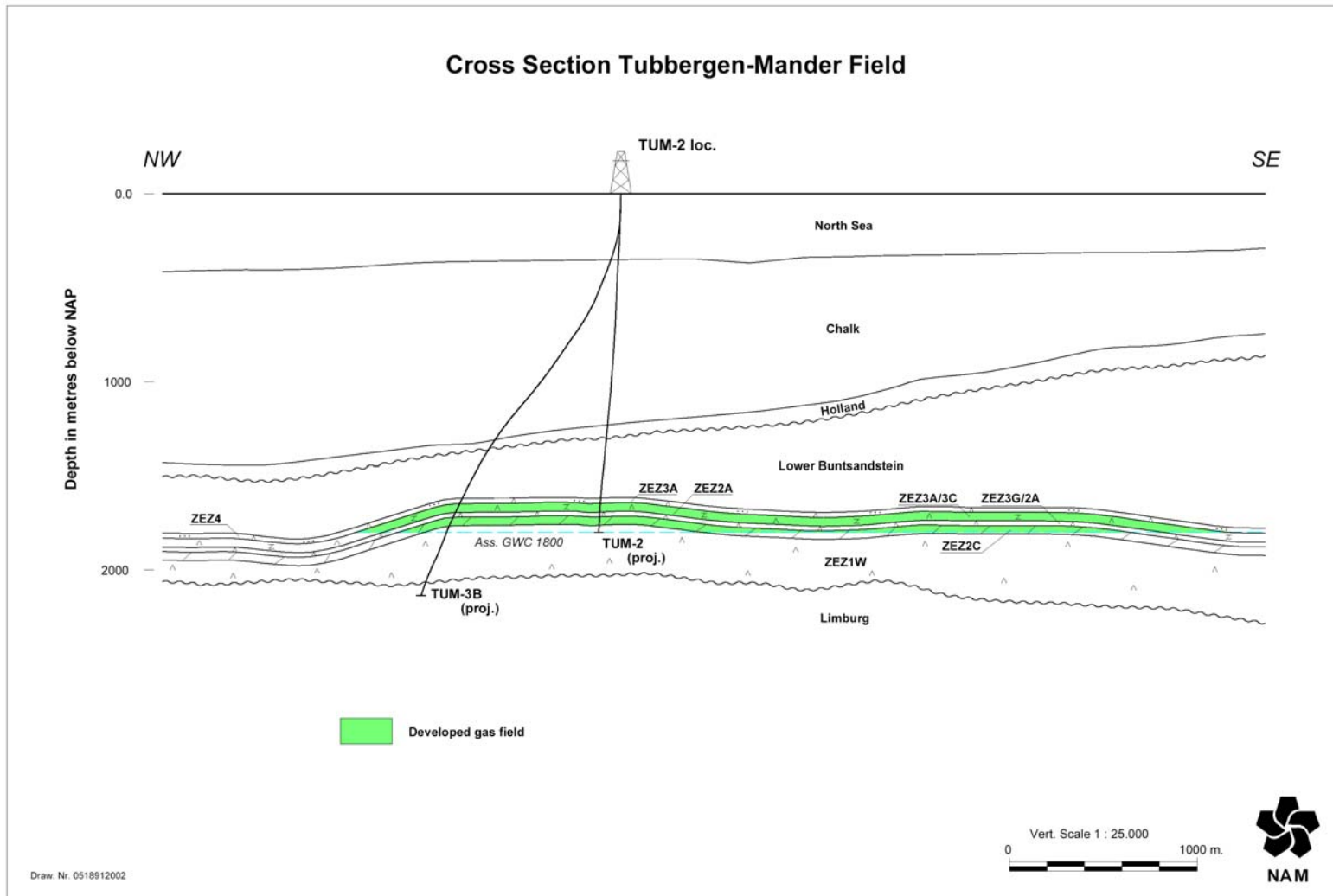
Figuur 18.7 Geologisch profiel Emmen Nieuw Amsterdam veld



Figuur 18.8 Geologisch profiel Schoonebeek veld Reservoir van Schoonebeek Gasveld



Figuur 18.9 Geologisch profiel Tubbergen Reservoir van Tubbergen



Figuur 18.10 Geologisch profiel Tubbergen-Mander Reservoirs van Tubbergen - Mander