

# CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag in Rijnmond



ROTTERDAM.**CLIMATE**.INITIATIVE



# CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag in Rijnmond

## Colofon

### **Uitgave**

DCMR Milieudienst Rijnmond  
ROM Rijnmond R3  
2007

### **Meer informatie**

info@dcmr.nl  
www.dcmr.nl  
www.rotterdamclimateinitiative.nl

### **Auteurs**

Maurice Hanegraaf, Schell & Pasveer BV, i.o.v. DCMR Milieudienst Rijnmond  
Stijn Santen, CO<sub>2</sub>-net BV, i.o.v. ROM Rijnmond R3  
Hans Knippels, DCMR Milieudienst Rijnmond

### **Vormgeving**

Imagine' Amsterdam

### **Druk**

Proforza Mijdrecht

## VOORWOORD

# Scenario's CO<sub>2</sub>-afvang

Er is iets aan de hand met onze aarde. Wereldwijd bestaat bezorgdheid over klimaatveranderingen die de aarde bedreigen. Er worden reductiedoelstellingen voor CO<sub>2</sub>-emissies geformuleerd, coalities gesmeed, plannen ontwikkeld, berekeningen gemaakt.... Maar dan? Het wordt tijd dat de plannen worden gerealiseerd. Want alleen dan zijn doelstellingen haalbaar. Voor de realisatie van de klimaatdoelstelling voor Rotterdam gaan overheden en bedrijven nu samen concrete stappen zetten via het Rotterdam Climate Initiative. Rotterdam wil in consortiumverband gaan werken aan het grootschalig afvangen van CO<sub>2</sub>. De CO<sub>2</sub> uit olie, kolen, gas en biomassa wordt dan niet naar de atmosfeer uitgestoten maar hergebruikt dan wel permanent ondergronds opgeslagen. In een uitgebreide studie zijn de mogelijkheden verkend; aanpak en tijdpad liggen nu klaar voor de businessfase.

Op 18 januari 2006 bezocht staatssecretaris Van Geel de Rotterdamse haven. Tijdens een boottocht is gesproken over de plannen voor twee tot vier nieuwe (kolengestookte) elektriciteitscentrales in het havengebied en de effecten hiervan voor het milieu en de luchtkwaliteit. Met de staatssecretaris is destijds afgesproken dat, met financiële ondersteuning van het ministerie van VROM, de DCMR een studie zou uitvoeren naar de mogelijkheden voor Schoon Fossiel (afvang en opslag van CO<sub>2</sub>) in de regio Rijnmond. Deze studie is het resultaat van de afspraak tussen VROM en DCMR.

Dit rapport is tot stand gekomen onder regie van VROM, Havenbedrijf Rotterdam, ROM- Rijnmond R3, Deltalinqs, OntwikkelingsBedrijf Rotterdam, provincie Zuid-Holland en de DCMR Milieudienst Rijnmond.

Het door alle partijen gedeelde uitgangspunt is het gegeven dat Rotterdam als dé energiehaven voor Nederland en Europa nog enkele decennia voornamelijk fossiele en dus koolstofhoudende grondstoffen zal op- en overslaan en voor industriële productie gebruiken. Tegelijkertijd richt de wens tot leveringszekerheid van energie onze blik ook op andere dan fossiele bronnen. Bovendien leeft steeds sterker het besef dat fossiele grondstoffen onze leefomgeving en het klimaat belasten door het broeikasgaseffect van de resulterende CO<sub>2</sub> emissies.

Rotterdam heeft na het advies van de International Advisory Board (IAB), onder voorzitterschap van oud-premier R. Lubbers, begin 2007 de ambitie uitgesproken om de

CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2025 met 50% te beperken ten opzichte van de uitstoot in 1990. Zowel haven, industrie als stad hebben mogelijkheden daaraan bij te dragen.

Realisatie van deze doelstelling, met een ambitieuze economische groei, is alleen mogelijk door volledige benutting van de volgende transitiepaden:

- Energie-efficiency;
- gebruik lage temperatuur industriewarmte;
- grootschalige inzet van biomassa;
- grootschalige inzet van schoon fossiel;
- CO<sub>2</sub>-afvang, transport, hergebruik en opslag (schoon fossiel) speelt een dominante rol voor het op tijd realiseren van de 50% doelstelling.

Dit rapport, geschreven door de DCMR Milieudienst Rijnmond en ROM Rijnmond R3, geeft inzicht in de mogelijkheden voor schoon fossiel en de gefaseerde implementatie daarvan in de regio Rijnmond. De aanbevelingen in het rapport zijn helder en bieden realistische mogelijkheden voor een gezamenlijke aanpak. Want voor een succesvolle uitvoering van de transitieroute schoon fossiel zullen we elkaar - overheid en bedrijfsleven - zeker nodig hebben.

Ik wens alle lezers toe dat wij met regelmaat over de goede voortgang op de route naar schoon fossiel kunnen rapporteren.

**Jan van den Heuvel**  
**Directeur DCMR Milieudienst Rijnmond**  
**Boardlid Rotterdam Climate Initiative**



## SAMENVATTING

### De route naar grootschalige CO<sub>2</sub>-afvang in Rotterdam

De haven van Rotterdam groeit. Rotterdam is misschien wel dé energiehaven voor Nederland en Europa en zal zeker nog enkele decennia ook fossiele en dus koolstofhoudende grondstoffen op- en overslaan en voor industriële productie gebruiken. Rotterdam heeft ook de ambitie om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2025 met 50% ten opzichte van de uitstoot in 1990 te beperken.

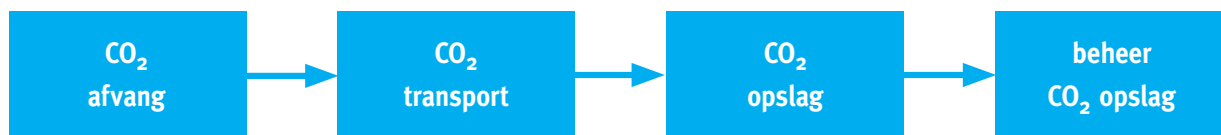
Realisatie van deze doelstelling, met behoud van economische groei, is alleen mogelijk door volledige benutting van de volgende transitiepaden in onderlinge samenhang:

- Energie-efficiency;
- gebruik lage temperatuur industriewarmte;
- grootschalige inzet van biomassa;
- grootschalige inzet van schoon fossiel.

CO<sub>2</sub>-afvang en opslag (schoon fossiel) speelt de dominante rol voor het op tijd realiseren van de 50% doelstelling. Bij schoon fossiel wordt geen CO<sub>2</sub> naar de atmosfeer uitgestoten maar permanent ondergronds opgeslagen.

antwoordelijk voor bijna 20% daarvan. Recent heeft de EU zich uitgesproken voor een verdergaande reductie van broeikasgassen met 20% in 2020 ten opzichte van de uitstoot in 1990 en zelfs tot 30% reductie als andere landen buiten de EU zich ook vastleggen op absolute reducties na 2012 (bijv. Amerika, Rusland, China en India).

In het regeerakkoord van het kabinet Balkende IV is een CO<sub>2</sub>-reductiepercentage van 30% in het jaar 2020 als doel gesteld.



Dit rapport geeft de resultaten weer van een studie naar de mogelijkheden voor grootschalige CO<sub>2</sub>-afvang in het Rotterdams Haven Industrieel Complex (HIC) met vervolgens CO<sub>2</sub>-opslag in geschikte locaties in de Noordzeebodem. Deze mogelijkheden zijn uitgewerkt in een businesscase bestaande uit drie fasen. Voor het realiseren van de businesscase is een consortium in oprichting. Dit consortium bestaat uit deelnemers van lokale overheden en bedrijven en zal in die hoedanigheid meedoen aan een schoon fossiel tender van de Europese Unie. Rotterdam wil nadrukkelijk gebruik maken van deze subsidie voor verdere ontwikkeling van de businesscases voor afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>. De tijd dringt, zeker als binnen Europa in 2020 een significante CO<sub>2</sub>-reductie moet zijn gerealiseerd.

#### Aanleiding: gedeelde zorg over klimaatverandering

De mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot van de mens bedraagt circa 27.000 Mton per jaar. Europa is met 4.653 Mton/jaar ver-

#### Uitgangspunt Rotterdam: 50% CO<sub>2</sub>-reductie in 2025

De te verwachten groei met nieuwe elektriciteitscentrales en industriële bedrijvigheid op en buiten Maasvlakte 2 zal een significant hogere CO<sub>2</sub>-emissie in de regio en dus ook voor Nederland tot gevolg hebben. De prognose is dat de stad Rotterdam en het HIC (haven Industrieel Complex), zonder maatregelen voor CO<sub>2</sub> reductie, in 2025 circa 50 Mton CO<sub>2</sub> per jaar zullen uitstoten, waarvan 40 Mton door het HIC. De CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling van 50% ten opzichte van 1990 betekent een emissie van maximaal 14 Mton CO<sub>2</sub> per jaar, waarvan 10 Mton door het HIC.

In dit rapport worden de mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-emissiereductie via schoon fossiel in het HIC verkend. De emissie terugbrengen van 40 Mton per jaar naar 10 Mton/jaar betekent dat de totale besparingsdoelstelling van CO<sub>2</sub> in het Haven Industrieel Complex rond het jaar 2025 30 Mton per jaar bedraagt.

Realisatie van bovenstaande doelstelling is alleen mogelijk door grootschalige inzet van schoon fossiel (grootschalige

afvang van CO<sub>2</sub>). Het pad van schoon fossiel fungeert daarmee als ‘scharnier’ naar een koolstofarme toekomst, zoals op hoofdlijnen is aangegeven door het Rotterdam Climate Initiative.

### Hoofddoelstelling rapport

De hoofddoelstelling van dit rapport luidt dan ook: inzicht geven in de mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-afvang en transport in het HIC Rotterdam om daarmee 20 Mton/jaar aan CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren.

De huidige CO<sub>2</sub>-emissie van de industrie in het HIC Rotterdam bedraagt ongeveer 26 Mton/jaar. Dit is circa 25% van de landelijke industriële uitstoot. Deze emissies zijn grotendeels afkomstig van circa 25 industriële installaties.

### Opslag van CO<sub>2</sub> biedt de meeste CO<sub>2</sub>-reductie

De groei van energie-efficiency en duurzame energie in Rotterdam is belangrijk, maar is in omvang en groei onvoldoende om de doelstelling voor 50% CO<sub>2</sub>-reductie in 2025 waar te maken. Afhankelijk van ontwikkelingen in technologie en de markt zien we anno 2025 de volgende bijdragen voor CO<sub>2</sub>-reductie:

- Energie-efficiency industrie: 3 Mton/jaar;
- grootschalig gebruik lage temperatuur industriewarmte: 1-2 Mton/jaar;
- biomassa voor elektriciteitscentrales en biobrandstoffen: 6-16 Mton/jaar;
- schoon fossiel: 10 tot 20 Mton/jaar.

De grootschalige afvang van CO<sub>2</sub> is naast een grote uitdaging ook een grote kans. Als de capaciteit voor ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag wordt benut, kan Nederland ook in de toekomst blijven voldoen aan steeds stringenter eisen ten aanzien van de toegestane CO<sub>2</sub>-uitstoot. Daarnaast kan de aanwezigheid van een CO<sub>2</sub>-infrastructuur, waarmee bedrijven tegen wereldwijd concurrerende meerkosten hun CO<sub>2</sub>-emissies kunnen reduceren, een belangrijke vestigingsvoorwaarde voor nieuwe bedrijven in het havengebied zijn.

Voordat de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> op grote schaal mogelijk is, moet nog een aantal juridische en financiële onzekerheden worden weggenomen over de afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>. Aanpassing van Europese en nationale regelgeving en instrumentarium is noodzakelijk om CO<sub>2</sub> opslag mogelijk te maken. Ook moet er over een langere periode (tenminste twintig jaar) politiek draagvlak zijn voor CO<sub>2</sub>-opslag.

### Economische kansen voor CO<sub>2</sub>-emissiereductie in Rotterdam

De industrie in het Haven Industrieel Complex (HIC) Rotterdam vervult regionaal, nationaal en daarbuiten een cruciale functie door de het creëren van welvaart, werkgelegenheid en economische groei. Het is essentieel dat Rotterdam de maatschappelijke doelstellingen voor CO<sub>2</sub>-reductie zodanig kan uitvoeren dat zij de concurrentiepositie van de industrie versterken.

Daarbij is het zo dat zowel de Rotterdamse regio als Nederland beschikken over unieke locatievoordelen die economische kansen bieden voor de grootschalige afvang en opslag van CO<sub>2</sub>:

- Een hoge concentratie aan energie-intensieve industrie in het HIC Rotterdam, wat schaalgroottevoordelen geeft;
- een goede pijpleidinginfrastructuur die deels al voor CO<sub>2</sub> wordt gebruikt;
- de mogelijkheid van verhoogde gas- en oliewinning via CO<sub>2</sub>-injectie in on- en offshore velden. CO<sub>2</sub> heeft in deze toepassing een economische waarde.
- een relatief kleine afstand tot de on- en offshore velden met voldoende opslagcapaciteit voor CO<sub>2</sub>;
- de ligging van Rotterdam ten opzichte van andere gebieden met veel CO<sub>2</sub> uitstoot zoals Antwerpen (80 km) en het Roergebied (150 kilometer), waardoor een concentratie van CO<sub>2</sub> opslag rendabele perspectieven biedt.

Rotterdam streeft ernaar deze kansen te benutten om daarmee, op termijn, de CO<sub>2</sub>-hub van Europa te worden.



## GROEIMODEL BUSINESSCASE IN DRIE FASEN

De Rotterdamse businesscase voor de uiteindelijke afvang, transport en opslag van 20 Mton CO<sub>2</sub> is een groeimodel in drie fasen: 1,5 Mton, 10 Mton en 20 Mton afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>. Bronnen met de economisch meest interessante kansen voor CO<sub>2</sub>-afvang zijn opgenomen in fase 1 en de daaropvolgende bronnen in fase 2. In fase 3 wordt ook de CO<sub>2</sub> van de nieuwe geplande elektriciteitscentrales afgevangen.

### Businesscase fase 1: 1,5 Mton/jaar

De bronnen die in de eerste fase van de businesscase in aanmerking komen, hebben een emissie van meer dan 50 kton pure CO<sub>2</sub> per jaar (met een concentratie boven de 75%). Hier zijn de kosten voor afvang relatief laag. De pure CO<sub>2</sub>-stroom kan worden hergebruikt in onder meer de glastuinbouw. Voor een groot deel gebeurt dat nu al. De scheiding en afname van 1,5 Mton CO<sub>2</sub> kan in het HIC Rotterdam gerealiseerd worden door de markt voor industriële gassen en de glastuinbouw verder uit te bouwen. De vergoeding die de glastuinbouw per ton CO<sub>2</sub> betaalt is hoger dan de kosten voor afvang en transport van de CO<sub>2</sub>. Fase 1 is dus kosteneffectief. De stuwende kracht achter dit project is de economische benutting van de CO<sub>2</sub> bij de tuinbouwsector. Het volume van deze pure CO<sub>2</sub>-bronnen is circa 2,5% van de totale industriële uitstoot aan CO<sub>2</sub> in het HIC Rotterdam.

### Businesscase fase 2: 10 Mton/jaar

De bronnen in fase 2 van de businesscase hebben een emissie van meer dan 50 kton CO<sub>2</sub> per jaar met een concentratie van meer dan 10% en een emissiepuntbron die meer dan 10 kton CO<sub>2</sub> per jaar emitteert. Het betreft hier vooral bedrijven met gasketels (geen turbines) en -fornuizen. De afvangkosten van CO<sub>2</sub> zijn bij bronnen uit fase 2 hoger dan bij fase 1.

De afvang en opslag van 10 Mton CO<sub>2</sub> is een realistisch scenario om de komende jaren uit te werken. Deze variant gaat uit van de afvang en opslag van geconcentreerde CO<sub>2</sub>-bronnen (fase 1) en bronnen met een lagere CO<sub>2</sub>-concentratie die bij stijgende prijzen voor CO<sub>2</sub> als eerste kosteneffectief kunnen worden afgevangen. Afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> in fase 2 kan worden gefinancierd uit inkomsten door Enhanced Oil Recovery (EOR) en Enhanced Gas Recovery (EGR).

De stuwende kracht achter fase 2 is dus de opbrengst uit de injectie van CO<sub>2</sub> in olie- en gasvelden. De verwachte opbrengsten in fase 2 bedragen € 32-58/ton CO<sub>2</sub>. De kosten over de hele keten voor fase 2 bedragen 24 €/ton CO<sub>2</sub>. Fase 2 kan dus kosteneffectief worden gerealiseerd.

### Businesscase fase 3: 20 Mton/jaar

In fase 3 wordt ook de CO<sub>2</sub> van de nieuw geplande elektriciteitscentrales afgevangen. De afvang en opslag van 20 Mton is alleen mogelijk, indien aan een aantal financiële en economische randvoorwaarden wordt voldaan. De belangrijkste voorwaarde is dat het emissiehandelssysteem na 2012 voor een langere termijn wordt gecontinueerd. Deze fase is dus relevant na 2012, wanneer ook de post-Kyoto invulling duidelijk is en de nieuwe elektriciteitscentrales operationeel zijn. De stuwende kracht in fase 3 zijn de inkomsten uit het emissiehandelssysteem. De verwachte opbrengsten in fase 3 bedragen € 26-54/ton CO<sub>2</sub>. De kosten over de hele keten voor fase 3 bedragen 24 €/ton CO<sub>2</sub>. Fase 3 kan dus kosteneffectief worden gerealiseerd.

*In de tabel op de volgende pagina zijn de kosten en opbrengsten van de drie fasen samengevat*

Businesscase	Fase 1: 1,5 Mton	Fase 2: 10 Mton	Fase 3: 20 Mton
Driver	Inkomsten gebruikers (tuinders)	Inkomsten EOR/EGR (primair) en inkomsten emissierechten	Inkomsten EOR/EGR en inkomsten emissierechten (primair)
<b>Kosten totaal €/ton</b>	<b>€17/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€24/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€24/ton CO<sub>2</sub></b>
Afvangkosten	4	17	17
Transportkosten	>13	2	2
Opslagkosten	0	5	5
<b>Inkomsten totaal €/ton</b>	<b>€45/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€32-58/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€26-54/ton CO<sub>2</sub></b>
Glastuinbouw EOR/EGR Emissierechten	1,5 Mton: 45	1,5 Mton: 45 8,5 Mton: 30-60	1,5 Mton: 45 8,5 Mton: 30-60 10 Mton: 20-50
<b>Opbrengsten</b>	<b>€28 ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€+8 tot +34 ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€+2 tot +20 ton CO<sub>2</sub></b>

**Opmerking:** Deze tabel geeft de kosten en baten gemiddeld over 20 jaar. Er kunnen op basis van deze tabel geen conclusies worden getrokken over de cashflow versus tijd of de rentabiliteit van de business case; dat vereist een meer gedetailleerde financiële analyse o.a. via DCF ('discounted cashflow analysis'). De 1,5 Mton CO<sub>2</sub>/jaar variant is gebaseerd op de bekende gegevens over aankoop van de OCAP pijpleiding en de CO<sub>2</sub>-compressiekosten.

## Consortium voor de Rotterdamse businesscase

De schaalgrootte van de benodigde investeringen voor de realisatie van de Rotterdamse businesscase vereist een consortium middels een publiek-private samenwerking tussen overheid en bedrijven. De overheid kan zo onzekerheden wegnemen door faciliteren van vergunningtrajecten en het beïnvloeden van overige vestigingsvoorwaarden. De bedrijven kunnen de technologische en marktrisico's verlagen door hun specifieke expertise op het gebied van afvang, transport en opslag in te brengen. Verder is de vorming van een consortium vereist om in aanmerking te komen voor de Nederlandse en Europese Schoon Fossiel tender.

## Subsidie

De Europese Unie wil de komende jaren circa twaalf proeftrajecten voor ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> 'faciliteren' en stelt hiervoor mogelijk subsidie beschikbaar.

Er is een consortium nodig om het commitment van de verschillende partijen te formaliseren en voor subsidie van de EU en van EZ in aanmerking te komen. Met het Warmtebedrijf Rotterdam als voorbeeld kunnen we in een later stadium denken aan de oprichting van een CO<sub>2</sub>-bedrijf.

Uit de lange weg die het warmtebedrijf heeft moeten gaan, weten we dat de ontwikkeling van businesscases de expertise vereist van een neutrale, onafhankelijke netwerkorganisatie die ervaring heeft met innovatie en aanjagen van projecten.

## Conclusies en aanbevelingen voor de businesscase Schoon Fossiel

Schoon-fossielprojecten zijn met behulp van bestaande technologie uit te voeren. De verwachting is dat afdangkosten door verdergaande technologische ontwikkelingen nog significant zullen dalen.

Rotterdam heeft de positie en de mogelijkheden voor het realiseren van schoon fossiel en kan zich daarmee verder ontwikkelen als energiehaven.

De Rotterdamse businesscase voor fase 3 (reductie 20 Mton CO<sub>2</sub>/jaar in 2025) kan kosteneffectief worden gerealiseerd als een aantal onzekerheden wordt weggenomen. De EU, de nationale en regionale overheid en het bedrijfsleven moeten maatregelen treffen om onzekerheden voor investeerders te reduceren en om een helder kader te scheppen voor de ontwikkeling van schoon-fossielprojecten. De belangrijkste acties zijn:

- Afronding generieke MER procedure (AMESCO) om daarmee kader te scheppen voor het vergunnen van CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag;
- opname van CO<sub>2</sub>-opslag in het EU emissiehandelsstelsel en het creëren van schaarste in emissierechten;
- geconcentreerde CO<sub>2</sub> procesemissies opnemen in EU emissiehandelsstelsel;
- realiseren van demo's voor grootschalige afvang van CO<sub>2</sub>;
- procedures concessieverlening ten behoeve van CO<sub>2</sub>-opslag aanpassen. Met de huidige regels kan de overheid onvoldoende regie voeren ten aanzien van het tijdig beschikbaar krijgen van olie- en gasvelden voor ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag;
- keuze van de te gebruiken opslaglocaties en hierover overeenstemming bereiken met concessiehouders;
- creëren van randvoorwaarden waarmee het voor partijen aantrekkelijk wordt te investeren in infrastructuur voor transport van CO<sub>2</sub>;
- nadere detaillering van de hoeveelheid beschikbare industriewarmte voor het opereren van de CO<sub>2</sub> afdanginstallatie. Dit wordt uitgevoerd in samenhang met het project 'Botlekloop';
- ontwerp van en keuze voor locaties van compressorstations;
- bedrijven gericht acquireren, voor bijvoorbeeld Maasvlakte 2, die een meerwaarde genereren voor de realisatie van de grootschalige businesscase schoon fossiel (bio-ethanol, vergassing van biomassa etc.).



# INHOUDSOPGAVE

<b>VOORWOORD</b> .....	5
<b>INHOUDSOPGAVE</b> .....	13
<b>1. Inleiding</b> .....	15
1.1 Achtergrond .....	15
1.2 Doelstelling .....	18
1.3 Aanpak en leeswijzer .....	18
1.4 Relatie met andere onderzoeken .....	19
<b>2. Bronnenonderzoek</b> .....	20
2.1 Overzicht CO <sub>2</sub> bronnen in het HIC Rotterdam .....	20
2.2 Toekomstige ontwikkelingen .....	21
2.3 Mogelijkheden voor hergebruik en nuttige toepassing van CO <sub>2</sub> in het HIC Rotterdam .....	21
2.4 Conclusie: CO <sub>2</sub> -afvangpotentieel .....	22
<b>3. De CO<sub>2</sub>-keten</b> .....	23
3.1 Mogelijkheden voor afvang .....	23
3.2 Mogelijkheden voor opslag .....	26
3.3 Mogelijkheden voor transport .....	28
<b>4 De Rotterdamse businesscase</b> .....	36
4.1 Introductie .....	36
4.2 Aannames voor de businesscase .....	37
4.3 Kosten van CO <sub>2</sub> -afvang en -transport .....	38
4.4 Conclusies .....	41
<b>5. Stakeholderanalyse</b> .....	42
5.1 Overzicht relevante stakeholders .....	42
5.2 Krachtenveldanalyse .....	43
5.3 Conclusies en aanbevelingen .....	46
<b>6. Lessen uit Rotterdamse projecten</b> .....	47
6.1 Warmtebedrijf Rotterdam .....	47
6.2 Multicore .....	52
6.3 OCAP .....	54
6.4 Conclusies .....	56
<b>7. Conclusies en aanbevelingen</b> .....	57
7.1 Conclusies .....	58
7.2 SWOT analyse Rotterdamse businesscase .....	59
7.3 Routekaart voor realisatie businesscase .....	59



# 1 Inleiding

De meeste wetenschappers zijn het erover eens: de mens beïnvloedt het klimaat. Het IPCC (International Panel for Climate Change van de Verenigde Naties) heeft recent zelfs, namens duizenden wetenschappers, gesteld dat het voor 90% zeker is dat klimaatverandering wordt veroorzaakt door antropogene (door de mens veroorzaakte) CO<sub>2</sub>-emissies. Om de effecten van klimaatverandering te beperken, zal de uitstoot van CO<sub>2</sub> naar de atmosfeer sterk moeten worden gereduceerd.

Rotterdam heeft de ambitie uitgesproken om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2025 met 50% te beperken ten opzichte van de uitstoot in 1990. Realisatie van deze doelstelling, met behoud van economische groei, is alleen mogelijk door grootschalige inzet van de verschillende transitiepaden. Daarbij is een dominante rol voorzien voor schoon fossiel (afvang, transport en ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub>).

Het is essentieel dat deze maatschappelijke doelstelling voor CO<sub>2</sub>-reductie zodanig wordt uitgevoerd dat zij de concurrentiepositie van de industrie niet verstoort maar juist versterkt. Dit kan door de unieke locatievoordelen van het Rotterdamse Haven- en Industrieel Complex (HIC) en van Nederland te benutten:

- De hoge concentratie van energie-intensieve industrie in Rotterdam;
- de aanwezigheid van een pijpleidinginfrastructuur die deels al voor CO<sub>2</sub> wordt gebruikt;
- de aanwezigheid van CO<sub>2</sub>-opslagcapaciteit op relatief geringe afstand, in de vorm van olie- en gasvelden;
- de mogelijkheid tot verhoging van gas- en oliewinning via CO<sub>2</sub>-injectie in offshore velden;
- de ligging van Rotterdam ten opzichte van andere gebieden met veel CO<sub>2</sub> uitstoot zoals Antwerpen (30 km) en het Roergebied (100 kilometer).

Dit rapport geeft inzicht in de mogelijkheden van Schoon Fossiel voor het HIC Rotterdam. Deze mogelijkheden zijn uitgewerkt in drie businesscases.

## 1.1 Achtergrond

### Klimaatbeleid internationaal

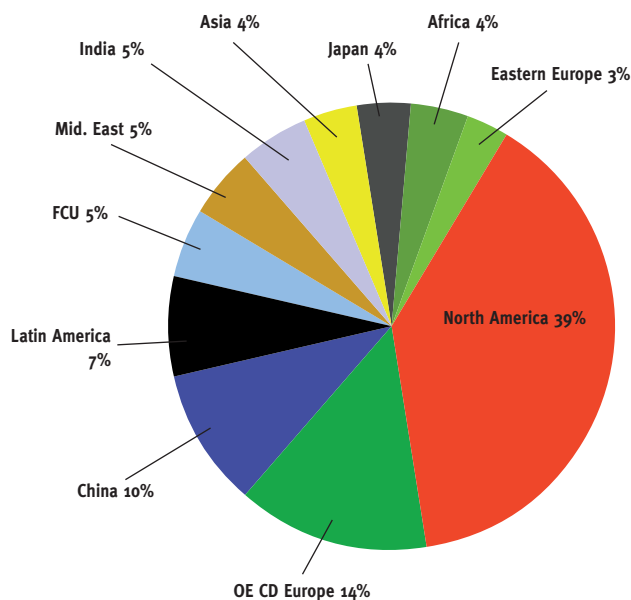
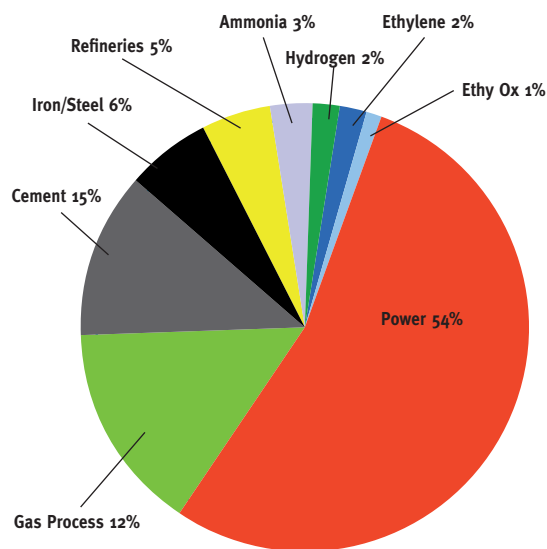
De mondiale uitstoot aan CO<sub>2</sub> bedraagt zo'n 27.000 Mton per jaar. Europa is verantwoordelijk voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 4.653 Mton/jaar (Energy Information Administration, 19 juli 2006) en neemt daarmee een kleine 20% van de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot voor zijn rekening. Ook in Europees verband wordt de relatie tussen CO<sub>2</sub>-uitstoot en klimaatverandering onderkend. De EU heeft aangegeven dat de temperatuurstijging in 2100 als gevolg van de uitstoot van CO<sub>2</sub> maximaal 2°C mag bedragen. Om deze doelstelling te halen moet het CO<sub>2</sub>-gehalte in de atmosfeer gestabiliseerd worden tot een waarde tussen de 450 en 550 ppm. Daarmee moet de wereldwijde uitstoot met meer dan 50% worden verminderd ten opzichte van de uitstoot in 1990.

De kortetermijndoelstelling van de EU voor de reductie van broeikasgassen bedraagt 8% over de periode van 2008 tot 2012 ten opzichte van de situatie in 1990. Deze EU-doelstelling, gecombineerd met emissieplafonds en een handelssysteem voor CO<sub>2</sub>-emissierechten, gaat verder dan de Kyoto-afspraken (5,2% reductie).

Recent heeft de EU zich uitgesproken over de langetermijnreductiedoelstelling voor broeikasgassen. Dit omvat 20% reductie in 2020 ten opzichte van de uitstoot in 1990 en zelfs tot 30% reductie als andere landen buiten de EU zich ook vastleggen op absolute reducties na 2012. Met name Amerika, Rusland, China en India zijn daarbij nodig.

### Ondergrondse opslag serieuze optie

Door de EU wordt ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> als een serieuze optie gezien om tot beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot te komen. EU commissaris Dimas: 'Carbon capture and storage has a vital role to play'. Op Europese en nationale schaal worden op dit moment verschillende studies uitgevoerd naar de technische haalbaarheid van het onder-



Figuur 1: CO<sub>2</sub> uitstoot wereldwijd en herkomst

Bron: EIA 2002

gronds opslaan van CO<sub>2</sub>. Ook zijn EU werkgroepen bezig voorstellen te ontwikkelen om het financiële en juridische instrumentarium aan te passen om de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> mogelijk te maken. Daarnaast denkt de EU nu na over het grootschalig introduceren/voorschrijven van ondergrondse CO<sub>2</sub> opslag in 2020 bij nieuwbouw van elektriciteitscentrales. Om dit te bereiken wil de EU de komende jaren circa 12 pilots voor ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> met subsidie faciliteren. In het tweede kwartaal van 2007 zijn (markt)partijen uitgenodigd om hiervoor ideeën en businesscases aan te leveren. De partijen in het HIC Rotterdam (o.a. Linde en havenbedrijf Rotterdam) zijn van plan gezamenlijk een businesscase in te dienen.

#### Klimaatbeleid nationaal

De uitstoot van CO<sub>2</sub> in Nederland bedraagt circa 267 Mton per jaar (bron IEA, International Energy Agency), 19 juli 2006). Nederland moet volgens Europese afspraken in de periode 2008-2012 de uitstoot van broeikasgassen met 6% verminderen ten opzichte van de situatie in 1990. Het gaat om gassen als kooldioxide, lachgas, methaan en een aantal fluorverbindingen. Reducties in emissie worden uitgedrukt naar equivalente hoeveelheden CO<sub>2</sub>. Zo is methaan als broeikasgas ruim 22 keer schadelijker dan CO<sub>2</sub>. De uitstoot van 1 ton methaan vertegenwoordigt dan ook een CO<sub>2</sub>-emissie van 24 ton CO<sub>2</sub>.

Om de 6% doelstelling te halen, mag Nederland in de periode 2008-2012 jaarlijks maximaal 221,7 Mton CO<sub>2</sub> uitstoten. In de onderstaande tabel zijn de sectorale streefwaarden voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> in de periode 2008-2012 weergegeven.

Uit onderstaande tabel blijkt dat de industrie en de elektriciteitsvoorziening een groot deel (circa 50%) van de CO<sub>2</sub>-emissies veroorzaken. Deze emissies zijn voor een belangrijk deel weer afkomstig van een aantal grote stationaire bronnen.

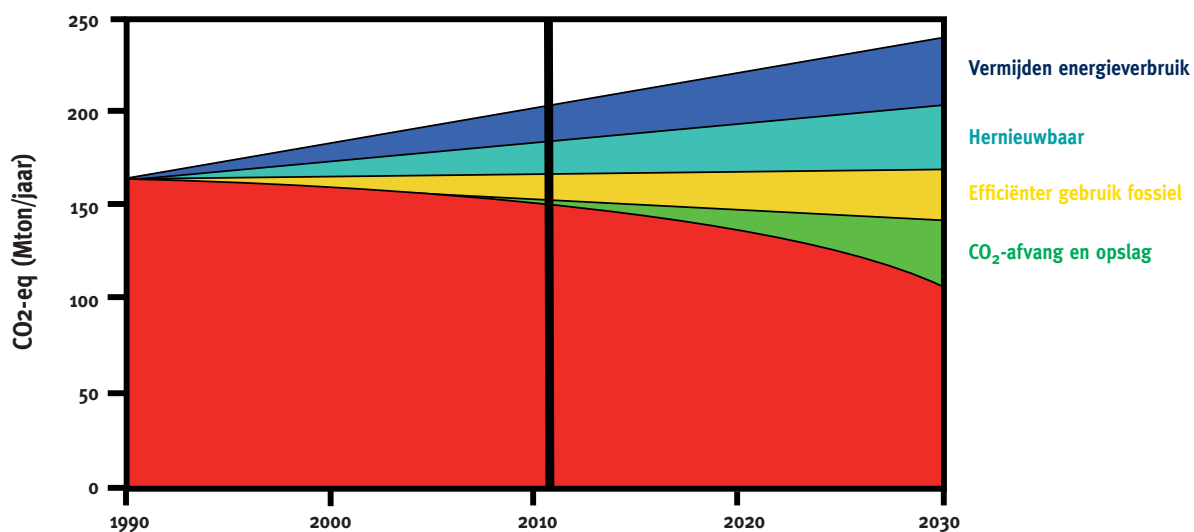
Tabel 1: Streefwaarden CO<sub>2</sub> uitstoot per sector

Streefwaarde sector	Nieuwe streefwaarden	Departement
CO <sub>2</sub> landbouw	8,2	LNV
CO <sub>2</sub> verkeer	38,7	V&W en VROM
CO <sub>2</sub> gebouwde omgeving	28,3	VROM
CO <sub>2</sub> industrie/ energie	109,2	EZ
Overige broeikasgassen	35,4	VROM
Emissies bossen*	0,1	
Totaal	220,0	
Binnenlands Kyoto doel	221,7	

\* Voor emissies in bossen is er geen streefwaarde, maar omdat deze emissies wel meetellen voor Kyoto is er ruimte voor gereserveerd.

Bron: Ministerie van VROM





Figuur 2: CO<sub>2</sub> emissiereductie Nederland

Bron: ECN

Daarnaast wordt in het 4e Nationaal Milieu Plan (NMP-4) gesteld dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2030 met 130 MtCO<sub>2</sub> per jaar moet zijn gereduceerd om een 30% reductie t.o.v. de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 1990 te kunnen realiseren. Deze doelstelling is overgenomen in het regeerakkoord van het kabinet Balkenende-4. Een reductie van 40 tot 50 Mton moet via Schoon Fossiel worden gerealiseerd (bron ECN).

#### Klimaatbeleid Rotterdamse regio

De nationale doelstelling voor de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot in de periode 2008-2012 bedraagt 221,7 Megaton per jaar. De industrie mag in deze periode jaarlijks 105,4 Mton uitstoten. De huidige CO<sub>2</sub>-emissie van de industrie in het HIC Rotterdam bedraagt ongeveer 26 Mton/jaar. Dit is circa 25% van de landelijke industriële uitstoot. Deze emissies zijn grotendeels afkomstig uit circa 25 industriële installaties.

Rotterdam heeft de ambitie uitgesproken om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2025, vergeleken met de situatie in 1990, met 50% te verminderen. In het business as usual-scenario (autonome groei zonder het treffen van maatregelen) zal de industriële CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2025 zijn gestegen tot zo'n 40 Mton. Wil Rotterdam zijn ambitie waarmaken, dan kan de stad dit enkel doen door toonaangevend te zijn op het gebied van efficiencyverbeteringen, grootschalige inzet van biomassa en het toepassen van schoon fossiel.

Hieronder is uiteengezet hoe de Rotterdamse ambitie om de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2025 met 50% te reduceren, kan worden gerealiseerd. Dit is ook vastgelegd in het Rotterdam Climate Initiative (RCI) en het advies aan de International Advisory Board (IAB).

#### Stap 1: Efficiënter energiegebruik: 4-5 Mton

*Grootschalig gebruik lage temperatuur industriewarmte*  
Grootschalig toepassen van lage temperatuur industriewarmte leidt tot een verminderde inzet van aardgas en kolen voor verwarmingsdoeleinden in zowel industrie, glastuinbouw en woningen en levert daarmee een bijdrage aan reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Het rendabel te exploiteren potentieel voor het HIC Rotterdam is bepaald op minimaal 1 tot 2 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.

#### Verbeteren energie-efficiency installaties

Op basis van bewezen technologie en investeringen met een maximale terugverdientijd van 10 jaar kan de industrie in Rotterdam een reductie van 3 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar realiseren. Deze analyse is gebaseerd op energie benchmarking studies en conservatieve aannames. Omdat innovatie in het productieproces hierin niet wordt meegenomen, is het werkelijk potentieel dus hoger.

### Stap 2: Duurzame energie via biomassa en bio-brandstoffen: 6-16 Mton

De inzet van biomassa in elektriciteitscentrales substitueert kolen en leidt tot emissie van kortcyclische CO<sub>2</sub> en daarmee tot een lagere fossiele CO<sub>2</sub> emissie. De productie van bio-brandstoffen als bio-ethanol en biodiesel levert een sterke synergie met de olieraffinage in het HIC Rotterdam. Lokaal mengen van fossiele en biobrandstoffen voorkomt immers veel tankwagentransport. Het gebruik van bio-brandstoffen in het verkeer leidt tot lagere fossiele CO<sub>2</sub>-emissies, terwijl de lokaal geproduceerde CO<sub>2</sub> van de bio-ethanol fabrieken tegen lage kosten zijn af te vangen voor de schoon fossiel route. De bijdrage van biomassa en bio-brandstoffen aan de CO<sub>2</sub> emissiereductie over de keten is bepaald op 6 tot 16 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.

### Stap 3: Schoon fossiel: 20 Mton

In hoofdstuk 3 over de businesscases voor schoon fossiel zijn drie scenario's uitgewerkt voor de afvang van respectievelijk 1,5 Mton, 10 Mton en 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. De afvang van 1,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar wordt gerealiseerd door de markt zelf. Een volgend realistisch scenario is de afvang van 10 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Implementatie van 20 Mton per jaar reductie via schoon fossiel is afhankelijk van de prijsvorming in de CO<sub>2</sub> emissiehandel na 2012. Deze ambitie kan alleen worden gerealiseerd als de CO<sub>2</sub> van de twee nieuw geplande kolengestookte elektriciteitscentrales dan wordt afgevangen.

Het totale potentieel voor de reductie van CO<sub>2</sub> in het Haven Industrieel Complex op basis van deze aannames bedraagt circa 30 Mton per jaar. Er kan voorzichtig worden geconcludeerd dat, met uiterst voortvarend beleid ten aanzien van beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, de doelstellingen zoals geformuleerd in het Rotterdam Climate Initiative en het IAB advies binnen bereik liggen. Meer dan de helft van de doelstelling wordt bereikt door CO<sub>2</sub>-reductie middels schoon fossiel. Deze transitieroute is dus onmisbaar voor het behalen van de Rotterdamse doelstellingen.

## 1.2 Doelstelling

De ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> is naast een grote technologische en financiële uitdaging ook een grote kans. Als de capaciteit voor ondergrondse CO<sub>2</sub> opslag wordt benut, kan Nederland ook in de toekomst blijven voldoen aan steeds stringenter eisen ten aanzien van de toegestane CO<sub>2</sub>-uitstoot. Daarnaast kan de aanwezigheid van een CO<sub>2</sub>-infrastructuur, waarmee bedrijven tegen wereldwijd concurrerende meerkosten hun CO<sub>2</sub>-emissies kunnen reduceren, een belangrijke vestigingsvoorwaarde voor nieuwe bedrijven in het havengebied zijn.

Voordat de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> op grote schaal mogelijk is, moet nog een aantal juridische en financiële onzekerheden worden weggenomen over de afvang, opslag en transport van CO<sub>2</sub>. Aanpassing van Europese en nationale regelgeving en instrumentarium is noodzakelijk om CO<sub>2</sub> opslag mogelijk te maken. Ook moet er over een langere periode politiek draagvlak zijn voor CO<sub>2</sub>-opslag.

Dit onderzoek naar de mogelijkheden van schoon fossiel in het HIC Rotterdam bekijkt de haalbaarheid voor de businesscase. Tevens wordt een inschatting gemaakt van de kosten en wordt duidelijk aan welke 'knoppen' de instanties in de Rotterdamse regio kunnen/moeten draaien om tot een grootschalige pilot voor de afvang, transport en ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> te komen.

De **hoofddoelstelling** van het project luidt dan ook: *inzicht geven in de mogelijkheden voor schoon fossiel in het HIC Rotterdam om een reductie te realiseren van 20 Mton CO<sub>2</sub>/jaar.*

## 1.3 Aanpak en leeswijzer

De hoofddoelstelling van dit onderzoek is vertaald in de volgende onderdelen:

*Bronnenonderzoek (hoofdstuk 2)*

In het HIC Rotterdam zijn circa 25 grote bronnen die jaarlijks meer dan 50 Kton CO<sub>2</sub> uitstoten. Op basis van een aantal criteria is een inschatting gemaakt van de meest kansrijke bedrijven voor de afvang van CO<sub>2</sub>.

*De CO<sub>2</sub>-keten: afvang, transport en opslag (hoofdstuk 3)*

Dit hoofdstuk gaat over de technische, juridische en economische aspecten van afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> die van belang zijn voor de Rotterdamse businesscase.

#### *De Rotterdamse businesscase (hoofdstuk 4)*

In dit hoofdstuk zijn drie businesscases voor schoon fossiel in het HIC Rotterdam uitgewerkt, voor de afvang van respectievelijk 1,5 Mton, 10 Mton en 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.

#### *Stakeholderanalyse (hoofdstuk 5)*

De stakeholderanalyse geeft een indruk van de houding van de verschillende stakeholders ten aanzien van de businesscase schoon fossiel. Ook is aangegeven onder welke voorwaarden de (kansrijke) bedrijven/partijen willen meewerken aan de realisatie van een businesscase voor CO<sub>2</sub>-afvang in het HIC Rotterdam.

#### *Lessen van andere projecten (hoofdstuk 6)*

In Rotterdam is een aantal initiatieven en projecten gerealiseerd die op onderdelen vergelijkbaar zijn met het realiseren van afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>. Uit deze projecten worden lessen gedestilleerd die bruikbaar zijn bij het realiseren van de businesscase voor CO<sub>2</sub>-opslag. Het gaat om de volgende projecten:

- Warmtebedrijf;
- OCAP;
- Multicore.

#### *Conclusies (hoofdstuk 7);*

Op basis van het bronnenonderzoek, de uitwerking van de businesscases, het juridische kader, de lessen uit andere projecten en de stakeholderanalyse wordt in dit hoofdstuk een routekaart gepresenteerd voor de realisatie van de Rotterdamse businesscase.

### **1.4 Relatie met andere onderzoeken**

In Nederland is een aantal studies waar vanuit verschillende perspectieven de haalbaarheid van ondergrondse CO<sub>2</sub> opslag wordt onderzocht:

1. Een onderzoek in opdracht van EnergieNed, VROM en EZ, uitgevoerd door KEMA, TNO ECN, Ecofys en Spin Consult naar de financieel-economische en technische haalbaarheid van afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> bij elektriciteitscentrales.

2. Milieu Effect Rapportage (MER) in opdracht van de drie noordelijke provincies, provincie Zuid Holland en de NAM naar de effecten van grootschalige opslag van CO<sub>2</sub> onder landbodems (AMESCO studie). In deze (proef)MER worden de volgende aspecten onderzocht:

- Het noodzakelijk juridische kader om tot ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> te komen;
- de selectiecriteria voor geschikte CO<sub>2</sub>-opslagplaatsen en het veilig beheer van de CO<sub>2</sub>-opslag in de beheersfase;
- de gevaarsaspecten van CO<sub>2</sub>.

Daarnaast start in 2007 een tweetal nationale studies:

1. Onderzoek naar hergebruik van bestaande olie- en gas infrastructuur op de Noordzee (Nogepa).
2. Onderzoek naar de opslagmogelijkheden in aquifers op het Nederlands Continentaal Plat (o.a. Linde, NAM, TNO).

In dit rapport zijn de relevante resultaten van bovengenoemde onderzoeken meegenomen. Het rapport gaat daarbij verder op de volgende punten:

- De haalbaarheid van de doelstelling om in het HIC Rotterdam 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar af te vangen (en vervolgens te transporteren en op te slaan);
- de CO<sub>2</sub>-afvangkosten bij de grote Rotterdamse CO<sub>2</sub> bronnen;
- een stakeholderanalyse specifiek gericht op Rotterdamse partijen;
- de analyse van drie opeenvolgende fasen in de regionale businesscases voor schoon fossiel;
- het formuleren van voorstellen en aanbevelingen om de businesscase in het HIC Rotterdam uit te werken en te implementeren.

## 2. Bronnenonderzoek

Het doel van het bronnenonderzoek is de identificatie van bedrijven die het meest kansrijk zijn voor de afvang van CO<sub>2</sub>. In dit hoofdstuk worden de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

Paragraaf 2.1: Wat zijn de belangrijkste CO<sub>2</sub> bronnen in het HIC Rotterdam en welke van deze bronnen komen in aanmerking voor de uitwerking van een businesscase?

Paragraaf 2.2: Welke nieuwe bedrijven met een CO<sub>2</sub> emissie gaan zich in de toekomst vestigen en welke van deze bedrijven zijn mogelijk interessant voor de afvang van CO<sub>2</sub>?

Paragraaf 2.3: Welke nuttige toepassingen en mogelijkheden voor hergebruik van CO<sub>2</sub> zijn er in het HIC Rotterdam?

Paragraaf 2.4: Conclusie: wat is het reductiepotentieel voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot in Rotterdam door hergebruik, nuttige toepassing en opslag van CO<sub>2</sub> en welke bedrijven komen in aanmerking voor de uitwerking van een businesscase?

*Het eindresultaat van het bronnenonderzoek is een selectie van CO<sub>2</sub>-bronnen die in aanmerking komen voor de Rotterdamse businesscase*

### 2.1 Overzicht CO<sub>2</sub> bronnen in het HIC Rotterdam

De totale industriële CO<sub>2</sub>-uitstoot in het HIC Rotterdam bedraagt 26 Mton/jaar. Het merendeel van deze emissie is afkomstig van circa 25 grote industriële installaties. Dit is circa 25% van de landelijke industriële uitstoot van CO<sub>2</sub>. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van alle bedrijven in het HIC Rotterdam met een emissie van meer dan 50 kton CO<sub>2</sub> per jaar. De geïdentificeerde bedrijven zijn:

- ADM
- AVR
- Air Products
- Esso raffinaderij
- Exxon RAP
- Exxon ROP
- Kuwait petroleum
- Koch Nerefco
- Aluchemie
- Akzo Nobel energy
- DSM special products
- Shin Etsu VCM Botlek
- Lyondell Botlek
- Tronox pigments
- Shell Pernis
- E.ON centrale Maasvlakte
- E.ON centrale Galileistraat
- Eurogen C.V.

Op basis van een aantal criteria is een eerste inschatting gemaakt hoe kansrijk deze bedrijven zijn voor de afvang van CO<sub>2</sub>. De bronnen zijn vervolgens ingedeeld in drie categorieën.

#### Categorie 1-bedrijven

- Een CO<sub>2</sub>-emissie van meer dan 50 kton per jaar;
- een emissiepuntbron die groter is dan 10 kton CO<sub>2</sub> per jaar;
- en een pure stroom CO<sub>2</sub> (meer dan 75% CO<sub>2</sub>).

De categorie 1-bedrijven zijn het meest kansrijk voor CO<sub>2</sub>-afvang omdat de afvangkosten laag zijn en de pure CO<sub>2</sub> stroom kan worden hergebruikt in de frisdrankindustrie en de glastuinbouw. Voor een groot deel worden deze stromen nu al afgevangen door marktpartijen en hergebruikt. Het volume van deze pure CO<sub>2</sub> bronnen is circa 2,5% van de totale industriële uitstoot in Rotterdam.

#### Categorie 2-bedrijven

- Een CO<sub>2</sub>-emissie van meer dan 50 kton per jaar;
- een emissiepuntbron die groter is dan 10 kton CO<sub>2</sub> per jaar;
- en een CO<sub>2</sub>-concentratie die groter is dan 10% (geen gasturbines, wel gasketels, fornuizen en kolengestookte centrales).

De afvangkosten van CO<sub>2</sub> zijn bij deze bedrijven hoger dan voor categorie 1-bedrijven. Van categorie 2-bedrijven wordt een inschatting gemaakt van de kosten die nodig zijn om de CO<sub>2</sub> af te vangen. Om de haalbaarheid van de categorie

2-bedrijven te beoordelen, zijn meer parameters van belang zoals de druk en temperatuur van de emissie, en de ligging van de bron ten opzichte van de infrastructuur.

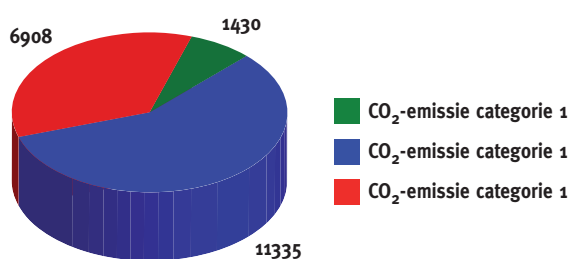
### Categorie 3-bedrijven

- Een CO<sub>2</sub>-emissie van meer dan 50 kton per jaar;
- een emissiepuntbron die groter is dan 10 kton CO<sub>2</sub> per jaar;
- en een CO<sub>2</sub>-concentratie die kleiner is dan 10%.

De emissie van deze bedrijven kent een relatief laag percentage CO<sub>2</sub>. In het algemeen zullen de afvangkosten bij deze bedrijven zeer hoog zijn. Voor de uitwerking van een businesscase voor de afvang en opslag van CO<sub>2</sub> zijn deze bedrijven niet interessant.

De bedrijven waarvan geen gegevens bekend waren over de CO<sub>2</sub>-concentratie in de rookgassen, zijn ingedeeld in categorie 3. Emissies van grote bedrijven met meerdere puntbronnen zonder gedetailleerde gegevens zijn qua emissie voor 50% ingedeeld in categorie 2 en voor 50% in categorie 3. In de volgende figuur zijn de emissies, verdeeld over de categorieën, weergegeven:

CO<sub>2</sub>-emissies (kiloton CO<sub>2</sub>/jaar) in 2006 per categorie bronnen in het HIC Rotterdam



De totale emissie van deze bronnen bedraagt thans 19,673 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar. Circa 1,4 miljoen ton daarvan is zuivere CO<sub>2</sub>. Deze zal grotendeels worden afgevangen door marktpartijen. Het totale reductiepotentieel bestaat uit bronnen bij bedrijven die vallen onder categorie 1 en 2, met een maximale capaciteit van 12,765 miljoen ton die bij de bestaande bedrijven kan worden afgevangen.

## 2.2 Toekomstige ontwikkelingen

Recentelijk hebben twee elektriciteitsproducenten aangegeven nieuwe (kolen)gestookte elektriciteitscentrales te gaan bouwen in het HIC Rotterdam. Daarnaast hebben ook vier andere bedrijven aangegeven een nieuwe fabriek te willen bouwen. Als al deze initiatieven doorgaan, zal dit

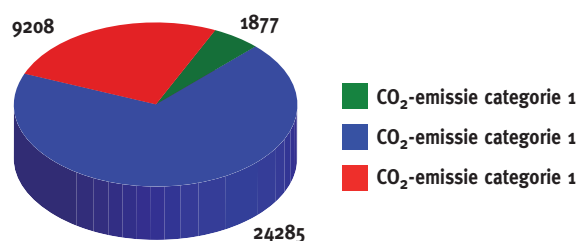
leiden tot een significant hogere CO<sub>2</sub>-emissie van circa 15 Mton/jaar. De totale uitstoot van CO<sub>2</sub> voor Rotterdam in een 'business as usual scenario' in 2015 zal stijgen tot circa 40 Mton/jaar.

Hieronder een overzicht van relevante nieuwe bedrijven met CO<sub>2</sub>-uitstoot in het HIC Rotterdam:

- Electrabel kolencentrale;
- E.ON kolencentrale;
- Eneco gasgestookte centrale (Enecogen);
- BER (Bio-Ethanol Rotterdam);
- Abengoa (ook producent bio-ethanol).

In het volgende plaatje zijn per categorie de totale emissies weergegeven voor de huidige situatie, inclusief de thans bekende investeringsplannen. De totale emissie van deze bronnen bedraagt dan 35,370 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar. Enecogen gaat verdunde CO<sub>2</sub> produceren (ca. 5% CO<sub>2</sub>) maar is toch gerekend bij categorie 2. We nemen aan dat de cryogene technologie van Eneco uiteindelijk de potentie heeft om ook deze lage CO<sub>2</sub>-concentratie rendabel af te vangen.

CO<sub>2</sub>-emissies (kiloton CO<sub>2</sub>/jaar) na 2011 per categorie bronnen in het HIC Rotterdam



De totale emissie van de bestaande en de nieuwe bronnen met een CO<sub>2</sub>-uitstoot is 35,370 Mton CO<sub>2</sub> per jaar in 2025. Circa 1,9 Mton daarvan is zuivere CO<sub>2</sub> en zal worden afgevangen door marktpartijen. Het totale reductiepotentieel in 2025 bestaat uit bedrijven (bronnen) die vallen onder categorie 1 en 2 met 26.162 Mton CO<sub>2</sub>/jaar.

## 2.3 Mogelijkheden voor hergebruik en nuttige toepassing van CO<sub>2</sub> in het HIC Rotterdam

Er is een aantal opties voor hergebruik en nuttige toepassing van CO<sub>2</sub>. De belangrijkste twee opties liggen bij industriële processen en de glastuinbouw, zoals:

- De glastuinbouw voor CO<sub>2</sub> bemesting;
- frisdrankindustrie, koolzuur;
- brandblusmiddelen, in sneeuwvorm;
- de metaalindustrie als bescherming tegen milieu-invloeden (beschermgas);

- de chemie:
  - productie van kunstmest (gebruikt CO<sub>2</sub> bij productie ammoniak voor productie ureum in kunstmest);
  - productie van anorganische carbonaten en bicarbonaten;
  - productie van methanol;
  - productie van polyurethaan;
  - voor afvalwaterzuivering (pH controle).

Alleen de glastuinbouw is interessant om in deze studie mee te nemen. Overige activiteiten worden niet ontplooid in de regio Rotterdam. Daarom wordt in deze paragraaf verder alleen aandacht besteed aan het hergebruik van CO<sub>2</sub> bij de tuinders.

#### Gebruik van CO<sub>2</sub> in de glastuinbouw

In de zomer, wanneer er sprake is van een hoge lichtintensiteit, is de hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de lucht (assimilatie) de beperkende factor in de groei van de plant. Door de planten meer CO<sub>2</sub> aan te bieden, groeien ze harder. Dit kan bijvoorbeeld door rookgassen de kas in te leiden of zuivere CO<sub>2</sub> van elders te benutten. OCAP levert deze CO<sub>2</sub> via een bestaande centrale pijpleiding en een nieuw aangelegd distributienet. In totaal zijn circa 500 tuinders aangesloten op het OCAP-netwerk. Dit komt neer op een aangesloten oppervlak van 1300 hectare. Zo besparen tuinders zo'n 95 miljoen kubieke meter aardgas per jaar en vermindert de CO<sub>2</sub>-uitstoot jaarlijks met zo'n 170.000 ton.

De totale levering aan CO<sub>2</sub> bedraagt nu 300.000 ton/jaar. Als alle tuinders in het leveringsgebied van OCAP worden aangesloten, kan circa 1 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar worden getransporteerd naar de tuinders. Dat is 3,8 % van de totale industriële uitstoot van het HIC Rotterdam.

Als een tuinder rookgas gebruikt voor het 'bemesten' van de plant, moet het in de rookgassen aanwezige NOx worden verwijderd omdat dit schadelijk is voor de plant. Hiertoe hebben de tuinders hun stookinstallaties voorzien van de zogeheten de-NOx installatie. Met de installaties wordt ook stroom opgewekt die wordt teruggeleverd aan het openbare net. Nu de tuinder geen CO<sub>2</sub> meer nodig heeft uit de afgassen van de stookinstallatie, vervalt daarmee voor hem de noodzaak tot het gebruik van een de-NOx-installatie. Hierdoor dreigt de ongewenste situatie te ontstaan dat de afgassen ongereinigd worden uitgestoten. Op dit moment ontbreekt het aan juridisch kader om dit tegen te gaan.

## 2.4 Conclusie: CO<sub>2</sub>-afvangpotentieel

Het huidige CO<sub>2</sub> afvangpotentieel bedraagt 12,8 Mton. In 2025 is dit potentieel toegenomen tot 26 Mton.

De CO<sub>2</sub>-afvangkosten stijgen sterk naarmate de CO<sub>2</sub>-concentratie in het rookgas afneemt. De CO<sub>2</sub>-afvangkosten zijn daarbij ook nog de dominante post in de totale kosten voor de gehele CO<sub>2</sub>-keten. Het realiseren van de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling voor het HIC Rotterdam tegen acceptabele kosten, vereist daarom een acquisitiebeleid dat bedrijven aantrekt die tegen lage kosten CO<sub>2</sub> kunnen afvangen. Bij voorkeur zijn dit ook bedrijven die kortcyclische CO<sub>2</sub> emissies, op basis van biomassa, produceren. In ieder geval moet de CO<sub>2</sub>-emissie redelijk geconcentreerd zijn, bij voorkeur hoger dan 20% CO<sub>2</sub>. De volgende typen bedrijven vallen onder deze categorie:

- 1) Bio-ethanol producenten die via fermentatie van biomassa ethanol produceren (zoals Abengoa en BER).
- 2) Biodiesel producenten die diesel produceren op basis van vergassing met pure zuurstof van biomassa (zoals Choren).
- 3) Waterstof en/of elektriciteitsproducenten die waterstof en/of elektriciteit produceren op basis van vergassing met pure zuurstof van aardgas, kolen of biomassa (industriële gasbedrijven zoals Air Products en elektriciteitsproducenten zoals Nuon).
- 4) Verbranding op basis zuivere zuurstof.

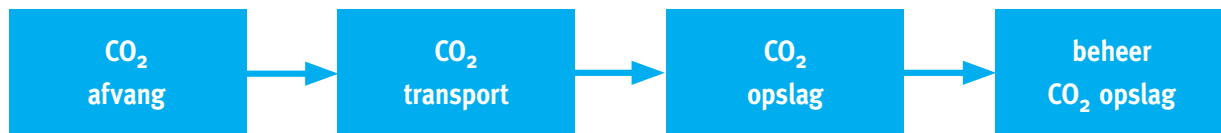
Deze bedrijven zullen een sterke synergie hebben met de bestaande bedrijven in het HIC Rotterdam. De aanwezigheid van vier grote raffinaderijen geeft namelijk een sterke vraag naar biodiesel en bio-ethanol voor bijmenging met fossiele benzine en diesel. De EU stelt immers per 2020 voor de transportsector een aandeel van 10% bio-brandstoffen verplicht (thans 2,75%). Bovendien zal het groeiende aanbod van zware olie en de strengere specificaties voor transportbrandstoffen op zwavel en aromaten bij de raffinaderij de vraag naar waterstof verhogen. Deze waterstof wordt geproduceerd via vergassing, waarbij ook zuivere CO<sub>2</sub> wordt geproduceerd.

Ook zou men kunnen onderzoeken of een retrofit van bestaande installaties mogelijk is via gebruik van oxyfuel-technologie. Bij deze verbrandingsprocessen wordt lucht vervangen door pure zuurstof. De vlamtemperatuur wordt dan geregeld door water in plaats van stikstof als inert te injecteren in de ketel. De extra kosten van pure zuurstof en investeringen voor de retrofit zouden dan moeten worden gecompenseerd door de lagere CO<sub>2</sub>-afvangkosten en het hogere rendement van de installatie door de toegenomen stoomproductie.



### 3. De CO<sub>2</sub>-keten

De schoon fossielroute (CO<sub>2</sub>-keten) bestaat uit de volgende stappen:



Bij deze onderdelen zijn verschillende stakeholders betrokken en gelden aparte wetten en regels. Bij het realiseren van de businesscase moeten deze onderdelen afzonderlijk maar tegelijkertijd worden georganiseerd. In dit hoofdstuk wordt per onderdeel aangegeven welke kansen en bedreigingen er zijn voor de Rotterdamse businesscase. Vervolgens komen deze drie onderdelen samen in het volgende hoofdstuk.

#### 3.1 Mogelijkheden voor afvang

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op de volgende vragen:

- 3.1.1 Op welke manieren komt CO<sub>2</sub> vrij?
- 3.1.2 Welke technieken zijn er om CO<sub>2</sub> af te vangen?
- 3.1.3 Welke juridische aspecten zijn van belang?
- 3.1.4 Wat kost het om de CO<sub>2</sub> af te vangen?

##### 3.1.1 Op wat voor manieren komt CO<sub>2</sub> vrij?

**A)** De meest bekende en in omvang ook de grootste CO<sub>2</sub>-uitstoot is die van de traditionele verbranding. Brandstof, olie, kolen, gas, biomassa etc. wordt in contact met omgevingslucht gebracht en verbrand. Op deze manier ontstaat een afgasstroom die voornamelijk bestaat uit stikstof, CO<sub>2</sub> en waterdamp. De afgasstroom bevat een relatief laag percentage CO<sub>2</sub>, namelijk 5 tot 15%. Deze wijze van verbranden wordt ook wel post-combustion genoemd. Zo'n 99% van alle verbrandingsprocessen op de wereld verloopt via post-combustion.

**B)** Het verbranden met behulp van zuivere zuurstof kent niet het nadeel dat CO<sub>2</sub> uit een met stikstof beladen stroom moet worden verwijderd. Bij verbranding met zuivere zuurstof bevatten de afgassen enkel CO<sub>2</sub> en waterdamp (en verontreinigingen afkomstig uit de brandstof). De waterdamp (in de vorm van stoom) en CO<sub>2</sub> zijn eenvoudig te scheiden. Het scheiden van zuivere zuurstof uit de omgevingslucht kost energie.

**C)** Bij vergassen (in combinatie met de water/gas shiftreactie) wordt een mengsel van CO<sub>2</sub> en waterstof (H<sub>2</sub>) gemaakt.

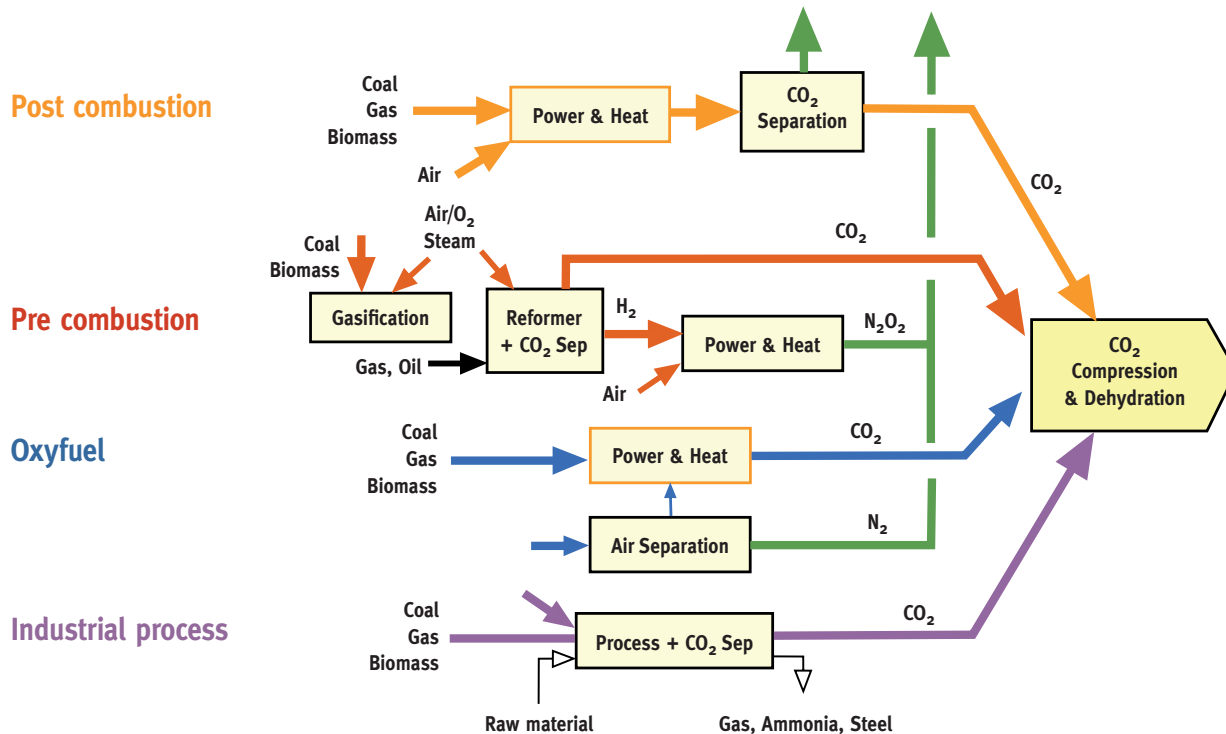
Vervolgens wordt de CO<sub>2</sub> verwijderd waarna de waterstof wordt verbrand met zuivere zuurstof. Voordeel van deze techniek is dat vergassing onder druk plaatsvindt. De CO<sub>2</sub> komt dan ook vrij bij die hogere druk waardoor scheidingsapparatuur kleiner kan zijn en er bespaard wordt op compressiekosten van de CO<sub>2</sub>.

Vergassing als technologie bestaat reeds geruime tijd. Recentelijk staat vergassing weer in de belangstelling omdat de technologie een relatief eenvoudige CO<sub>2</sub>-afscheiding mogelijk maakt. CO<sub>2</sub> komt in tamelijk zuivere vorm en onder druk beschikbaar. Hierdoor wordt zoals reeds gezegd bespaard op de, niet onaanzienlijke, compressiekosten. Vergassen wordt ook wel pre-combustion genoemd.

Los van de vraag welke verbrandingstechnologie nu het meest geschikt is voor CO<sub>2</sub>-afvang, betekent deze numerieke overmacht van post-combustion installaties dat voor substantiële reducties in CO<sub>2</sub>-uitstoot ook bij deze installaties afvang van CO<sub>2</sub> noodzakelijk is. De afvangkosten bij deze installaties zijn echter significant hoger dan bij pre-combustion.

Er is veel ervaring opgedaan met vergassingstechnologie op grote schaal, bijvoorbeeld bij de centrale van Nuon in Buggenum.

Naast energieopwekking in de industrie via verstoken van brandstof zijn er processen waarbij CO<sub>2</sub> wordt geproduceerd in het proces zelf, de zogenoemde procesemissies. De hier geproduceerde CO<sub>2</sub>-stromen zijn geconcentreerder. Voorbeelden hiervan zijn de productie van ammoniak, staal en bio-ethanol.



Figuur 3: overzicht ontstaanswijzen CO<sub>2</sub>

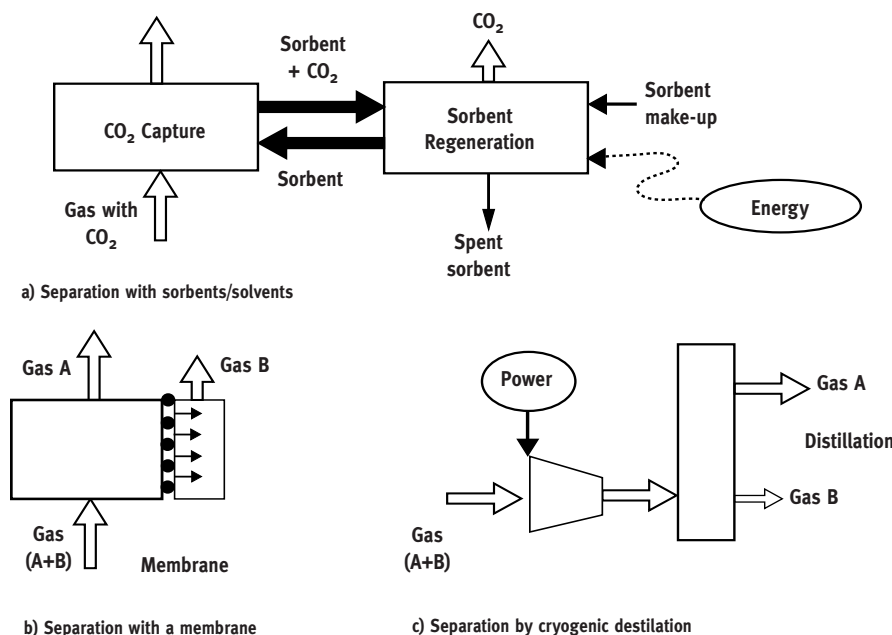
Bron: IPCC rapport CCS

### 3.1.2 Welke technieken zijn er om CO<sub>2</sub> af te vangen?

#### Solventtechnologieën

De zogeheten solvent (vloeistof) technologieën zijn het meest ontwikkeld en worden, zij het op kleinere schaal, reeds toegepast in de procesindustrie. Vooral amines worden veel toegepast op industriële schaal, veelal met als doel de waterstofsulfide (H<sub>2</sub>S) te verwijderen. De amines zijn ook geschikt om CO<sub>2</sub> af te vangen. De volumestromen zijn in het geval van CO<sub>2</sub>-afvang wel beduidend groter dan in het

geval van H<sub>2</sub>S-afvang. Opschaling is derhalve noodzakelijk. Een andere solventtechnologie is het gebruik van gekoelde ammonia. Recentelijk heeft American Electric Power (AEP) aangekondigd tezamen met Alstom in 2011 grootschalig CO<sub>2</sub>-afvang te willen realiseren bij een 450 MW poederkoolgestookte centrale. Andere afvangmethoden dan die met solvents hebben zich nog niet bewezen bij grootschalige verwijdering van CO<sub>2</sub>. Hieronder worden de schematisch de CO<sub>2</sub>-verwijderingstechnieken weergegeven.



Bron: IPCC rapport CCS



### *Afvang CO<sub>2</sub> kost energie*

Alle afvangtechnologieën hebben met elkaar gemeen dat het verkrijgen van de zuivere CO<sub>2</sub> (om die vervolgens te kunnen opslaan) energie kost. Wordt CO<sub>2</sub> afgevangen bij een conventionele kolencentrale, dan moet rekening worden gehouden met 7% efficiencydaling (nieuwbouw, retrofit is nog onvoordeliger). Voor eenzelfde opbrengst aan elektriciteit moet in het geval van CO<sub>2</sub>-afvang dus een grotere centrale worden neergezet. Bij het gebruik van vergasingsstechnologie (voor kolen, gas en biomassa) is deze efficiencydaling beduidend lager.

Ook elders in de CO<sub>2</sub>-afvang-, transport- en opslagketen zal er energieverlies dan wel extra inzet van energie noodzakelijk zijn. Na de compressiestap bij de CO<sub>2</sub>-afvang is in sommige gevallen nog een compressiestap nodig bij de injectieput voor CO<sub>2</sub>-opslag. Deze extra stap kost overigens in verhouding veel minder energie dan de compressiestap bij afvang. Bij diepgelegen gasvelden is de hydrostatische druk van het boorplatform tot aan het reservoir vaak meer dan voldoende om de vereiste druk te realiseren.

### *Capture ready*

Capture ready zijn van installaties betekent dat bedrijven maatregelen en voorzieningen moeten treffen zodat later zonder veel meerkosten CO<sub>2</sub>-afvang als nageschakelde techniek kan worden geïnstalleerd. Dit moet dan ook al een punt van aandacht zijn bij de vergunningverlening.

## **3.1.3 Welke juridische aspecten zijn van belang?**

In deze paragraaf worden de juridische aspecten toegelicht die relevant zijn voor afvang van CO<sub>2</sub>. Er zijn juridisch geen grote knelpunten. De volgende aspecten worden belicht:

- Bevoegd Gezag;
- MER;
- Wet milieubeheer;
- capture ready;
- termijn vergunningprocedure.

De (grootschalige) afvang van CO<sub>2</sub> is een activiteit waarvoor een vergunning in het kader van de Wet milieubeheer noodzakelijk is. De afvang zal plaatsvinden bij grote bedrijven waarvoor de provincie als bevoegd gezag de vergunningverlener is.

Het grootschalig afvangen van CO<sub>2</sub> is een nieuwe industriële activiteit. Bij nieuwe activiteiten of zeer omvangrijke uitbreidingen wordt ook getoetst aan het MER-besluit. Het

grootschalig afvangen van CO<sub>2</sub> is dermate nieuw dat de provincie een milieueffectrapport zal eisen.

De afvang van CO<sub>2</sub> kan niet worden verplicht via de Wet milieubeheer, noch bij nieuwe, noch bij bestaande bedrijven. Voor activiteiten waarvoor een Wm-vergunning wordt aangevraagd, bekijkt het Bevoegd Gezag welke voorzieningen getroffen moeten worden ter bescherming van het milieu. Vergunningaanvragen mogen alleen worden geweigerd als het milieu, ook door het stellen van vergunningvoorwaarden, niet goed beschermd kan worden.

De start van de vergunningprocedure voor de afvang van CO<sub>2</sub> is het indienen een vergunningaanvraag in het kader van de Wet milieubeheer samen met een milieueffectrapport. De wettelijke termijn voor het verlenen van de vergunning is maximaal zes maanden. De provincie kan bij complexe vergunningen besluiten de vergunningstermijn met drie maanden te verlengen tot negen maanden. De doorlooptijd van een MER is circa 10 tot 14 weken. Na het vaststellen van de MER-beoordelingsplicht, kan binnen 4 tot 8 weken een aanmeldingsnotitie worden opgesteld die voldoet aan de inhoudelijke eisen. Na toezending aan het bevoegd gezag beslist deze binnen zes weken na ontvangst van de notitie of de activiteit al dan niet MER-plichtig is.

Het 'capture ready' maken van de installatie kan nog niet worden voorgeschreven op basis van de Wet milieubeheer. Recentelijk is binnen het IEA Greenhouse Gas Research programma een notitie over capture ready verschenen waarin dit begrip verder is uitgewerkt. Capture ready-vereisten zijn onder meer de aanwezigheid van een aansluiting op de afgassen, een plek voor de nageschakelde techniek, ruimte voor additionele piping, kunnen voldoen aan extra vraag naar elektriciteit, instrumentatie, 'ruimte' in controlekamer et cetera. Daarnaast moet energie beschikbaar zijn voor het regenereren van de solvent. Tot slot moet er extra ruimte op de afvalwaterzuivering worden gereserveerd vanwege de extra te verwachten vuillast.

## **3.1.4 Inschatting van de kosten voor CO<sub>2</sub>-afvang**

Investeringskosten in CO<sub>2</sub>-afvang bij bestaande poederkool-elektriciteitscentrales liggen in de orde van 200-400 miljoen euro voor een grote energiecentrale (ca. 1000 MW). Daarnaast neemt het elektrisch rendement van de centrale af met zo'n 6% tot 15%, afhankelijk van de gekozen technologie en de mate van energie-integratie (retrofit of nieuw ontwerp). Wordt bij een nieuw te bouwen kolengestookte

elektriciteitscentrale in het ontwerp rekening gehouden met (latere) CO<sub>2</sub>-afvang, dan bedraagt het verlies aan energie-efficiency zo'n 7%. Een zeer moderne centrale met een rendement van 47% zakt daarmee naar een rendement van 40%. Dit is een vermindering van  $(7/40) \cdot 100 = 18\%$  aan elektriciteitsopbrengst.

De afvangkosten van CO<sub>2</sub> zijn afhankelijk van veel factoren:

- Het percentage CO<sub>2</sub> in de afvalstroom;
- de capaciteit van de bron;
- de aanwezigheid van koelwater;
- de aanwezigheid en waarde van van lagedrukstoom om de CO<sub>2</sub> uit de afvalstroom te verwijderen en/of de mogelijkheid om lage-temperatuurwarmte van de industrie hiervoor te benutten;
- de temperatuur van het rookgas;
- de druk waaronder het rookgas vrijkomt;
- de aanwezigheid van ruimte voor een afvanginstallatie en/of compressiestation;
- de afstand van het bedrijf tot aan het transportnet voor CO<sub>2</sub>;
- de technische mogelijkheden om de CO<sub>2</sub> af te vangen;
- de gekozen afvangtechnologie (membranen, post-combustion, pre-combustion).

De afvangkosten bij de diverse bedrijven zijn moeilijk in te schatten omdat deze afhankelijk zijn van veel factoren. Het bedrijf Linde hanteert de volgende kengetallen voor de afvangkosten van CO<sub>2</sub>:

Raffinaderijen	: € 30-40/ton CO <sub>2</sub>
Chemische industrie	: € 30-35/ton CO <sub>2</sub>
Biobrandstoffen	: € 20-30/ton CO <sub>2</sub>
Elektriciteitscentrales	: € 25-40/ton CO <sub>2</sub>
Afvalverbranding	: € 40-50/ton CO <sub>2</sub>
Kolenvergassing	: € 25-35/ton CO <sub>2</sub>
Staalbedrijven	: € 40-60/ton CO <sub>2</sub>

Deze kostenraming is inclusief de afvang van het rookgas, zuivering van het rookgas en compressie en exclusief transport. De raming is gebaseerd op afvang van relatief kleine volumes (100 kiloton CO<sub>2</sub>/jaar) en niet alleen op basis van kosten maar ook op basis van de prijs van de energie nodig voor afvang en compressie. Voor grotere volumes zoals bij schoon fossiel zullen de kosten per ton CO<sub>2</sub> dalen.

Een van de meest bepalende factoren voor de afvangkosten is de warmte die nodig is om de CO<sub>2</sub> te verwijderen. Hiervoor kan lage-temperatuurwarmte van de industrie worden benut. Aangezien de industrie in het HIC Rotterdam grote hoeveelheden warmte over heeft, kan dit worden ingezet voor de afvang van CO<sub>2</sub> uit de rookgassen. Hierdoor kunnen de afvangkosten substantieel worden verlaagd. In hoofdstuk 4 over de Rotterdamse businesscase is dit scenario verder uitgewerkt.

Ook worden er proeven uitgevoerd met nieuwe technologieën voor het scheiden van de CO<sub>2</sub> uit de rookgassen. Deze proeven bevinden zich nog in de experimentele fase. In paragraaf 3.1.2 is een aantal van deze nieuwe ontwikkelingen beschreven. In het algemeen kan worden gesteld dat de afvangkosten aanzienlijk verlaagd moeten worden om de businesscase rendabel te krijgen. Het gebruik van lage temperatuur industriewarmte en de ontwikkelingen in betere scheidingstechnieken zijn hiervoor nodig.

## 3.2 Mogelijkheden voor opslag

Deze paragraaf gaat over de mogelijkheden voor het grootschalig ondergronds opslaan van CO<sub>2</sub>. De volgende vragen worden beantwoord:

- 3.2.1 Hoe kan CO<sub>2</sub> worden opgeslagen?
- 3.2.2 Wie is bevoegd gezag?
- 3.2.3 Is er voldoende opslagcapaciteit beschikbaar?
- 3.2.4 Waarom zijn EOR en EGR belangrijk?
- 3.2.5 Wanneer komen velden beschikbaar?
- 3.2.6 Wie draait er bij het beheer (en monitoring) op voor de kosten?

### 3.2.1 Hoe kan CO<sub>2</sub> worden opgeslagen?

Ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> is mogelijk in poreuze aardlagen die worden afgesloten door een ondoordringbare toplaag, de zogeheten cap rock. Voorbeelden hiervan zijn olie en gasvelden. De olie en het gas zijn duizenden (lees miljoenen) jaren in de ondergrond opgeslagen zonder dat ze zijn vrijgekomen. Bij de analyse van de ondergrondse opslag voor de Rotterdamse businesscase wordt specifiek gekeken naar olie- en gasreservoirs. Ten eerste omdat ze al bewezen hebben gas en olie opgesloten te kunnen houden, ten tweede omdat de geïnjecteerde CO<sub>2</sub> een economische waarde heeft doordat er extra olie (Enhanced oil recovery = EOR) en gas (Enhanced Gas Recovery = EGR) kan worden gewonnen. Dit betekent dat deze toepassing als eerste economisch rendabel zal worden. De opslag in aquifers en andere opslagmedia wordt in dit rapport verder buiten beschouwing gelaten

Met EOR is al enige tientallen jaren ervaring opgedaan in de Verenigde Staten.

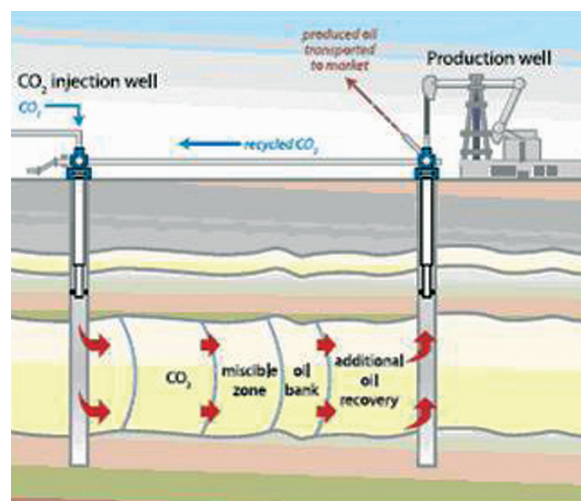
Ondergrondse berging van CO<sub>2</sub> in waterhoudende lagen is ook mogelijk, maar vooralsnog minder aantrekkelijk. In deze situaties heeft de CO<sub>2</sub> geen nuttige functie in de zin van extra olie- of gasopbrengsten en daarmee is deze toepassing financieel minder aantrekkelijk. Van deze ondergrondse waterhoudende lagen is in geologische zin ook minder bekend. Doordat ze tot op heden geen nuttige toepassing hadden, is er nooit echt naar gekeken.

### 3.2.2 Wie is bevoegd gezag?

Door de drie noordelijke provincies, de provincie Zuid-Holland, de ministeries van EZ en VROM en een aantal marktpartijen wordt gewerkt aan een generieke MER. Dit initiatief heet AMESCO.

Het in de ondergrond brengen van stoffen die er oorspronkelijk niet in hebben gezeten, wordt gezien als het bergen van afval. Vervolgens is de discussie gevoerd of het bergen van CO<sub>2</sub> in de diepe ondergrond gezien moet worden als het opslaan van gevaarlijk afval. De deskundigen zijn het erover eens dat de berging van CO<sub>2</sub> geen opslag van gevaarlijk afval is. Opslag van afval op het land valt onder de bevoegdheid van de provincie. Zij toetst aan het landelijk afvalstoffenplan, het zogeheten LAP. De ondergrondse berging van CO<sub>2</sub> is hierin nog niet benoemd.

Ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> onder de zeebodem valt onder de bevoegdheid van het ministerie van Economische Zaken. Ook moet aan internationale verdragen worden voldaan. Binnen het London Protocol, dat gaat over het ondergronds bergen van afval onder de zeebodem, is het inmiddels mogelijk CO<sub>2</sub> te bergen. Voor de Noordzee geldt dan ook nog het OSPAR-Verdrag. Binnen dit verdrag is nog niet voorzien in CO<sub>2</sub>-opslag. Aangezien berging van CO<sub>2</sub> al is toegestaan in het veel grotere London Protocol, zal het OSPAR-Verdrag hierop nog moeten worden aangepast. Berging op zee heeft als voordeel dat dit tot minder weerstand bij het publiek zal leiden. Daarnaast is op zee de wet- en regelgeving waarmee rekening moet worden gehouden minder complex. Ondergrondse berging op zee valt alleen onder het bevoegd gezag van het ministerie van Economische Zaken. Ondergrondse berging op land is juridisch ingewikkelder. Voor het ondergrondse gedeelte geldt de mijnwet (EZ). De installatie die bovengronds staat als ook de eventuele (bovengrondse) effecten van CO<sub>2</sub> opslag, vallen onder de Wet milieubeheer.



Bron: IPCC rapport CCS

### 3.2.3 Is er voldoende opslagcapaciteit beschikbaar?

Op dit moment onderzoekt de NAM de mogelijkheid tot een grootschalige proef voor ondergrondse berging van CO<sub>2</sub> bij een tweetal uitgeproduceerde velden in de gemeente Barendrecht. Het gaat hierbij om maximaal 11 Mton op te slaan CO<sub>2</sub>.

In het westen van het land (Rotterdamse regio) zijn de mogelijkheden voor ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> beperkt. De olie- en gasvelden die er zijn, zijn niet zo groot en kunnen maar een beperkte hoeveelheid (enkele megatonnen) CO<sub>2</sub> opnemen.

Rond het veld K-12B op de Noordzee is volgens informatie van Gaz de France circa 300 Mton CO<sub>2</sub>-opslagcapaciteit beschikbaar. Op het Nederlandse deel van het continentaal plat is er dus een CO<sub>2</sub>-opslagcapaciteit van vele honderden megatonnen. Grotere opslagcapaciteit is nog beschikbaar op het Engelse en het Noorse gedeelte van het continentaal plat omdat hier aanmerkelijk grotere olie- en gasvelden liggen. De conclusie is dat er met de opties EOR en EGR voor een periode van tientallen jaren voldoende opslagcapaciteit voor CO<sub>2</sub> is.

### 3.2.4 Waarom EOR en EGR belangrijk zijn

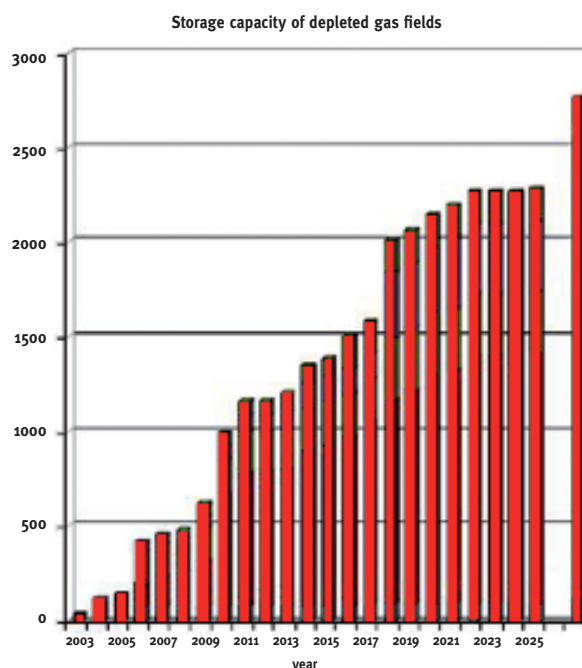
Vanwege de extra olie- en gasopbrengsten kunnen EOR en EGR de ondergrondse berging van CO<sub>2</sub> bespoedigen. Op dit moment ontbreekt het aan 'drive' om daadwerkelijk tot EOR en EGR te komen. Dit heeft een aantal redenen. Een belemmering is dat bedrijven, met name grote oliemaatschappijen, niet meer investeren in de Noordzee, maar elders waar grotere reserves worden verwacht. Er zijn wel veel kleinere olie- en gasoperators en investeerders die gas- en olievelden in de Noordzee willen overnemen van de grote spelers. Het is belangrijk om projecten voor EOR en EGR op relatief korte termijn te kunnen starten, omdat de productie van alle velden continu terugloopt. Als men te lang wacht, wordt de investering in EOR en EGR niet meer terugverdiend door de continue dalende olie- en gasproductie. Het is daarom belangrijk om onzekerheden over wet- en regelgeving rondom EGR en EOR weg te nemen.

### 3.2.5. Wanneer komen velden beschikbaar?

Het beschikbaar komen van olie en gasvelden is een punt van aandacht. De dalende productie van aardgas uit Slochteren en andere Nederlandse aardgasvelden tezamen met de liberalisering van de aardgasmarkt maakt de opslag van aardgas als buffer economisch aantrekkelijk. Deze bufferopslag van aardgas concurreert ook met CO<sub>2</sub>-opslag. Daarnaast is de staat van het olie- of gasveld een goed bewaard geheim. Alleen de concessiehouder weet hoeveel er nog aan reserve is. In de wet is nog niet geregeld dat bij het niet-gebruiken van de concessie deze automatisch vervalt. Een bedrijf kan bijvoorbeeld om strategische redenen zijn concessie aanhouden en daarmee CO<sub>2</sub> opslag (in zijn veld) blokkeren. De Engelse wetgeving rondom concessies, waar de concessie vervalt bij onvoldoende gebruik van olie- of gasveld, zou hier een goed voorbeeld kunnen zijn voor de Nederlandse overheid.

Op basis van winningplannen kunnen wel schattingen worden gemaakt over de termijn waarbinnen olie en gasvelden beschikbaar komen voor CO<sub>2</sub>-opslag zonder EOR en EGR. Dit is gedaan door TNO in het kader van de EnergieNed studie.

Uit de grafiek wordt duidelijk dat de meeste olie- en gasvelden in de periode 2010–2018 vrijkomen. Het opnieuw in gebruik nemen van een al verlaten (geabandonneerd) veld is een uiterst kostbare zaak die economische realisatie van EOR of EGR minder waarschijnlijk maakt. Het is een taak



Bron: TNO rapport ondergrondse opslag in het kader van studie EnergieNed

van de nationale overheid zodanige randvoorwaarden te creëren dat offshore projecten voor EOR en EGR op korte termijn kunnen worden gerealiseerd. Dit kan ondermeer door duidelijkheid te scheppen over wanneer een concessie vervalt en afspraken te maken over de condities voor het verlaten van velden.

### 3.2.6 Kosten beheer en monitoring

Nazorg van afgesloten opslagen moet nog worden geregeld. Partijen, inclusief de overheid, lijken het met elkaar eens te zijn dat de nazorg, het beheren van de met CO<sub>2</sub> gevulde oude olie- en gasvelden, een taak van de overheid is. Het ligt voor de hand hier in de gebruiksfase (tijdens het opslaan van de CO<sub>2</sub>) reeds in te voorzien, door een nazorgheffing per ton opgeslagen CO<sub>2</sub>. Op dit moment is niet duidelijk hoe hoog een dergelijke nazorgheffing moet zijn.

## 3.3 Mogelijkheden voor transport

In hoofdstuk 6, Lessen uit Rotterdamse projecten, worden op basis van drie gerealiseerde projecten aanbevelingen gedaan hoe het transport van CO<sub>2</sub> kan worden georganiseerd. Deze paragraaf gaat over de technische en economische aspecten van transport van CO<sub>2</sub>.

De volgende vragen zijn hierbij van belang:

- 3.3.1 Hoe groot moet het transportnet voor CO<sub>2</sub> worden gedimensioneerd?
- 3.3.1 Aan welke (technische) eisen moet dit transportsysteem voldoen?
- 3.3.3 Hoe ziet een Rotterdams distributie- en transportnet voor CO<sub>2</sub> eruit?
- 3.3.4 Hoe verloopt het CO<sub>2</sub>-transport van het HIC Rotterdam naar opslaglocaties?
- 3.3.5 Welke regelgeving is van toepassing op de aanleg van een transport- en distributienet voor CO<sub>2</sub>?
- 3.3.6 Hoe kan het transportsysteem worden gerealiseerd en wat is het hieraan verbonden tijdspad?
- 3.3.7 Wat zijn de kosten van het transport- en distributienet voor CO<sub>2</sub>?
- 3.3.8 Wat zijn de conclusies en aanbevelingen voor de Rotterdamse businesscase?

### 3.3.1 Dimensionering transportnet CO<sub>2</sub>

Bepalend voor de grootte van de transportleiding is de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die getransporteerd moet worden. In dit onderzoek is het volume bepaald op basis van:

- De emissies van de industriële installaties uit categorie 1 en 2 (zie hoofdstuk 2);
- het portfolio van emissiereductiemaatregelen;
- de CO<sub>2</sub>-emissiereductiedoelstelling (30 miljoen ton/jaar) voor het HIC Rotterdam.

Op basis hiervan is een maximumbijdrage van schoon fosiel van 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar bepaald. Deze bijdrage wordt via het volgende groeimodel opgebouwd:

- Afvang en opslag/hergebruik van 1,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar: voor dit scenario volstaat een 10 inch leiding met een ontwerpdruk van 100 bar;
- afvang en opslag/hergebruik van 10 Mton CO<sub>2</sub> per jaar: bij een stijging van de emissiehandelprijs voor CO<sub>2</sub> in combinatie met hergebruik van CO<sub>2</sub> bij de tuinders en EOR/EGR is een businesscase voor 10 Mton haalbaar (inclusief de pure stromen). Een transportleiding met een diameter van 26 inch en een ontwerpdruk van 100 bar is voor dit scenario noodzakelijk;
- afvangen opslag/hergebruik van 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar: zie vorig scenario + de afvang van CO<sub>2</sub> bij de twee nieuwe elektriciteitscentrales. Voor dit scenario is een transportleiding van 48 inch vereist met een ontwerpdruk van 100 bar.

### 3.3.2 Technische) eisen transport-systeem CO<sub>2</sub>

#### Ontwerpdruk

Het transporteren van CO<sub>2</sub> is technisch goed mogelijk. CO<sub>2</sub> kan worden getransporteerd in een vloeibare-, gasvormige- en een superkritische fase. Het transporteren van CO<sub>2</sub> in een superkritische fase en vloeibare fase is het meest ideaal. Het kritisch punt van zuivere CO<sub>2</sub> ligt bij 31°C en 73 bar. Door het transporteren van CO<sub>2</sub> in een vloeibare of superkritische fase wordt de capaciteit van het transportnet enorm vergroot. Om grote hoeveelheden CO<sub>2</sub> te transporteren moet de ontwerpdruk van de hoofdtransportleiding 100 bar zijn. Ter vergelijking: de OCAP leiding transporteert CO<sub>2</sub> in een (droge) gasvormige fase met een werkdruk van 20 bar van Shell naar de tuinders. Om de capaciteit van de OCAP-leiding op te voeren, moet de druk worden verhoogd.

#### Kwaliteit CO<sub>2</sub>

De te transporteren van CO<sub>2</sub> moet aan een bepaalde kwaliteitseisen voldoen.

- De CO<sub>2</sub> moet een zuiverheid hebben van minimaal 98%. Dit percentage is nodig voor:
  - hergebruik van CO<sub>2</sub> bij de tuinders,
  - optimale benutting van de opslagcapaciteit van lege olie- en gasvelden,
  - het gecontroleerd transporteren van CO<sub>2</sub>. Het gedrag van minder zuivere CO<sub>2</sub> is moeilijker te voorspellen;
- de CO<sub>2</sub> mag niet verontreinigd zijn met vreemde stoffen. De meest voorkomende verontreinigingen zijn water, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Ar en H<sub>2</sub>;
- de CO<sub>2</sub> moet absoluut droog zijn om corrosie van de leiding te voorkomen.

Een chemische reactie tussen CO<sub>2</sub> en water zorgt voor de vorming van koolzuur (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Dit koolzuur veroorzaakt corrosie van het koolstofstaal. Dit is een belangrijk veiligheidsaspect. Om het risico op corrosie te voorkomen kan ook worden gekozen voor een roestvrijstaal leiding. De kosten van roestvrijstaal zijn veel hoger dan voor koolstofstaal.

#### Compressie

Als CO<sub>2</sub> over grote afstanden gasvormig wordt getransporteerd, treedt er drukverlies op in de leiding. In het algemeen is om de 150 à 200 kilometer een compressiestation nodig om de druk in de transportleiding op peil te houden, zowel onshore als offshore.



#### *Veiligheid en monitoring van CO<sub>2</sub> transport*

Om de veiligheid te waarborgen is het belangrijk dat de leidingen goed worden onderhouden en regelmatig geïnspecteerd. Belangrijke parameters die voortdurend gemonitord moeten worden, zijn de druk, temperatuur en de samenstelling van de CO<sub>2</sub>. Drukverlies in de leiding kan wijzen op lekkage van CO<sub>2</sub>. Het is belangrijk dat deze locatie snel kan worden geïdentificeerd en dat de leiding kan worden afgesloten omwille van de veiligheid.

### **3.3.3 Rotterdams distributie- en transportnet voor CO<sub>2</sub>**

In het HIC Rotterdam lopen verschillende pijpleidingen die CO<sub>2</sub> transporteren. De belangrijkste leidingen zijn de OCAP-leiding en de Multicore-leiding.

De OCAP-leiding heeft een diameter van 26 inch en loopt van Shell in de Botlek tot aan het Westelijk Havengebied in Amsterdam (zie paragraaf 6.1).

Deze leiding heeft een ontwerpdruk van 48 bar. De maximale capaciteit van de OCAP-leiding kan worden opgevoerd naar maximaal 3,6 Mton/jaar. Hiervoor moet de leiding op een aantal punten worden vernieuwd. De MultiCore leiding heeft een diameter van 8 inch en een ontwerpdruk van 110 bar. De maximale capaciteit van deze leiding is 1 Mton/jaar. De OCAP -leiding kan als common carrier voor CO<sub>2</sub> transport worden gebruikt onder voorwaarde dat de concentratie CO<sub>2</sub> minimaal 98% is en niet verontreinigd is met andere stoffen.

#### *Capaciteit 26 inch leiding voldoende voor Rotterdams transportnet*

De maximale capaciteit voor de afvang van CO<sub>2</sub> in het HIC Rotterdam is circa 10 Mton (exclusief de elektriciteitscentrales). Een transportleiding met een diameter van 26 inch volstaat om deze hoeveelheden CO<sub>2</sub> te transporteren. De nieuwe geplande elektriciteitscentrales bevinden zich op Maasvlakte 2. Als in de toekomst de CO<sub>2</sub> van deze nieuwe centrales wordt afgevangen, is het waarschijnlijk dat de afgevangen CO<sub>2</sub> direct via de Noordzee wordt getransporteerd naar lege olie- en gasvelden. Bij de dimensionering van de transportleiding door het havengebied hoeft hier dus geen rekening mee te worden gehouden.

Het Ingenieursbureau van Gemeentewerken Rotterdam heeft een tracéstudie uitgevoerd naar een transport- en distributienet voor CO<sub>2</sub> in het HIC Rotterdam. In deze tracéstudie is gekeken naar de beschikbaarheid van een tracé voor een CO<sub>2</sub>-transportleiding met drie verschillende diameters:

- 10 inch (capaciteit 2 Mton/jaar)
- 26 inch (capaciteit 10 Mton/jaar)
- 48 inch (capaciteit 20 Mton/jaar)

Het gekozen tracé loopt vanaf de buisleidingenstraat tot aan de OCAP-leiding, en vanaf het einde van de OCA-leiding tot aan Maasvlakte 2.

De inpassing van een 10 inch leiding is relatief eenvoudig. Deze leiding kan gebruik maken van bestaande leidingtunnels en boringen. Dit geldt in mindere mate ook voor de 26 inch leiding. De aanleg van een leiding met een diameter van 48 inch vergt veel meer aanpassingen zoals de aanleg van nieuwe duikers en extra boringen. Het Ingenieursbureau van Gemeentewerken Rotterdam heeft ook de kosten berekend voor de aanleg van het transportnet. De kosten voor de aanleg van de 48 inch leiding zijn in verhouding zeer hoog.

**Hoofdtracé deel oost (van buisleidingenstraat tot aan OCAP)**

Onderdeel	10"	26"	48"
Prijs/m <sup>1</sup>	€ 148,-	€ 892,-	€ 3.287,-
Basis (1.100m)	€ 162.800,-	€ 981.200,-	€ 3.615.700,-
Extra:			
- Boringen	-	€ 24.750,-	€ 49.500,-
- Sleufbekisting			
Onvoorzien 30%	€ 48.840,-	€ 301.785,-	€ 1.099.560,-
<b>Totaal oost</b>	<b>€ 211.640,-</b>	<b>€ 1.307.735,-</b>	<b>€ 4.764.760,-</b>

**Hoofdtracé deel west (van OCAP tot aan Maasvlakte 2).**

Onderdeel	10"	26"	48"
Prijs/m <sup>1</sup>	€ 148,-	€ 892,-	€ 3.287,-
Basis (1.800m)	€ 2.664.000,-	€ 16.056.000,-	€ 59.166.000,-
Extra:			
- Boringen	€ 387.300,-	€ 586.500,-	€ 1.146.000,-
- Sleufbekisting	-	€ 405.000,-	€ 810.000,-
Onvoorzien 30%	€ 915.390,-	€ 5.114.250,-	€ 18.336.600,-
<b>Totaal west</b>	<b>€ 3.966.690,-</b>	<b>€ 22.161.750,-</b>	<b>€ 79.458.600,-</b>

**Totaal alternatief:**

Totaal alternatief	€ 4.178.330,-	€ 23.469.485,-	€ 84.223.360,-
--------------------	---------------	----------------	----------------

*Besparing gebruik OCAP-leiding*

Door gebruik te maken van de OCAP-leiding over een lengte van 17 kilometer worden veel kosten bespaard. Het ingenieursbureau van Gemeentewerken heeft ook de kosten van de aanleg van dit tracé berekend. In de onderstaande tabel zijn de meerkosten weergegeven van de drie leidingen.

Onderdeel	10"	26"	48"
Prijs/m <sup>1</sup>	€ 7.503.600,-	44.241.600,-	€ 159.720.600,-

### 3.3.4 CO<sub>2</sub>-transport van het HIC Rotterdam naar opslaglocaties

In paragraaf 3.2 zijn de mogelijke opslaglocaties voor CO<sub>2</sub> in Nederland beschreven. De belangrijkste locaties zijn:

- Olie en gasvelden in Noord-Nederland (maximale opslagcapaciteit 1600 Mton);
- olie en gasvelden in de Noordzee (opslagcapaciteit in velden binnen een straal van 100 km van K12B van Gaz de France is ca. 300 Mton, in de velden van BP is dat circa 20-60 Mton).

In de studie van EnergieNed is een transportnet ontworpen voor de afvoer van CO<sub>2</sub> van twee nieuw geplande elektriciteitscentrales naar olie- en gasvelden in Noord-Nederland (onshore) en de Noordzee.

### 3.3.5 Regelgeving voor aanleg transport- en distributienet CO<sub>2</sub>

Er zijn twee verschillende manieren om CO<sub>2</sub> te transporteren: per buisleiding of per schip. Voor de Rotterdamse businesscase wordt ervan uitgegaan dat het CO<sub>2</sub> transport per buisleiding zal plaatsvinden. Daarom worden in deze paragraaf alleen de juridische aspecten van het CO<sub>2</sub>-transport per buisleiding samengevat.

#### Transportleidingen onshore

Het ministerie van VROM is verantwoordelijk voor wetgeving over buisleidingen onshore. Er zijn veel tekortkomingen in de regelgeving omtrent het transport van CO<sub>2</sub>. Daarom is VROM bezig met aanpassing van de wetgeving om meer uniformiteit te krijgen in de technische specificaties van transportleidingen en in de eisen omtrent inspecties en monitoring van de leiding en veiligheidsafstanden. Daarvoor ontwikkelt VROM nieuwe wetgeving. Met name op het gebied van externe veiligheid en inschatting van risico's is er geen eenduidigheid. Het RIVM ontwikkelt een model om de risico's van CO<sub>2</sub>-transport te kunnen inschatten, zoals het groepsrisico en plaatsgebonden risico. Afhankelijk van de uitkomsten van dit model worden risicoafstanden aangepast. De uitkomsten hiervan zijn nog niet bekend.

De aanleg van een grote transportleiding met een diameter van 26 of 48 inch is juridisch mogelijk. Bij de aanleg van een CO<sub>2</sub>-transportnet zijn twee aspecten van belang:

- De transportleiding moet voldoen aan de eisen van Externe Veiligheid;
- de transportleiding moet worden ingepast in de ruimtelijke ordening.

De volgende regelingen zijn van toepassing op de aanleg van een CO<sub>2</sub>-transportnet:

- De AMvB Buisleidingen (nieuw in 2008);
- de Nota Risico Normering gevaarlijke Stoffen (MER);
- Wet milieubeheer (Wm);
- NEN 3650 en 3651;
- ruimtelijke inpassing: bestemmingsplan, structuurplan, concessie openbaar belang.

#### AMvB Buisleidingen

Voor buisleidingen onshore is bij VROM regelgeving in ontwikkeling. Het is nog niet duidelijk hoe deze risico's worden ingeschat en met welke veiligheidsafstanden rekening gehouden moet worden gehouden. In 2008 wordt de nieuwe AMvB Buisleidingen gepubliceerd

#### Nota Risico Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen (MER-plicht)

Conform de Nota Risico Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen zijn buisleidingen met een lengte van meer dan 40 kilometer en een diameter groter dan 800 mm (31,5 inch) MER-plichtig. Als aan een van deze voorwaarden wordt voldaan en/of de leiding langs kwetsbare bestemmingen loopt zoals woningen, kan het opstellen van een MER-rapport alsnog vereist zijn. De Rotterdamse businesscase gaat uit van een leiding met een diameter van 660 mm (26 inch). De lengte van de hoofdtransportleiding zal groter zijn dan 40 kilometer en loopt deels door dichtbevolkt gebied. Het opstellen van een MER zal dus noodzakelijk zijn.

#### Wet milieubeheer

Voor het aanleggen van een CO<sub>2</sub>-transportleiding moet een vergunning worden aangevraagd in het kader van de Wet milieubeheer. De Wm stelt voorwaarden op het gebied van materiaalgebruik, geluid, emissies, veiligheid en energieverbruik.

#### NEN en QRA

De normenreeks 'NEN 3650 Buisleidingen' is van toepassing op buisleidingen voor het transport van een stof onder (hoge) druk van de plaats van winning naar de plaats waar de stof wordt gebruikt. Een van de eisen die de NEN stelt, is het uitvoeren van een Kwantitatieve Risico analyse (QRA). Een QRA is een hulpmiddel om de kans op en de effecten van incidenten te bepalen bij het gebruiken, bewerken, vervoeren en opslaan van gevaarlijke stoffen. QRA's worden gebruikt om de risico's van die activiteiten



aan te tonen en de bevoegde instanties te voorzien van relevante informatie. Hiermee kunnen zij beslissingen nemen over de aanvaardbaarheid van het risico in relatie tot ontwikkelingen bij een bedrijf of in de omgeving van een inrichting of transportroute (nieuwe bebouwing o.i.d.). Een QRA leidt tot de volgende informatie/uitkomsten:

- Risicocontouren, ook wel het plaatsgebonden risico genoemd;
- een figuur die aangeeft hoe groot de kans is op een incident waarbij het aantal slachtoffers groter is dan bijvoorbeeld 10 of 100 personen. Dit zogenaamde groepsrisico wordt getoetst aan een oriënterende waarde in plaats van een wettelijke norm zoals het plaatsgebonden risico;
- effectafstanden. Deze afstanden verschaffen inzicht in hoe verstrekkend de gevolgen van een ongeval bij een bepaald weertype zijn. Voor de rampenbestrijding is dit waardevolle informatie.

#### *Ruimtelijke inpassing transportleiding*

Provincies, waterschappen en gemeenten moeten planologische goedkeuring geven aan een buisleidingstracé voor CO<sub>2</sub> transport. Het tracé moet worden ingepast in bestemmingsplannen en structuurplannen van gemeenten. Ook moet overeenstemming worden bereikt met particuliere grondeigenaren zoals boeren. Om de aanleg van groot-schalige buisleidingeninfrastructuur mogelijk te maken, bestaat er de ‘concessie openbaar belang’. Op basis van het bezit van een dergelijke concessie moeten particuliere landeigenaren toegang verlenen aan degene die de buisleiding legt. Vertragingen in het leggen van de buisleiding omdat juridische procedures moeten worden afgewikkeld, wordt hiermee voorkomen. Voor het leggen van de aardgasinfrastructuur is de Gasunie in het bezit van een dergelijke concessie en ook bij de infrastructuur voor de levering van CO<sub>2</sub> aan de tuinders door OCAP is gebruik gemaakt van de ‘concessie openbaar belang’.

#### **Transportleidingen offshore**

Het ministerie van EZ is verantwoordelijk voor wetgeving voor transportleidingen offshore. De Mijnbouwwet stelt dat hogedruktransportleidingen moeten voldoen aan NEN-specificaties, inclusief een Kwantitatieve Risico Analyse (QRA, zie 3.3.8). In het kader van de Mijnbouwwet (artikel 94) is vergunning vereist voor de aanleg van leidingen op het Nederlandse deel van de Noordzee.

Verder worden in artikel 94 van de Mijnbouwwet eisen gesteld op het gebied van locatie, sterkte, diameter, corrosiebestendigheid, onderhoud en inspectie. Er zijn geen juridische knelpunten voor het realiseren van een transportnet voor CO<sub>2</sub> offshore.

### **3.3.6 Realisatie transportsysteem in plan van aanpak en tijdpad**

De voorbereiding van de aanleg van een transportnet voor CO<sub>2</sub> kost veel tijd. De aanleg kan worden ingedeeld in drie stappen:

- Stap 1, tracéverkenning en engineering.  
Als eerste stap wordt een tracéverkenning uitgevoerd waarin de mogelijke routes voor het transportnet worden verkend. Ook worden in deze fase de mogelijke knelpunten geïnventariseerd.
- Stap 2, ruimtelijke inpassing.  
Na de tracéverkenning worden de provincies, waterschappen en gemeenten benaderd om planologische goedkeuring te krijgen voor het tracé. Het tracé moet onder meer worden ingepast in bestemmingsplannen en structuurplannen van gemeenten. Tevens moet overeenstemming worden bereikt met bijvoorbeeld Prorail (bij het kruisen van spoorwegen), Rijkswaterstaat (kruisen van snelwegen en kustwering) en waterschappen en hoogheemraadschappen (kruisen van dijken en waterwegen). Ook moet overeenstemming worden bereikt met particuliere grondeigenaren zoals boeren. Het bezit van een zogeheten concessie openbaar belang waarbij landeigenaren toegang moeten verlenen, is daarbij van groot belang. Dit is een langdurig traject.
- Stap 3, veiligheids- en milieuaspecten.  
Onderzoek naar de veiligheids- en milieuaspecten is nodig voor het verkrijgen van de benodigde vergunningen.

In Nederland zijn verschillende stroken aangewezen als buisleidingstraten. Bij de tracékeuze voor een nieuw transportnet is de ruimtelijke inpassing van een transportnet eenvoudiger en sneller als gebruik wordt gemaakt van deze bestaande buisleidingstraten. Deze zijn opgenomen in de bestemmingsplannen en structuurplannen van gemeenten en grondeigenaren. Daardoor is in de ruimtelijke ordening rekening gehouden met de veiligheidsafstanden van bijvoorbeeld woningen tot deze aangewezen buisleidingstraten. Het inpassen van veiligheids- en milieuaspecten is dus ook eenvoudiger.

Fase	Vorbereidingsfase			Constructiefase
Activiteit	Tracékeuze en engineering	Ruimtelijke inpassing tracé	MER procedure en vergunningen	Constructie pijpleiding
Traject Rotterdam Groningen 3-6 jaar Bron: EnergieNed/Ecofys	Circa 1 jaar	Circa 0,5-1 jaar	Circa 1-2 jaar	Circa 2 jaar
Transportnet HIC Rotterdam 1-2 jaar	Circa 6 maanden	Circa 2 maanden	n.v.t.	Circa 6 maanden
Offshore leiding IJmuiden – k12B 2-4 jaar Bron: EnergieNed/Ecofys	Circa 0,5-1 jaar		Circa 0,5-1 jaar	Circa 1 jaar

In bovenstaand schema is het tijdpad weergegeven voor de aanleg van een CO<sub>2</sub>-transportnet:

#### Kosten aanleg transportnet

##### Traject Rotterdam-Noordzee (velden BP/TAQA)

De kosten van een transportnet van Rotterdam naar olie- en gasvelden voor de kust van Hoek van Holland bedragen tussen de 22,5-36 miljoen euro, exclusief beheerkosten:

- De kosten voor een Rotterdams transportnet van buisleidingenstraat naar Maasvlakte 2, capaciteit 10 Mton, diameter 26 inch: € 44 miljoen. Als gebruik wordt gemaakt van de OCAP-leiding zijn de kosten € 22,5 miljoen;
- kunstwerk doorkruisen kustwering: € 2 miljoen;
- vervolgens zou kunnen worden aangesloten op een bestaande 10 inch leiding van BP met een maximale capaciteit van 2 Mton;
- aangezien de opslagcapaciteit beperkt is (2 Mton), is een investering in deze grotere infrastructuur niet wenselijk;
- gezien de lengte van de pijpleiding is alleen tussen de CO<sub>2</sub>-bron en de hoofdtransportleiding een compressie-station niet nodig;
- de beheerkosten bedragen ca. 1,5% van de investering.

Als een grotere capaciteit nodig is, moet een nieuwe leiding moet worden aangelegd tussen Hoek van Holland en de velden van BP/TAQA: afstand 120 kilometer, diameter 0,71, capaciteit 15 Mton: 0,76 miljoen per kilometer x 120 kilometer: € 91 miljoen.

##### Traject Rotterdam-Gaz de France

De kosten voor de aanleg van dit traject bedragen circa € 119 miljoen als het traject van de OCAP-leiding optimaal wordt benut. De capaciteit van de OCAP-leiding is maximaal 3,6 Mton. Als een grotere capaciteit gewenst is (10 Mton) moet een nieuwe leiding langs het OCAP-traject worden aangelegd over een lengte van 80 kilometer. De meerkosten van deze variant bedragen circa 1 miljoen per kilometer: € 80 miljoen euro. De kosten van deze variant (afvoer 10 Mton) bedragen circa € 200 miljoen. Deze kosten zijn als volgt opgebouwd:

- Kosten Rotterdams transportnet van buisleidingenstraat naar Maasvlakte 2, capaciteit 10 Mton, diameter 26 inch: € 22-44 miljoen (22,5 miljoen als gebruik wordt gemaakt van de OCAP-leiding);
- opwaarderen OCAP-leiding (opvoeren capaciteit naar 3,6 Mton): € 3 miljoen;
- aanleg nieuwe leiding van einde OCAP-leiding (Westelijk Havengebied) naar IJmuiden: 22 kilometer, 1 miljoen per kilometer: € 22 miljoen euro;
- bij IJmuiden zou de grootste CO<sub>2</sub>-bron van Nederland (Tata/Corus) kunnen worden aangesloten;
- kunstwerk door kustwering: € 2 miljoen;
- Gaz de France heeft berekend dat een transportleiding van IJmuiden naar het veld K12B circa € 80 miljoen kost. Er komt echter in 2011 een 26 inch offshore pijpleiding vrij van een Wintershall veld 30 km ten westen van de kust bij Haarlem naar het K12B veld. Als deze gebruikt kan worden, is geen nieuwe pijpleiding nodig;
- beheerkosten: bedragen ca. 1,5 % van de investering.

### 3.3.7 Conclusies en aanbevelingen voor Rotterdamse businesscase

In deze paragraaf worden alle relevante conclusies voor de Rotterdamse businesscase samengevat.

- De voorbereidingstijd voor de aanleg van de infrastructuur is lang. Voor een transportleiding onshore geldt een voorbereidingstijd van 3-6 jaar. Voor een transportleiding offshore geldt een voorbereidingstijd van 2-4 jaar (Bron EnergieNed/Ecofys). Het Rotterdamse transportsysteem kan binnen 1,5 jaar worden gerealiseerd;
- technisch en juridisch zijn er geen (grote) problemen voor de aanleg van een transportnet;
- de hoofdinfrastructuur moet worden aangelegd als een common carrier. OCAP stelt haar leiding ter beschikking als common carrier op voorwaarde dat de CO<sub>2</sub> voldoende zuiver en niet verontreinigd is. Ook de Multicore leiding is een common carrier waarvan meerdere bedrijven tegelijkertijd gebruik kunnen maken;
- sluit zoveel mogelijk aan bij bestaande buisleidingtracés. Door gebruik te maken van de OCAP-leiding bij de aanleg van een Rotterdams distributienet, wordt circa € 20 miljoen euro bespaard op de investering. Ook kan gebruik worden gemaakt van bestaande defensieleidingen die niet meer worden gebruikt;
- door het RIVM en TNO wordt gewerkt aan een nieuwe methodiek om de risico's van CO<sub>2</sub>-transport te berekenen. Deze methodiek wordt opgenomen in de nieuwe AMvB Buisleidingen (2008). Dit kan gevolgen hebben voor veiligheidsafstanden tussen (woon)functies en een CO<sub>2</sub>-transportnet. De uitkomsten hiervan zijn nog niet bekend. Mogelijk kan dit de ruimtelijke inpassing van een CO<sub>2</sub>-transportnet moeilijker maken;
- voorwaarde voor een investeringsbeslissing over de aanleg van een CO<sub>2</sub>-transportnet is dat er voldoende opslagcapaciteit voor een lange termijn kan worden gegarandeerd;
- de condities voor het transporteren van CO<sub>2</sub> offshore zijn beter dan onshore. De temperatuur van het zeewater is vrij stabiel terwijl de temperatuur voor leidingen onshore sterk kunnen fluctueren. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor het gedrag en de fase van de CO<sub>2</sub> in de leiding;
- er zijn veel minder risico's voor de transport van CO<sub>2</sub> offshore dan voor onshore;
- voor het onshore leggen van buisleidingen is het bezit van een 'concessie openbaar belang' nodig, een soort vrijgeleide waarmee private eigenaren van grond verplicht zijn toegang te verschaffen tot hun grond. Vertraging door juridische procedures wordt hiermee vermeden (Bron EnergieNed/Ecofys);
- voor de dimensionering van het transportnet voor CO<sub>2</sub> is een goede inschatting nodig van de werkelijke afvangcapaciteit van het haven- en industriegebied;
- door gebruik te maken van bestaande infrastructuur zijn de kosten voor de aanleg van een CO<sub>2</sub>-transportnet met een capaciteit van 5-6 Mton per jaar beperkt: € 141 miljoen. Voor transport van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar is de investering maar iets groter: € 200 miljoen. Er zijn partijen die hebben aangegeven daarin als partner te willen investeren;
- bij het zoeken van voldoende opslagcapaciteit en dimensioneren van de transportleiding moet ook rekening worden gehouden met de afvang van andere grote CO<sub>2</sub> bronnen zoals potentieel Corus en de nieuw geplande Nuon Magnum elektriciteitscentrale in Eemshaven. Daarnaast zijn er ook grote geconcentreerde CO<sub>2</sub>-bronnen in Antwerpen en Terneuzen.

## 4 De Rotterdamse businesscase

De kosten en baten voor CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag bepalen in belangrijke mate de economische haalbaarheid van de schoon fossiel businesscase. De haalbaarheid is verder in hoge mate afhankelijk van de regelgeving voor CO<sub>2</sub>-emissies, de criteria van investeerders en de strategie voor de verdere ontwikkeling van de industrie in het HIC Rotterdam. Deze ontwikkelingen en de vereiste stappen voor realisering van de businesscase worden in dit hoofdstuk verder uitgewerkt via een groeimodel in drie opeenvolgende fases:

**Fase 1, 1,5 Mton/jaar:** afvang en transport van pure CO<sub>2</sub>-bronnen (categorie 1-bedrijven) in het HIC Rotterdam. Deze CO<sub>2</sub> wordt primair gebruikt voor extra levering aan de glastuinbouw (van de huidige 300 duizend ton/jaar naar 1,5 miljoen ton/jaar) en is rendabel af te vangen en te transporteren door marktpartijen. Deze variant wordt in dit hoofdstuk niet verder toegelicht omdat deze expansie geen extra beleid vereist.

**Fase 2, 10 Mton/jaar:** CO<sub>2</sub> afvang en opslag van categorie 1 en 2-bedrijven in het HIC Rotterdam. De CO<sub>2</sub> wordt getransporteerd via een common carrier waarop meerdere bronnen worden aangesloten. Uit het bronnenonderzoek (paragraaf 2.5 en 4.1) blijkt welke bedrijven hiervoor in aanmerking komen.

**Fase 3, 20 Mton/jaar:** afvang fase 2 + afvang twee nieuwe elektriciteitscentrales. Uit de studie van EnergieNed blijkt dat de afvangkosten van CO<sub>2</sub> bij een nieuwe centrale aanmerkelijk lager liggen dan bij een bestaande centrale. In deze variant worden naast de categorie 1 en 2-bedrijven ook de nieuw geplande centrales doorgerekend.

Om de Rotterdamse CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling voor de industrie in Rotterdam te halen (-50% in 2025 t.o.v. niveau 1990) is fase 3 noodzakelijk, tenzij een veel grotere bijdrage van biomassa en biobrandstoffen (16 miljoen ton/jaar i.p.v. 6 miljoen ton/jaar CO<sub>2</sub>) leidt tot een kosteneffectievere CO<sub>2</sub>-emissiereductie. De variant van 10 Mton/jaar vereist de aanleg van infrastructuur met een 26 inch diameter. De aansluiting van de diverse CO<sub>2</sub>-bronnen zal echter gefaseerd in de tijd geschieden en niet meteen 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar bedragen. De 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar variant zal volgen op de 10 miljoen ton variant.

### 4.1 Introductie

De aantrekkelijkheid van de businesscase voor de financiers en andere stakeholders is gebaseerd op een aantal criteria:

- Verwachting van rendement op geïnvesteerd vermogen;
- verwachting van risico.

Het rendement op geïnvesteerd vermogen hangt af van:

- De vereiste investeringen, de afschrijvingstermijn en de verhouding eigen vermogen en vreemd vermogen;
- de operationele kosten;
- de inkomsten.

De verwachting van risico, of eigenlijk de onzekerheid over het verwachte financieel rendement, is voor een gedeelte kwantificeerbaar en voor een gedeelte perceptie. De volgende componenten spelen een rol in het totale risico:

- Financieel risico (betrouwbaarheid van budgetramingen voor investeringen, operationele kosten en inkomsten, betrouwbaarheid van planning van studie tot aan commerciële operatie);
- politiek risico (perceptie t.a.v. CO<sub>2</sub>-transport en opslag, prioriteit t.a.v. terugdringen CO<sub>2</sub> emissies via emissiehandel, regels en vergunningen voor concessieverlening CO<sub>2</sub>-opslag, EOR en EGR in olie- en gasvelden);
- contractueel risico (afdekking van risico's, intentie tot samenwerking van de partners);
- commercieel risico (de aannames voor de prijzen en kosten van CO<sub>2</sub>, stroom, aardgas, olie en materialen kunnen afwijken van de toekomstige realiteit, concurrentie etc.);
- technologisch risico (nieuwe en bestaande technologie kan zich op deze industriële schaal van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar of meer anders gedragen dan verwacht, dat geldt zowel voor CO<sub>2</sub>-afvang, transport als opslag).

## 4.2 Aannames voor de businesscase

Voor de realisatie van de businesscases is een aantal aannames gemaakt met als doel risico's enerzijds te spreiden en minimaliseren en anderzijds het verwachte financieel rendement te verhogen. Deze aannames worden hier benoemd en toegelicht.

- 1) CO<sub>2</sub>-opslag vindt plaats in combinatie met verhoogde olie- en gaswinning (EOR en EGR) in een cluster van meerdere nog niet geabandonneerde, in productie zijnde offshore gasvelden en olievelden in de Noordzee;
- 2) CO<sub>2</sub>-transport vindt plaats per pijpleiding en waar mogelijk offshore;
- 3) de uitwerking van de businesscase en exploitatie van het daaruitvolgende project vindt plaats via een consortium;
- 4) de inkomstenstroom van CO<sub>2</sub>-opslag bestaat uit zowel emissierechten als uit verhoogde gas- en oliewinning.
- 5) CO<sub>2</sub>-afvang vindt plaats aan meerdere industriële CO<sub>2</sub>-bronnen met relatief lage afvangkosten;
- 6) de nieuwe CO<sub>2</sub>-infrastructuur wordt geïntegreerd met de bestaande CO<sub>2</sub>-infrastructuur van OCAP;
- 7) de planning van de aanleg van nieuwe leidingen en hergebruik van bestaande leidingen voor de CO<sub>2</sub>-infrastructuur wordt op strategisch niveau afgestemd met andere projecten voor de juiste prioriteitstelling en synergie in leidingstratenbeheer;
- 8) het Havenbedrijf Rotterdam N.V. neemt een actieve rol in het acquireren van bedrijven die geconcentreerde CO<sub>2</sub> produceren voor de huidige haven en Maasvlakte 2.
- 9) de overheid stimuleert retrofits bij industriële bedrijven die leiden tot lagere kosten voor CO<sub>2</sub>-afvang (bijv. introductie van oxyfuel technologie);
- 10) de businesscase schoon fossiel gaat uit van grootschalige implementatie van de visie Rotterdam Bioport (met name als centrum van fabrieken voor bio-ethanol en biodiesel) en het Grand Design voor levering van lage temperatuur industriewarmte aan de zuidvleugel van de provincie.

### Offshore versus onshore transport en opslag

De regelgeving voor offshore transport is minder complex dan voor onshore transport (zie paragraaf 3.3.5). Ook zijn de kosten voor het offshore leggen van de pijpleidingen lager in vergelijking met pijpleidingen in dichtbevolkte en dichtbebouwde gebieden. De consequenties van CO<sub>2</sub>-lekage offshore zijn ook veel kleiner dan in dichtbevolkte gebieden.

Een mogelijk negatieve publieke perceptie over CO<sub>2</sub>-transport en opslag zal daarom in het geval van offshore opslag veel minder een rol spelen dan bij onshore opslag. Met de keuze voor offshore verwachten we dan ook:

- Kortere vergunningtrajecten en lagere kapitaalskosten voor dezelfde afstand (lager financieel risico);
- lager politiek en maatschappelijk risico.

### CO<sub>2</sub>-opslag in olie- en gasvelden

Gebruikte olie- en gasvelden zijn zeer goed onderzocht en er is veel operationele ervaring mee. De technische risico's bij CO<sub>2</sub>-injectie zijn dan ook veel kleiner dan bij CO<sub>2</sub>-opslag in minder goed onderzochte opslagmogelijkheden zoals aquifers. De aanwezigheid van nog niet geabandonneerde putten vereist minder investeringen voor CO<sub>2</sub>-injectie en opslag. Daarnaast leidt verhoogde olie- en gaswinning tot een extra inkomstenstroom die onafhankelijk is van de prijs van CO<sub>2</sub>-emissierechten die de EU gaat vaststellen. Het verdient de voorkeur gasvelden en productieputten te kiezen die al geschikt zijn voor productie en verwerking van CO<sub>2</sub>-rijk aardgas (zoals K12B van Gaz de France), omdat dan de investeringen voor extra materieel om alles CO<sub>2</sub>-bestendig te maken, beperkt blijven. Samengevat zijn de argumenten voor EOR en EGR in bestaande velden:

- Lagere technische risico's door inzicht in gedrag van reservoir;
- lagere financiële risico's door lagere kapitaalsinvesteringen;
- extra inkomen en risicospreiding door twee onafhankelijke inkomstenstromen;
- strategische doelstelling (verlaging van import olie en gas van buiten EU is een belangrijke EU-doelstelling).

De afstanden naar de meeste offshore velden zijn groter dan onshore, dus kapitaalskosten voor transport kunnen hoger zijn. Dit effect is echter klein vergeleken bij de lagere risico's en de hogere inkomsten door olie- en gaswinning. Investeringen in en overnames van olievelden worden thans gebaseerd op een ruwe olieprijs van \$30,- per barrel olie. Voor een gemiddeld reservoir is de waarde van CO<sub>2</sub> dan 45 euro/ton op basis van 2 barrel olie extra per ton geïnjecteerde CO<sub>2</sub>. Dat is een gemiddelde voor verschillende typen oliereservoirs. Deze waarde is exclusief extra investeringen en operationele kosten om CO<sub>2</sub> te injecteren. Hergebruik van een olie- of gasveld is ook financieel aantrekkelijk, want het leidt tot uitstel van betaling van de afsluitkosten (het zogenaamde abandonneren).

### Consortium

Een consortium dat de hele keten van afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub> bestrijkt, kan beter de synergie benutten en door de gecombineerde expertise risico's spreiden en verkleinen. Het plaatsen van een compressiestation voor hoge druk bij afvanginstallaties leidt bijvoorbeeld tot lagere transportkosten en minder investeringen op de platforms en dus tot lagere kosten over de gehele keten. Bovendien worden de financiële risico's kleiner doordat de investeringen gedeeld worden door verschillende partijen. Een consortium vereist wel meer managementsturing. De ervaringen uit andere consortiumprojecten (zie hoofdstuk 6) moeten dan ook worden benut.

### Synergie met lage temperatuur industriewarmte en biobrandstoffen

De afvangkosten van CO<sub>2</sub> uit verdunde CO<sub>2</sub> stromen zoals rookgas zijn hoog door de energiebehoefte voor de CO<sub>2</sub>-verwijdering. Nieuwe technologieën kunnen deze kosten omlaag brengen, maar er blijft altijd energie nodig om de CO<sub>2</sub> te scheiden van de andere gassen. Daarom is een strategische aanpak nodig die de specifieke locatievoordelen van het HIC Rotterdam voor synergie benut:

- Het huidige Botlekloop-concept voor een industrieel warmtenet kan gebruikt worden om de energie te leveren voor CO<sub>2</sub>-afvang (er is dan geen of minder extra fossiele energie nodig, alleen kapitaal voor warmte-uitkoppeling en transport naar de CO<sub>2</sub>-afvang installaties);
- bij vestiging van nieuwe biobrandstofbedrijven, op basis van de visie Rotterdam BioPort, worden pure CO<sub>2</sub> emissies geproduceerd die ook kortcyclisch zijn; dat leidt tot grote CO<sub>2</sub>-reducties tegen lage afvangkosten;
- retrofits van apparatuur zoals ketels en turbines met bijv. oxyfuel technologie zal leiden tot hoge CO<sub>2</sub>-concentraties in rookgas en daardoor lagere afvangkosten.

### 4.3 Kosten van CO<sub>2</sub>-afvang en -transport

Op basis van eerdere studies is er een totaal aan lage-temperatuurwarmtepotentieel bij de industrie in het HIC Rotterdam vastgesteld van ca. 2000 MW, waarvan ca. 1000 MW relatief makkelijk uit te koppelen is. Bij berekeningen aan moderne poederkoolcentrales (studie KEMA) gaat men ervan uit dat ca. 6% rendementsverlies optreedt voor CO<sub>2</sub>-afvang met conventionele aminetechnologie. Voor een 1000 MW centrale is dan ca. 120 MW nodig om de emissie van 5 miljoen ton verdunde CO<sub>2</sub>/jaar af te vangen. Op basis van 8000 operatie uren per jaar is de energiebehoefte

voor afvang van verdunde CO<sub>2</sub> dan 0,2 MWh/ton CO<sub>2</sub>. Voor de beide businesscases van respectievelijk 10 miljoen ton (240 MW) en 20 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar (480 MW) is er dus ruim voldoende lage temperatuur industriewarmte aanwezig in het HIC Rotterdam.

In deze benadering wordt uitgegaan van vergelijkbare kosten voor CO<sub>2</sub>-afvang bij centrales als bij andere industrieën; de CO<sub>2</sub> concentraties in het rookgas zijn immers vergelijkbaar (meer dan 10%). Er is echter nog geen onderzoek gedaan naar de capaciteit en bereidheid van individuele bedrijven om lage temperatuur industriewarmte te leveren aan de CO<sub>2</sub>-afvanginstallaties.

De benodigde investeringen voor een lage temperatuur industriewarmtenetwerk dat 1 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar kan besparen, zijn in het ROM Rijnmond R3 advies aan IAB voorzitter R. Lubbers begroot op 1,2 miljard euro. Dit warmtenet vervult vele functies; de kosten mogen dus niet volledig afgewenteld worden op schoon fossiel.

In de huidige schoon fossiel businesscase nemen we een gedeelte van de afschrijvingskosten van 1,2 miljard euro over 20 jaar voor rekening van schoon fossiel (25% voor de 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar, en 50% voor de 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar) terwijl de waarde van de warmte niet als kostenpost wordt geboekt voor schoon fossiel. Deze kosten bedragen dan zo wel 5,5 euro/ton CO<sub>2</sub> voor de 10 miljoen ton/jaar fase als voor de 20 miljoen ton/jaar fase.

De investeringen in CO<sub>2</sub>-afvang voor een moderne 1000 MW poederkoolcentrale zijn bepaald op 200 tot 400 miljoen euro. Voor een afschrijving van 20 jaar zijn dan de afschrijvingskosten 2 tot 4 euro/ton CO<sub>2</sub> op basis van een gereduceerde emissie van 5 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar. We nemen hier de conservatieve waarde van 4 euro/ton CO<sub>2</sub>.

De compressie kost ook energie. De compressie van CO<sub>2</sub> bij OCAP tot 20 bar vergt 0,1 MWh aan stroom per ton CO<sub>2</sub>. Bij compressie tot aan 80 bar is de energiebehoefte hoger. Er is 0,16 MWh/ton CO<sub>2</sub> nodig voor compressie en vloeibaar maken. We nemen aan dat 0,2 MWh/ton CO<sub>2</sub> voldoende is voor compressie tot 80 bar. Bij een gemiddelde langetermijn elektriciteitsprijs van 35 euro/MWh (laag tarief door voornamelijk in de nacht op vol vermogen te opereren) bedragen deze energiekosten dan 7 euro/ton CO<sub>2</sub>. We gaan ervan uit dat re-compressie energiekosten tijdens transport verwaarloosbaar zijn als de CO<sub>2</sub> vloeibaar wordt getransporteerd. De transportkosten bestaan dan alleen uit beheerkosten van de pijpleiding (1,5 % per jaar van investering) en afschrijving + rente. We gaan uit van de conser-



vatieve aanname dat de meerderheid van de CO<sub>2</sub>, ook in de toekomst, in verdunde vorm wordt afgevangen en dat er geen technologische doorbraken plaatsvinden op het gebied van CO<sub>2</sub>-afvang.

In de volgende tabel is de kosten- en batenanalyse gegeven voor de businesscase van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar en 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar. De kosten voor afvang en transport zijn bepaald op basis van budgetbegrotingen. De kosten voor opslag (5 euro/ton CO<sub>2</sub>) is de hoogste waarde die in de literatuur gebruikt wordt.

In deze kosten zijn twee componenten inbegrepen:

- Monitoring (op mogelijke lekkage) en nazorg voor de lange termijn (geschat op circa 1 euro/ton CO<sub>2</sub>);
- afschrijving en rente voor investeringen in CO<sub>2</sub>-injectie (ca. 4 euro/ton CO<sub>2</sub>).

Voor 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar zijn er geen specifieke kostenschattingen bekend. We zijn uitgegaan van de conservatieve aanname dat er met toenemende schaalgrootte geen economische winst optreedt. De kosten per ton CO<sub>2</sub> zijn in deze businesscase daarom hetzelfde als voor 10 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar.

### Kosten- en batenanalyse businesscase

afschrijvingstermijn (jaar)	20	Lineair	
rente op kapitaal (%)	5.00%		
olieprijs (\$/barrel)	30		
extra barrels olie/ton CO <sub>2</sub>	2		
stroomprijs (euro/MWh)	35		
beheerkosten/investering per jaar (%)	1.50%		
<b>variant businesscase</b>	<b>10</b>	<b>miljoen ton CO<sub>2</sub>/jr</b>	<b>20</b>

#### Afvang

#### Eenheid

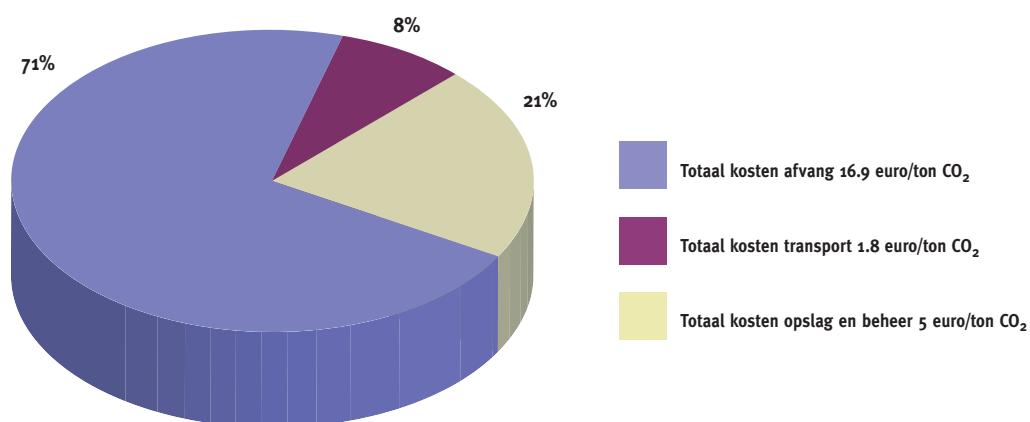
investering afvang	800	miljoen euro	1600
investering industriewarmte infrastructuur	300	miljoen euro	600
energiegebruik afvang	0.2	MWh/ton CO <sub>2</sub>	0.2
beheerkosten	1.65	euro/ton CO <sub>2</sub>	1.65
energiekosten afvang	0	euro/ton CO <sub>2</sub>	0
energiegebruik compressie	0.2	MWh/ton CO <sub>2</sub>	0.2
compressiekosten	7	euro/ton CO <sub>2</sub>	7
afschrijving	5.5	euro/ton CO <sub>2</sub>	5.5
rentekosten	2.75	euro/ton CO <sub>2</sub>	2.75
Totaal kosten afvang	16.9	euro/ton CO <sub>2</sub>	16.9

#### Transport

lengte pijpleiding	250	Km	250	Schatting
investering pijpleiding	200	miljoen euro	400	Schatting
beheerkosten	0.3	euro/ton CO <sub>2</sub>	0.3	
afschrijving	1	euro/ton CO <sub>2</sub>	1	
rentekosten	0.5	euro/ton CO <sub>2</sub>	0.5	
transport energiekosten	0	euro/ton CO <sub>2</sub>	0	
Totaal kosten transport	1.8	euro/ton CO <sub>2</sub>	1.8	

#### Opslag met EOR

opslag en beheer	5	euro/ton CO <sub>2</sub>	5
inkomsten uit EOR	-45	euro/ton CO <sub>2</sub>	-45
inkomsten uit emissierechten	-25	euro/ton CO <sub>2</sub>	-25
baten-kosten zonder EOR	1.3	euro/ton CO <sub>2</sub>	1.3
baten-kosten met EOR	46.3	euro/ton CO <sub>2</sub>	46.3



Verdeling kosten over afvang, transport en opslag voor 10 en 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar.

### Financiering van afvang, transport en opslag

Financiering van CO<sub>2</sub>-transport per pijpleiding is de relatief makkelijkste stap uit de gehele keten. Risico's bij investeringen voor infrastructuur zijn laag en goed in te schatten. Een pijpleiding gaat immers decennia mee en behoudt zijn waarde. De pijpleiding kan ook dienen als een hoogwaardig onderpand voor een lening (aantrekken van vreemd vermogen). Bij een bescheiden kapitaalrendement kan het rendement op eigen vermogen dan toch zeer aantrekkelijk zijn, omdat relatief weinig eigen vermogen nodig is. Pijpleidingen in de openbare ruimte kunnen ook door een nieuw op te richten vennootschap met overheidsparticipatie worden gefinancierd.

Financiering van CO<sub>2</sub>-opslag is zeer sterk afhankelijk van het type olieveld of gasveld en de staat van het boorplatform. De extra investeringen en kosten zijn beperkt als de gehele infrastructuur CO<sub>2</sub>-resistent is en er al boorputten zijn die gebruikt kunnen worden voor CO<sub>2</sub>-injectie. De productiestijging aan olie of aardgas door CO<sub>2</sub>-injectie is moeilijk te voorspellen en deze onzekerheid vertaalt zich in een hogere rendementseis van de investeerder. De periode van extra olie- en gaswinning door EOR en EGR is meestal ook beperkt tot ca. 5 jaar. Voor inkomsten uit EOR en EGR is de afschrijvingsperiode van kapitaal dan ook kort. Daarom is een additionele inkomstenstroom uit emissierechten gewenst. De overheid kan dit soort ontwikkelingen stimuleren door het Engelse model voor concessieverlening en teruggave over te nemen.

Realisering en financiering van CO<sub>2</sub>-afvang is het moeilijkste onderdeel uit de gehele keten. Allereerst zijn de afvangkosten (bij verwijdering van CO<sub>2</sub> uit rookgas) veel hoger dan de kosten voor transport en opslag. Bovendien kun-

nen na gedane investeringen technologieën opkomen die afvang tegen veel lagere kosten realiseren. Zowel risico's als kosten zijn hoger.

In het HIC Rotterdam is heel weinig openbare ruimte over voor bouw en exploitatie van grote CO<sub>2</sub>-afvanginstallaties. Veel fabrieken zullen mogelijk ruimtegebrek hebben of ruimte voor andere bestemmingen dan CO<sub>2</sub>-afvang willen reserveren.

Last but not least: investeringsbeslissingen worden veelal niet op de locatie genomen maar in de hoofdkantoren van multinationals die zich niet gebonden achten (en ook niet wettelijk verplicht kunnen worden) om te investeren in CO<sub>2</sub>-afvang in het HIC Rotterdam. De kapitaal allocatiecriteria van veel beursgenoteerde bedrijven staan ook niet toe dat sommige voor de businesscase aantrekkelijke financieringsconstructies worden toegepast. Denk aan 'off-balance' financiering of de oprichting van 'special purpose vehicles'. Het is daarom belangrijk in het consortium met industriële pioniers te werken die graag een positie willen verwerven in schoon fossiel en daarbij nieuwe oplossingen in technologie en markt willen testen.

### Emissierechten als inkomstenstroom voor de businesscase

Een hoge prijs voor EU-emissierechten is waarschijnlijk de beste stimulans voor schoon fossielprojecten. Gezien de lange investeringshorizon voor de businesscase is het daarom van belang om inzicht te hebben in de prijsverwachtingen voor de emissierechten. Daarnaast is het essentieel dat schoon fossiel wordt opgenomen als een geaccepteerde methode in het Europese CO<sub>2</sub>-handelssysteem om de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren. Ook moet CO<sub>2</sub>-opslag wettelijk toegestaan zijn en erkend worden als een 'winningshulpstof' voor EOR en EGR. Op dit moment worden in Nederland CO<sub>2</sub>-opslag en winning van olie en gas nog beoor-



deeld als verschillende activiteiten die een verschillende vergunning vereisen. De verwachting is dat deze zaken in de loop van 2007 door de EU wettelijk geregeld worden.

Qua prijsverwachting voor de emissierechten zijn er drie periodes van belang:

- 1) Eerste allocatieperiode (2005-2007);
- 2) Tweede allocatieperiode (2008-2012);
- 3) Post-Kyoto (2013-2020).

De eerste allocatieperiode was een testperiode waarin de markt zich moest ontwikkelen en de prijzen sterk varieerden, mede omdat de registratiesystemen voor emissies nog niet goed ontwikkeld waren. In mei 2006 daalden bijvoorbeeld de prijzen sterk, toen bleek dat de emissies veel lager waren dan verwacht. Achteraf gezien heeft de EU te veel rechten gealloceerd voor deze periode. De huidige prijzen zijn voor investeringen in schoon fossiel niet van belang. Het duurt namelijk nog minimaal drie jaar voordat de nu geïnitieerde projecten operationeel zijn.

Voor de tweede allocatieperiode is de EU strenger geweest met de allocatieplannen. Het thema klimaat heeft nu ook een veel hoger politiek profiel dan in 2004. De zogenaamde 'futures' (termijnprijzen) voor de tweede periode bedragen thans ca. 20 euro/ton CO<sub>2</sub>.

De EU heeft al uitgesproken dat zij vanaf 2012, dus ook na Kyoto (en onafhankelijk van wat andere landen beslissen) emissiehandel zal handhaven. De huidige EU-doelstellingen voor de post-Kyoto periode (20% reductie in 2020 t.o.v. 1990 en 30% reductie als grote landen als China, India en Amerika meedoen) zijn door verschillende banken op basis van wereldwijde scenario's geanalyseerd.

Scenario UBS:

- Prijzen tot 2012 ca. 20 euro/ton;
- prijzen van 2013 tot 2020 ca. 35 euro/ton;
- 15% reductie van 2013 t/m 2020;
- centrale allocatie, beslist vanuit Brussel.

Scenario Fortis:

- Grote investeringen na 2012 zijn nodig om reductie-doelstellingen te halen;
- het verschuiven van kolen naar gas als brandstof voor centrales draagt onvoldoende bij aan de vereiste reductie, zelfs bij 100 euro/ton CO<sub>2</sub>;
- piekprijzen van 50 euro/ton CO<sub>2</sub> mits de import van emissierechten uit CDM (CER's) laag wordt gehouden.

Als de CO<sub>2</sub>-emissieprijzen zich na 2012 volgens deze scenario's (richting 35 euro/ton CO<sub>2</sub>) ontwikkelen, dan is de businesscase voor grootschalig schoon fossiel in principe haalbaar, zelfs als de inkomsten alleen uit emissierechten komen. Introductie van extra inkomsten uit EOR en EGR maakt het rendement en risicoprofiel wel een stuk aantrekkelijker. De businesscase is dan makkelijker te financieren.

#### 4.4 Conclusies

De businesscase voor zowel de variant van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar als de 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar vereisen hoge investeringen, maar zijn rendabel te maken dankzij gebruik van industriële lage-temperatuurwarmte in het HIC Rotterdam. Er is gekozen voor offshore opslag in olie- en gasvelden. De initiële investeringen zijn weliswaar hoger dan bij onshore, maar dit wordt meer dan gecompenseerd door de hoge inkomsten uit extra olie- en gaswinning. Deze inkomsten leiden ook tot een lager risico omdat ze onafhankelijk zijn van de prijzen van de CO<sub>2</sub>-emissierechten.

De businesscase voor een kleine expansie van de huidige OCAP-infrastructuur, namelijk van de huidige levering van 300.000 ton CO<sub>2</sub>/jaar naar 1,5 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar, is niet verder onderzocht. De reden is dat marktpartijen als OCAP al hebben aangetoond dat deze businesscase rendabel is uit voeren met de glastuinders als klant voor de CO<sub>2</sub>. Toch is deze expansie heel belangrijk omdat ze in geleidelijke stappen de grote businesscase naderbij brengt.

Bij de grootschalige invoering van schoon fossiel in het HIC Rotterdam wordt gepleit voor het direct aanleggen van een CO<sub>2</sub>-infrastructuur met een capaciteit van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar (pijpleidingen van 26 inch diameter). De transportkosten zijn immers relatief laag (8% van de totale kosten over de keten afvang, transport en opslag), en de risico's van investeringen in pijpleidingen zijn ook beperkt. De schaalgrootte van afvang en opslag wordt geleidelijk opgevoerd door meer CO<sub>2</sub>-aanbieders en CO<sub>2</sub>-afnemers aan te sluiten. Investeringen in afvang en opslag worden in dit business model primair gedaan door marktpartijen. De overheid (via het Havenbedrijf) co-investeert in de CO<sub>2</sub>-infrastructuur en de lage temperatuur industriewarmte-infrastructuur die voor de CO<sub>2</sub>-afvang noodzakelijk is.

Er wordt voorgesteld om de partij die CO<sub>2</sub>-opslag uitvoert, een heffing te laten betalen aan een overheidsfonds waaruit langetermijnzorg wordt gefinancierd.

Dit vrijwaart de marktpartijen van het CO<sub>2</sub>-opslagrisico voor de lange termijn.

## 5. Stakeholderanalyse

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de stakeholderanalyse gepresenteerd. Een stakeholder die een sterke positie heeft als beslisser, vergunningverlener, informatieverstrekker of financier kan de doelstelling om ondergrondse CO<sub>2</sub> opslag te realiseren sterk vergroten of vereenvoudigen, maar ook sterk hinderen als de doelstelling niet wordt gedeeld.

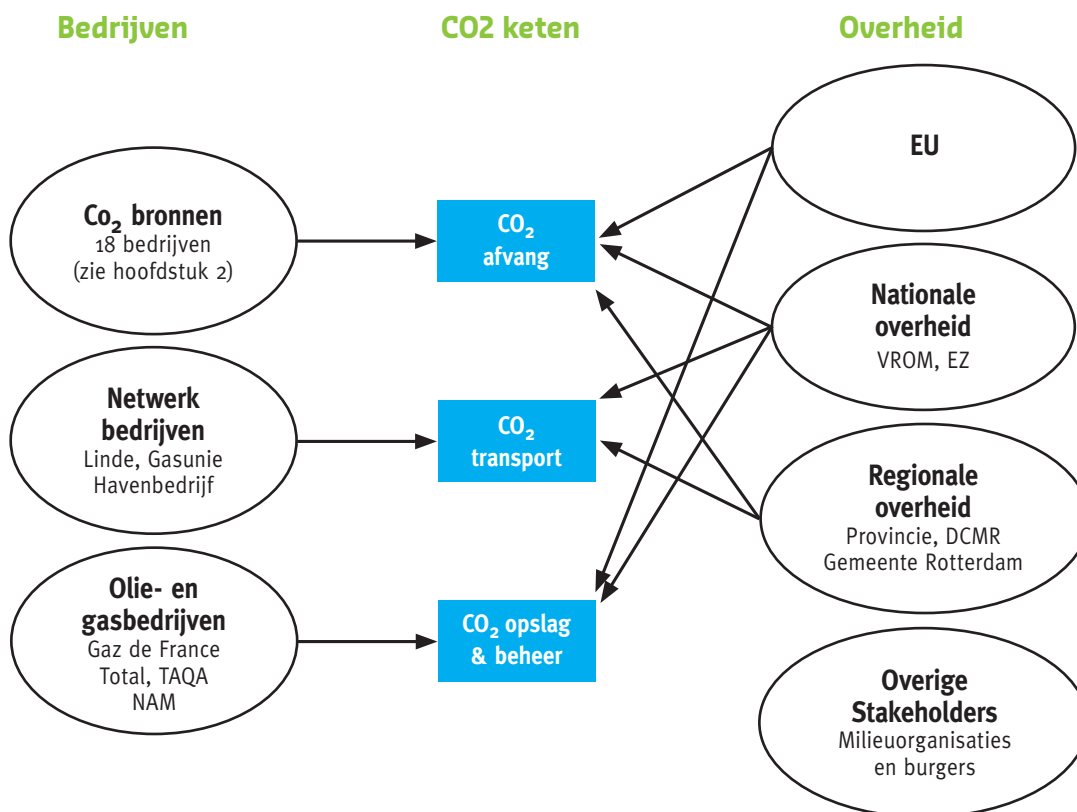
Daarom is het uitvoeren van een stakeholderanalyse van belang voor het welslagen van de ambitie: het realiseren van een de Rotterdamse businesscase voor schoon fossiel. De stakeholderanalyse bestaat uit de volgende onderdelen:

- Een overzicht van alle stakeholders die van belang zijn bij het realiseren van de businesscase voor schoon fossiel in de Rotterdamse regio (paragraaf 5.1);
- krachtenveldanalyse: omschrijving van de natuurlijke rol, wettelijke taak en de positie van de verschillende stakeholders met betrekking tot de businesscase voor schoon fossiel. Tevens wordt aangegeven onder welke voorwaarden de partijen willen meewerken aan de realisatie van de Rotterdamse businesscase voor schoon fossiel (5.2);

- conclusie: samenvatting van de bevorderende en belemmerende krachten (factoren) die van invloed zijn op het realiseren van de businesscase (paragraaf 5.3).

### 5.1 Overzicht relevante stakeholders

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van alle relevante stakeholders die een rol kunnen spelen bij het realiseren van de businesscase voor schoon fossiel in de Rotterdamse regio. In het onderstaand overzicht wordt alleen een beperkt aantal bekende stakeholders genoemd die mogelijk willen participeren.



## 5.2 Krachtenveldanalyse

In deze paragraaf wordt per groep stakeholders aangegeven wat hun houding is ten aanzien van de Rotterdamse businesscase en onder welke voorwaarden zij willen participeren. Deze paragraaf is tot stand gekomen op basis van interviews met de relevante stakeholders en officiële documenten waarin standpunten zijn ingenomen door de stakeholders.

### CO<sub>2</sub> Bronnen

In hoofdstuk 2 zijn de bedrijven genoemd die in aanmerking komen voor de Rotterdamse businesscase. Deze bedrijven hebben een gezamenlijke CO<sub>2</sub>-uitstoot van 12,6 Mton. Ook zijn zes nieuwe grote CO<sub>2</sub>-bronnen gepland in het HIC Rotterdam, waaronder twee nieuwe elektriciteitscentrales. Deze bedrijven zijn de relevante bronnen voor de Rotterdamse businesscase.

Bij de Shell raffinaderij in Pernis wordt CO<sub>2</sub> op dit moment al afgevangen. Waarschijnlijk wordt in de toekomst ook de CO<sub>2</sub> afgevangen van drie andere bedrijven (Abengoa, Bio Ethanol Rotterdam en Exxon). Dit zijn allemaal bedrijven met zuivere CO<sub>2</sub> stromen. Deze bedrijven zijn tot op heden nog niet bereid te investeren in de afvang van CO<sub>2</sub>. In de huidige situatie krijgt het bedrijf zelfs een vergoeding voor het afstaan van de CO<sub>2</sub>. Het initiatief om de CO<sub>2</sub> af te vangen komt niet van deze bedrijven zelf, maar van een bedrijf dat gassen produceert en verhandelt (Linde). Doordat Linde gebruik kon maken van bestaande infrastructuur voor het transport van CO<sub>2</sub>, de afvangkosten van zuivere CO<sub>2</sub> bronnen laag zijn en de tuinders een redelijke prijs voor de CO<sub>2</sub> betalen, is het mogelijk om de CO<sub>2</sub> marktconform te leveren en te hergebruiken. Alle kosten die Shell maakt voor de afvang van CO<sub>2</sub> worden doorberekend aan Linde. Eneco, Electrabel en E.ON hebben aangegeven dat de twee nieuw geplande elektriciteitscentrales 'capture ready' worden uitgevoerd. Dat betekent dat deze bedrijven bij de nieuwbouw van de centrales grond reserveren voor het later kunnen bouwen van een CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie. Daarvoor wordt al een 'aftappunt' voor CO<sub>2</sub> ingebouwd in de centrale. Daarnaast ontwikkelt Eneco nieuwe cryogene technologie voor toekomstige CO<sub>2</sub>-afvang.

De belangrijkste reden dat bedrijven nog niet willen investeren in de afvang van CO<sub>2</sub> is dat er niet voldoende financiële stimulans is en dat er nog te veel onzekerheden zijn. De volgende argumenten worden het meest genoemd door de bedrijven:

- Ondergrondse opslag mag (nog) niet worden meegerekend in het emissiehandelssysteem voor CO<sub>2</sub>;
- de afvangkosten zijn veel te hoog;
- het is nog niet duidelijk of het Kyoto-protocol wordt voortgezet/aangescherpt na 2012. (Opmerking: de EU heeft haar doelstellingen voor 2020 al geformuleerd, onafhankelijk van Kyoto);
- de allocaties van de landen zijn onzeker in de toekomst. (Opmerking: allocaties zijn recent aangescherpt maar het is afwachten hoe de allocaties uitgevoerd zullen worden voor de periode na 2012).

### Oplossingen

Voordat bedrijven willen investeren, moeten bovengenoemde knelpunten worden opgelost. De meeste kunnen opgelost worden door de overheid. Zonder financiële prikkels zullen bedrijven nooit investeren in de afvang van CO<sub>2</sub>. Om in de toekomst een hogere prijs voor de CO<sub>2</sub> te garanderen, moeten de volgende maatregelen worden getroffen:

- De EU moeten centraal alloceren volgens een systeem dat voor implementatie van de reductie doelstellingen zorgt;
- de EU en de nationale overheid moeten zich inzetten voor het globaliseren van het emissiehandelssysteem na 2012 voor een langere termijn.

### Netwerkbedrijven

Netwerkbedrijven zijn bedrijven die een rol kunnen spelen bij realisatie, onderhoud en beheer van het CO<sub>2</sub>-transportnet. Hierbij valt te denken aan bedrijven die gassen (zoals CO<sub>2</sub>) produceren en verhandelen en aan grote bouwbedrijven. Verschillende partijen hebben interesse getoond om te investeren in de aanleg van een transportnet voor CO<sub>2</sub>. De maximumcapaciteit aan pure CO<sub>2</sub> die in het HIC Rotterdam kan worden afgevangen, is ook ongeveer gelijk aan de maximale vraag van de glastuinbouw in Zuid-Holland en Noord-Holland (circa 1,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar). De netwerkbedrijven die willen investeren zullen hun netwerk op deze capaciteit dimensioneren. Er is nog geen partij gevonden die bereid is om een transportnet aan te leggen met een grotere capaciteit of een bedrijf dat een common carrier voor CO<sub>2</sub>-transport wil gaan exploiteren. Partijen zullen pas bereid zijn te investeren als de afvang en opslag van CO<sub>2</sub> geregeld is. In het algemeen is de aanleg van de infrastructuur makkelijker te financieren dan de afvang en opslag, omdat dit onderdeel minder onzekerheden kent.

### Oplossingen

Het Havenbedrijf Rotterdam en Linde kunnen een rol spelen bij het realiseren van een common carrier in het havengebied. Het Havenbedrijf Rotterdam is mogelijk bereid te investeren in een CO<sub>2</sub>-transportnet door het havengebied. Linde heeft toegezegd dat de OCAP-leiding als common carrier voor transport van CO<sub>2</sub> kan worden gebruikt. Daarnaast is Linde van plan om het bestaande netwerk uit te breiden naar Maasvlakte 2 om ook andere bronnen op het bestaande netwerk aan te sluiten. Door slim gebruik te maken van deze bestaande netwerken kunnen de kosten voor een CO<sub>2</sub>-transportnet worden beperkt (zie paragraaf 3.3). De meerkosten om een leiding met grotere capaciteit aan te leggen, bedragen enkele procenten van de totale businesscase voor schoon fossiel. Ook de Gasunie kan mogelijk een rol spelen in de aanleg en exploitatie van CO<sub>2</sub>-infrastructuur. In paragraaf 6.1 is beschreven hoe de regionale overheid een transportnet voor warmte heeft georganiseerd en gerealiseerd.

### Olie- en gasbedrijven

Olie- en gasbedrijven spelen een belangrijke rol bij de opslag van CO<sub>2</sub>. Belangrijke spelers in het Nederlands deel van de Noordzee zijn: BP, Gaz de France, Total, TAQA en de NAM. Daarnaast heeft de NAM veel onshore velden in haar bezit in Noord-Nederland.

### EOR/EGR

Door CO<sub>2</sub> te injecteren kan extra olie en gas worden gewonnen uit bijna lege olie- en gasvelden. Deze techniek wordt al vele jaren toegepast, met name in de Verenigde Staten. Deze extra inkomsten kunnen deels worden ingezet voor de businesscase schoon fossiel.

Een aantal (grote) olie- en gasbedrijven bedrijven heeft nauwelijks interesse in EOR/EGR, omdat zij hun kapitaal liever investeren in de ontginning van zeer grote velden buiten Europa. Met name kleinere olie- en gasmaatschappijen hebben meer belang bij deelname aan de Rotterdamse businesscase.

Volgens Gaz de France is de CO<sub>2</sub>-opslagcapaciteit van de velden in een straal van 100 km rond K12B circa 300 Mton. De opslagcapaciteit op het gehele Nederlandse deel van het continentaal plat is nog veel groter. Daarnaast is ook de NAM van plan om kleinschalig onshore te experimenteren met ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag in een veld bij Barendrecht.

### EU

De EU ziet ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> als een serieuze optie om tot beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot te komen. EU commissaris Dimas: 'Carbon capture and storage has a vital role to play'. Op Europese en nationale schaal worden op dit moment verschillende studies uitgevoerd naar de technische haalbaarheid van het ondergronds opslaan van CO<sub>2</sub>. Ook zijn EU-werkgroepen bezig voorstellen te ontwikkelen om het financiële en juridische instrumentarium aan te passen om de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> mogelijk te maken. Daarnaast denkt de EU over de mogelijkheden om bij nieuwbouw van elektriciteitscentrales ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag in 2020 voor te schrijven. Om dit te bereiken wil de EU de komende jaren circa 12 pilots voor ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> faciliteren en stelt een bedrag van € 3,2 miljard euro hiervoor beschikbaar. Partijen worden uitgenodigd om in de zomer van 2007 ideeën en businesscases aan te leveren. Partijen in het HIC Rotterdam gaan een consortium vormen en gezamenlijk een voorstel indienen.

De belangrijkste zaken die de EU moet regelen zijn:

- Aanscherpen van de allocatie voor de EU landen;
- inzetten voor een post-Kyoto verdrag;
- voortzetten van emissiehandelssysteem na 2012 voor een langere termijn (2040);
- toestaan ondergrondse opslag in emissiehandelssysteem (zowel onshore en offshore);
- duidelijke regels stellen over het begrip 'capture ready', monitoring en veiligheidsaspecten van ondergrondse opslag;
- aanpassen richtlijnen omtrent concessie en exploitatie van olie- en gasvelden. Olie- en gasbedrijven krijgen een concessie om velden te exploiteren. De nationale overheid heeft nauwelijks zeggenschap over het gebruik van (bijna) lege olie- en gasvelden. Het is belangrijk dat EZ en VROM zich actief gaan inzetten om (bijna) lege velden aan te wijzen of te reserveren voor CO<sub>2</sub>-opslag.

### Nationale overheid

Het kabinet Balkenende-4 heeft een CO<sub>2</sub>-reductiepercentage van 30% als doel gesteld. VROM heeft op basis van het ECN-NMP rapport aangegeven dat deze doelstelling alleen kan worden bereikt als alle beschikbare middelen worden ingezet: energiebesparing, alternatieve energiebronnen en afvang en opslag van CO<sub>2</sub>. De nationale overheid staat dus positief tegenover CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag. Schoon fossiel is een van de belangrijke pijlers die het kabinet wil inzetten voor het realiseren van de doelstelling. De nationale overheid stelt ook financiële middelen ter beschikking voor het realiseren van voorbeeldprojecten op het gebied van schoon fossiel.

De nationale overheid heeft direct invloed op het realiseren van de businesscase voor Rotterdam. VROM en EZ zijn het bevoegd gezag voor vergunningen omtrent de aanleg van een transportnet en het beheer en de opslag van CO<sub>2</sub>. De regelgeving omtrent transportleidingen onshore en regelgeving over beheer en opslag van CO<sub>2</sub> is nog in ontwikkeling. Voor het realiseren van de Rotterdamse businesscase is het noodzakelijk dat de nationale overheid duidelijkheid verschaft over:

- Aan welke criteria de opslag van CO<sub>2</sub> moet voldoen;
- hoe de CO<sub>2</sub> opslag moet worden bewaakt (monitoring);
- aan welke veiligheidsaspecten moet worden voldaan (zowel transport als opslag);
- wie verantwoordelijk en aansprakelijk is voor het eeuwigdurende beheer van de CO<sub>2</sub> opslag.

### Regionale overheid

De gemeente Rotterdam heeft in het Rotterdam Climate Initiative CO<sub>2</sub> reductiedoelstelling van het IAB advies van de heer Lubbers overgenomen. Deze doelstelling behelst 50% CO<sub>2</sub>-emissiereductie in 2025 ten opzichte van de uitstoot in 1990.

Binnen het HIC Rotterdam zal naast energie-efficiency, lage temperatuur industriewarmte, en biomassa de grootste bijdrage van de CO<sub>2</sub> emissiereductie moet komen uit schoon fossiel.

De regionale overheid is met verschillende bedrijven in gesprek om een consortium te vormen die de Rotterdamse businesscase moeten gaan uitwerken en realiseren. Het Havenbedrijf is ook bereid te investeren in de pijpleidingen voor het CO<sub>2</sub>-transport. Verschillende gemeentelijke diensten hebben een rol bij het realiseren van de Rotterdamse businesscase. De gemeente is van plan om binnen het Rotterdam Climate Initiative een projectorganisatie op te richten die alle taken en trajecten gaat coördineren. Het Havenbedrijf Rotterdam N.V., OBR, DCMR en Deltalinqs zijn hierin de belangrijkste trekkers.

### Overige stakeholders

#### Natuur- en milieuorganisaties

Natuur- en milieuorganisaties zoals Greenpeace en Milieudefensie, staan in het algemeen niet positief tegenover de ondergrondse CO<sub>2</sub>-opslag. Deze organisaties vinden schoon fossiel geen duurzame oplossing en prefereren maatregelen op het gebied van energiebesparing, energie-efficiency en het gebruik van duurzame energiebronnen. Een organisatie als Stichting Natuur en Milieu realiseert zich dat schoon fossiel essentieel is om de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen te halen, maar is bevreesd dat grootschalige investeringen in schoon fossiel ten koste gaan van investeringen in duurzame energie en uiteindelijk de gehele energietransitie naar een duurzame en koolstofvrije energievoorziening vertragen.

Het is belangrijk om de natuur- en milieuorganisaties te betrekken bij de uitwerking van de businesscase voor schoon fossiel in het HIC Rotterdam en hen ervan te door-dringen dat schoon fossiel een noodzakelijk onderdeel uitmaakt van een breed pakket aan maatregelen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te beperken.

### Burgers

In opdracht van CATO heeft de universiteit van Leiden een groot onderzoek uitgevoerd naar de houding van burgers ten opzichte van CO<sub>2</sub>-opslag. De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat burgers niet negatief, maar neutraal staan ten opzichte van CO<sub>2</sub>-opslag. Het is belangrijk om gedurende de verdere uitwerking van de Rotterdamse businesscase de burgers goed te informeren over de plannen ten aanzien van CO<sub>2</sub>-opslag, zodat deze neutrale grondhouding niet in negatieve zin verandert.

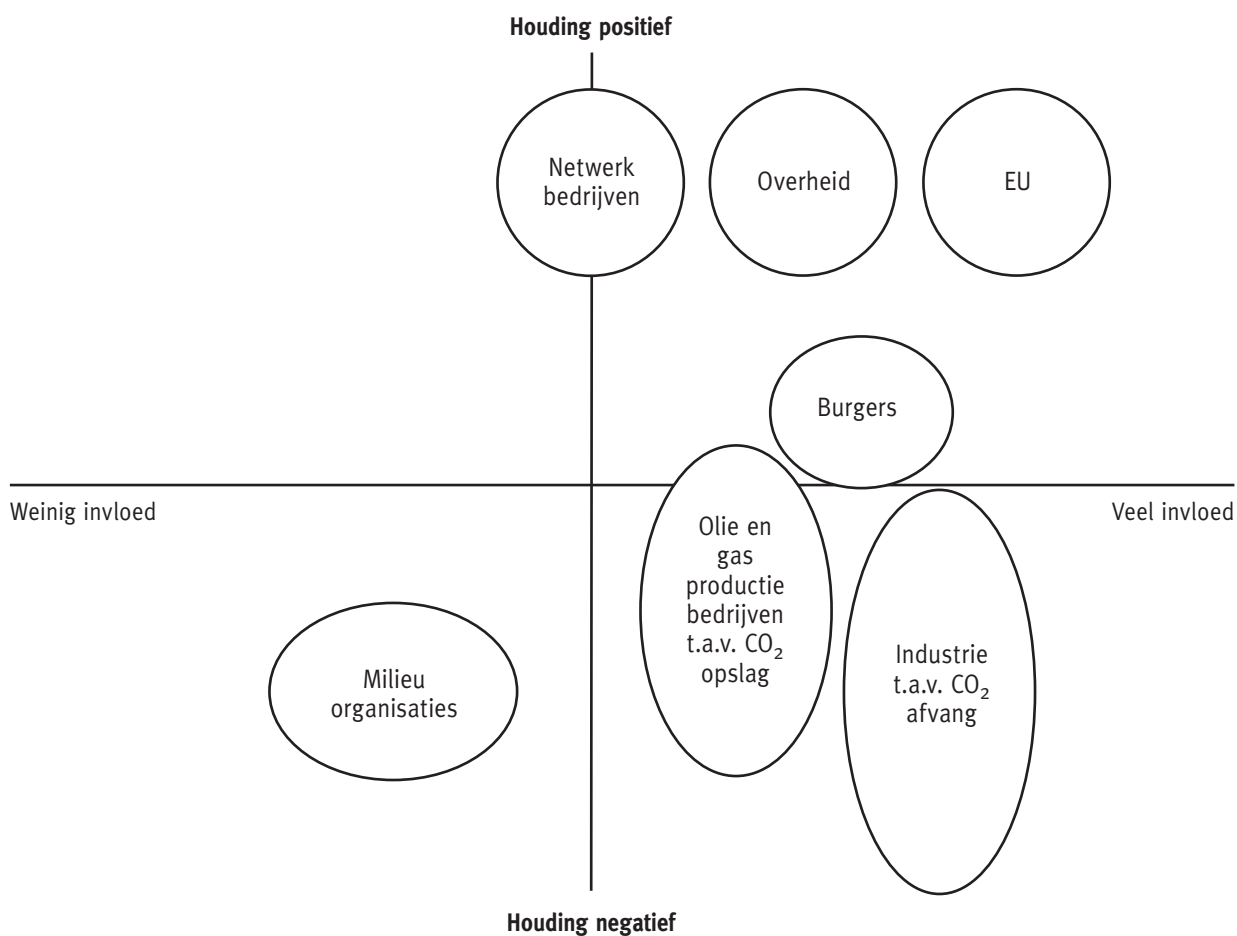
### Houding stakeholders

De houding van de stakeholders ten opzichte van de Rotterdamse businesscase is samengevat in onderstaand schema.

## 5.3 Conclusies en aanbevelingen

Uit de stakeholderanalyse worden drie belangrijke aanbevelingen gedestilleerd:

- 1) Regionale, provinciale en nationale overheden moeten afspraken maken over regelgeving om de gesignaleerde knelpunten op te lossen, met name bij vergunningen, monitoring, MER etc. voor CO<sub>2</sub>-transport en opslag.
- 2) Alle bedrijven in het HIC Rotterdam moeten inzicht krijgen in hun mogelijke rol voor het realiseren van de 50% CO<sub>2</sub>-reductiedoelstelling. Dat kan via workshops en seminars door het Deltalinqs Energy Forum (DEF). Dit vereist betrokkenheid door ondertekening van een energieprotocol en mogelijk ook een CO<sub>2</sub>-protocol.
- 3) Specifieke bedrijven met ervaring in CO<sub>2</sub>-afvang, transport en opslag moeten benaderd worden voor deelname aan de businesscase.



Dit schema is tot stand gekomen op basis van gesprekken met bedrijven en overheden en op basis van officiële documenten waarin standpunten zijn ingenomen door de stakeholders. Met olie- en gasproducerende bedrijven en de industrie zijn gedurende het onderzoek maar een beperkt aantal gesprekken gevoerd. De houding van deze groepen kan snel omslaan net zoals dat het geval was bij burgers en politiek na het verschijnen van de film van Al Gore.

## 6. Lessen uit Rotterdamse projecten

In dit hoofdstuk wordt inzicht gegeven in de lessen uit projecten die overeenkomsten hebben met het realiseren van een businesscase voor schoon fossiel in het HIC Rotterdam. Het gaat om de volgende projecten: 6.1 Warmtebedrijf, 6.2 MultiCore, 6.3 OCAP.

Van deze projecten worden de volgende aspecten belicht:

- Hoe ziet de organisatie eruit, wie zijn de stakeholders?
- Wat zijn de overeenkomsten met de businesscase van het schoon fossielproject?
- Hoe zien de contracten eruit en wat voor financieringsconstructies zijn toegepast?
- Welke lessen kunnen worden geleerd voor het realiseren van de businesscase voor schoon fossiel?

Tot slot worden in paragraaf 6.4 de lessen en aanbevelingen uit de Rotterdamse projecten samengevat. Dit conclusies en aanbevelingen van dit hoofdstuk zijn tot stand gekomen op basis van interviews met de volgende personen: Ruud Melieste (directeur MultiCore), Jacob Limbeek (directeur OCAP), Hendrik Jan Bosch (DCMR, Warmtebedrijf), Wouter Verhoeven (OBR, Warmtebedrijf) en Bas Burgers (financieel manager Warmtebedrijf).

### 6.1 Warmtebedrijf Rotterdam

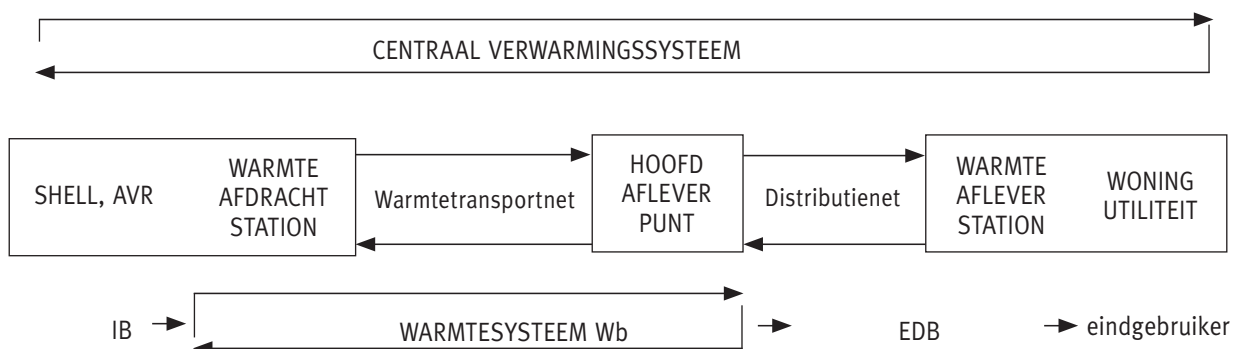
Het Warmtebedrijf Rotterdam neemt de lage temperatuur industriewarmte af, in de vorm van heet water, bij Shell Pernis en AVR Brielselaan. De warmte wordt 'uitgekoppeld' en getransporteerd naar Hoogvliet en Rotterdam. Daar wordt de warmte afgeleverd aan energiebedrijven, die de warmte naar de eindafnemers transporteren. Die eindafnemers in de eerste fase zijn nieuwbouwwoningen in de deelgemeente Hoogvliet.

De totale warmtevraag in Hoogvliet is 7000 woningequivalenten. In de businesscase van het warmtebedrijf wordt uitgegaan van 50.000 woningequivalenten (in Rotterdam totaal). In de nabije toekomst wordt aan een verdere uitbouw van het warmtebedrijf naar de totale zuidelijke vleugel

van de Randstad gewerkt, inclusief Haaglanden, de stadsregio Rotterdam en Drechtsteden. In dit business model Grand Design worden 500.000 woningequivalenten aangesloten op het warmtenet. In dit ontwerp gaat het niet alleen om huishoudens, maar ook om bedrijven en de glas-tuinbouw.

Het warmtesysteem van het warmtebedrijf is onderdeel van een grootschalig centraal verwarmingssysteem van fabriek tot eindgebruiker. Het warmtebedrijf fungeert hierbij als schakel tussen de industriebedrijven (bronnen) en de energiebedrijven.

Hieronder is een schema met de warmteketen weergegeven en de rol van het warmtebedrijf hierin:





Het Warmtebedrijf Rotterdam zorgt voor de financiering, bouw en exploitatie van het warmteoverdrachtstation (uitkoppeling van de warmte), het transportnet en de hoofdafleverpunten. De energiebedrijven zorgen voor de distributie in de woonwijken en de aflevering van warmte aan de woningen.

Als eerste wordt de lage temperatuur industriewarmte uit een installatie van Afval Verwerking Rotterdam (AVR) en van de aardoliedestillatiefabriek op het Shell complex in Pernis gebruikt. Om 500.000 woningbouwequivalenten aan warmte te kunnen leveren, moeten ook andere warmtebronnen worden aangesloten. De warmteoverdrachtstations bij de AVR en Shell bestaan voornamelijk uit pompen en warmtewisselaars die de warmte van de fabrieken overdragen naar het warmtetransportnet. Het warmtetransportnet is een retourstelsel van twee ondergronds naast elkaar gelegen goed geïsoleerde stalen leidingen.

Door de ene buisleiding wordt water van een temperatuur van 95-120°C naar de hoofdafleverpunten in de wijken ge-

transporteerd. Via de retourleiding wordt het koude water teruggebracht naar de warmteafdrachtstations bij de industrie waar het water weer wordt verhit. De energie-distributiebedrijven zorgen zoals gezegd voor levering van warmte in de wijken.

#### Bijdrage Warmtebedrijf aan Rotterdam Climate Initiative

In het businessplan van het Warmtebedrijf Rotterdam wordt aan 50.000 woningequivalenten warmte geleverd. Hierdoor wordt jaarlijks 72.000 ton minder CO<sub>2</sub> uitgestoten door vermeden aardgasgebruik ten behoeve van verwarmingsdoeleinden. Dit is 0,24% van de Rotterdamse doelstelling: in 2025 50% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot dan in 1990. Indien aan 500.000 woningequivalenten wordt geleverd (Grand Design), wordt jaarlijks circa 1 Mton CO<sub>2</sub> minder uitgestoten. Dit is circa 3% van de Rotterdamse doelstelling. Het grootschalig leveren van warmte levert een beperkte bijdrage aan de Rotterdamse doelstelling om 50% CO<sub>2</sub> te besparen ten opzichte van 1990.



Grijze structuur: reeds bestaand warmtenet. Groene structuur: nieuw te realiseren warmtenet.



### Overeenkomsten businesscase schoon fossiel

De keten voor warmtelevering heeft grote overeenkomsten met de keten voor schoon fossiel. Door de bronnen (bedrijven) die warmte en CO<sub>2</sub> emitteren, worden deze producten gezien als afvalproduct. Deze bedrijven kennen niet of nauwelijks economische waarde toe aan deze producten. Er zijn echter ook belangrijke verschillen:

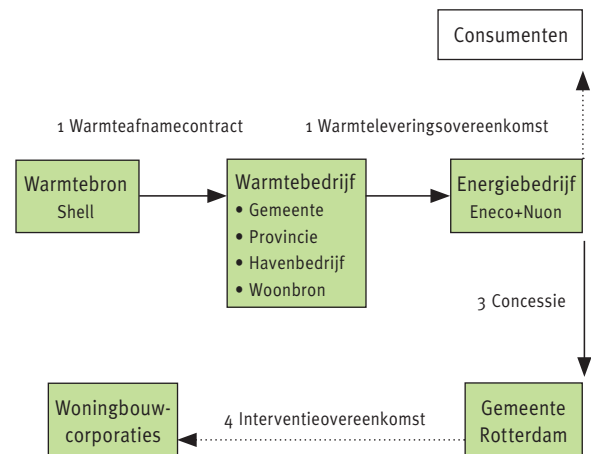
- Lage temperatuur industriewarmte substitueert het gebruik van aardgas voor huishoudens en dat heeft een hoge waarde voor de eindgebruiker, onafhankelijk van politieke doelstellingen voor CO<sub>2</sub> emissiereductie. Voor de warmteproducerende bedrijven levert het echter weinig op;
- CO<sub>2</sub>-emissies hebben voor bedrijven in het EU-ETS wel een belangrijke waarde en reductie via schoon fossiel wordt belangrijk bij hoge prijzen van CO<sub>2</sub>-emissierechten;
- de kosten voor het warmtebedrijf bestaan voornamelijk uit kapitaalkosten voor transport, terwijl transportkosten voor de CO<sub>2</sub>-keten relatief veel minder belangrijk zijn (afvangkosten zijn veel belangrijker dan transportkosten);
- de eindgebruiker van warmte heeft, in principe, veel rendabele alternatieven (micro-WKK, warm bodemwater, warmtepomp, zonneboiler etc.), en dat maakt het moeilijk voor de afnemers om voor lange termijn contracten te tekenen. Er zijn op dezelfde termijn veel minder alternatieven voor CO<sub>2</sub>-opslag.

De bedrijven stellen een belangrijke voorwaarde aan de uitkoppeling van deze producten: het mag geen geld kosten. Er waren geen marktpartijen die de uitkoppeling van de warmte en het transport naar de eindgebruiker wilden oppakken. Deze rol is nu opgepakt door het Warmtebedrijf Rotterdam. Voor CO<sub>2</sub>-transport zijn er wel marktpartijen die deze rol willen oppakken, terwijl ook het Havenbedrijf Rotterdam wil investeren in de CO<sub>2</sub>-pijpleiding. De situatie voor CO<sub>2</sub>-transport is daarmee gunstiger dan voor warmte-transport.

### Contracten en financiering

Het Warmtebedrijf Rotterdam is opgericht door de gemeente Rotterdam, met als aandeelhouders het Havenbedrijf, de provincie Zuid-Holland en woningbouwcorporatie Woonbron. De ministeries van EZ en VROM zijn bereid gezamenlijk een investeringsbijdrage van € 21 miljoen te leveren. Uit het leefbaarheidsfonds Bestaand Rotterdams Gebied wordt 7 miljoen gefourneerd. Daarnaast investeren

de aandeelhouders een bedrag van € 27 miljoen. Het startkapitaal bedraagt dus circa € 48 miljoen. In totaal investeert het warmtebedrijf € 110 miljoen. Inclusief rente loopt de investeringsbehoefte op tot € 124 mln. Hiervan wordt € 68 geleend bij de bank. Vanaf 2013 genereert het warmtebedrijf positieve cash flows, op basis waarvan herfinanciering kan plaatsvinden. De energiebedrijven investeren in de distributienetten en de hulpwarmtecentrales (warmtebuffer voor piekbelasting). Voor het aansluiten van 50.000 woningequivalenten moeten de energiebedrijven circa € 250 miljoen investeren. Om de financiering van de bank rond te krijgen moet een aantal contracten worden afgesloten (zie onderstaand schema):



1. Contract warmteafname tussen warmtebron en Warmtebedrijf Rotterdam. Als eerste is het contract met de warmteleverancier (Shell) afgesloten. Voor de businesscase is het van essentieel belang dat de warmte voor langere tijd wordt gegarandeerd. Shell is een leveringsovereenkomst aangegaan voor een periode van 15 jaar.
2. Warmteleveringsovereenkomst tussen energiebedrijf en warmtebedrijf. Uitgangspunt in het businessplan van het warmtebedrijf is dat de energiebedrijven 30 jaar lang een vaste leveringsvergoeding voor de warmte aan het warmtebedrijf gaan betalen. Dit traject moet nog worden aanbesteed. Uit deze aanbesteding moet blijken hoeveel de energiebedrijven over hebben voor industriewarmte van het warmtebedrijf. Het rondkrijgen van de transportvergoeding is een voorwaarde voor het definitieve investeringsbesluit.
3. Concessie tussen gemeente en energiebedrijven. Na een openbare aanbestedingsprocedure hebben Nuon en Eneco het (alleen)recht tot warmtelevering in twee regio's in Rotterdam.

4. Intentieovereenkomst tussen gemeente en woningbouwcorporaties. In de intentieovereenkomst is afgesproken dat bij nieuwbouwprojecten en grootschalige renovatieprojecten direct of op een later tijdstip wordt aangesloten op het warmtenet.
5. Energielivering aan de consument. Nadat de gemeente en woningbouwcorporatie hebben besloten wijken van warmte te voorzien, zijn de eindgebruikers gebonden aan een warmteleverancier. De consument heeft dus geen keus bij het kiezen van de warmteleverancier. Voorwaarde is dat de gebruikskosten voor energie 'niet meer dan anders' mogen zijn. Dit principe en de aansluitbijdrage per woning zijn contractueel vastgelegd.

#### **Aanbevelingen en lessen voor de businesscase schoon fossiel**

##### *W1: Financiële bijdrage overheid toetsen een EU regels*

Het Rijk heeft een investeringsbijdrage in het Warmtebedrijf toegezegd van € 21 miljoen. Daarnaast heeft de gemeente Rotterdam een ondersteuning van € 7 miljoen toegezegd. Dit geld is nodig om de eerste investeringen te dekken en de onrendabele top te financieren. Deze investeringsbijdrage van het Rijk en de gemeente Rotterdam is een vorm van staatssteun. De EU hanteert strikte regels omtrent het verlenen van staatssteun en moet hier formeel goedkeuring aan geven. Dit is een langlopend traject. Het Warmtebedrijf Rotterdam heeft in december 2006 de formele goedkeuring van Brussel ontvangen. Belangrijke voorwaarde voor de goedkeuring was dat de investeringsbijdrage niet ten goede is gekomen aan de bronnen (Shell of AVR) of aan de energiebedrijven (NUON, Eneco). De warmte wordt uitgekoppeld op kosten van het warmtebedrijf. Vervolgens wordt deze warmte verkocht aan de energiebedrijven tegen marktconforme prijzen.

Ook bij het realiseren van de businesscase voor schoon fossiel in het HIC Rotterdam is waarschijnlijk een overheidsbijdrage vereist. Er moet tijdig getoetst worden of deze bijdrage voldoet aan de Europese regels.

##### *W2: Start met een overzichtelijke en realistische proeftraject*

Het Warmtebedrijf Rotterdam start met een proeftraject in Hoogvliet (7000 woningbouwequivalenten). Met de ervaringen in Hoogvliet kan het warmtesysteem worden geoptimaliseerd. Vervolgens kan het warmtenet worden opgeschaald naar andere gebieden in Rotterdam en de zuidvleugel.

Voor de businesscase voor schoon fossiel geldt hetzelfde. Daarom wordt de uiteindelijke doelstelling van 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar reductie via schoon fossiel in drie fasen gerealiseerd. Eerst wordt de infrastructuur gerealiseerd. Vervolgens worden bedrijven aangesloten met de laagste afvangkosten voor CO<sub>2</sub> (pure CO<sub>2</sub>). Door technische innovaties en het stijgen van de prijs voor CO<sub>2</sub> kunnen meer bronnen worden aangesloten.

Belangrijk is dat het hoofdtransportleiding wel wordt gedimensioneerd op het eindbeeld: jaarlijks transport van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar via de 26 inch diameter leiding in de Rotterdamse regio. Het transport van ultimo 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar zal worden gerealiseerd via een 48 inch leiding ten zuiden van de Nieuwe Waterweg.

##### *W3: Formaliseer de afspraken met de stakeholders tijdig*

Voor het krijgen van externe financiering van banken zijn verschillende contracten met de stakeholders noodzakelijk. Deze contracten worden niet tegelijkertijd gesloten maar zijn het resultaat van langdurige onderhandelingen. Bij de oprichting van het Warmtebedrijf Rotterdam liepen in hetzelfde tijdsbestek verschillende onderhandelingen en processen tussen de stakeholders parallel. Formaliseer tijdig afspraken en intenties in de vorm van contracten of overeenkomsten. Dit scheidt duidelijkheid en kan andere (proces)stappen versnellen.

##### *W4: Planning is ongelooflijk belangrijk*

Tijdens de uitvoering van de businesscase krijg je altijd te maken met onvoorziene omstandigheden. Bij de aanleg van de infrastructuur voor het warmtenet bleek dat bepaalde onderdelen (pompen) een besteltijd hadden van 1,5 jaar. Dit heeft de aanleg vertraagd. Een goede planning is dus essentieel.

##### *W5: Doe een risicoanalyse*

Voor de businesscase van het Warmtebedrijf Rotterdam is een uitgebreide risicoanalyse uitgevoerd door March. Een onafhankelijke beoordeling van de businesscase en een inschatting van de kansen en bedreigingen heeft waardevolle inzichten opgeleverd voor de realisatie van de businesscase voor het warmtebedrijf. Echter: niet alle risico's zijn te voorzien of uit te sluiten.

##### *W6: Betrek de hele keten en creëer een gemene deler*

De gehele keten, van bron tot eindgebruiker, is betrokken bij de totstandkoming van het warmtebedrijf. Het warmtebedrijf zelf bestaat uit participanten van het Havenbedrijf,

gemeente Rotterdam, woningcorporatie Woonbron en de provincie Zuid-Holland. Met de overige stakeholders uit de warmteketen zijn afspraken vastgelegd in verschillende documenten: intentieovereenkomst, warmteleveringscontracten en warmte-afnamecontracten. Voor het slagen van de businesscase is het van essentieel belang dat alle stakeholders gedurende het proces betrokken blijven. Alle partijen in de warmteketen profiteren van de totstandkoming van het warmtebedrijf. Daarom moet het hoofddoel als gemene deler tussen de partijen sterk genoeg zijn. Voor de realisatie van de businesscase voor schoon fossiel geldt hetzelfde: de gemene deler van ieder partij moet groot en sterk genoeg zijn.

*W7: Politiek draagvlak: CO<sub>2</sub>-bedrijf moet gedragen worden op hoogste niveau*

Bij de totstandkoming van het Warmtebedrijf Rotterdam was politiek draagvlak van essentieel belang. De toenmalige wethouder Van Sluis heeft zich sterk gemaakt voor het warmtebedrijf en heeft zijn politieke lot hieraan verbonden. Een schoon fossielproject kan alleen worden gerealiseerd als de Rotterdamse politiek langdurig hieraan geëncmitteerd is.

*W8: Kies het juiste moment voor oprichting CO<sub>2</sub>-bedrijf*

De fase van beleidsvoorbereiding naar uitvoering loopt niet naadloos in elkaar over. Er komt een moment dat de politiek een besluit moet nemen. Niet alle onzekerheden en risico's kunnen op dat moment worden weggenomen of voorzien. Een dergelijke beslissing vereist politiek lef en visie. Wacht met het oprichten van een projectorganisatie of een CO<sub>2</sub>-bedrijf niet tot alle onzekerheden zijn weggenomen. Er is een belangrijke motor nodig die voldoende 'drive' en voortgang genereert om de businesscase voor schoon fossiel te laten slagen. Bij het Warmtebedrijf Rotterdam was de gemeente deze drijvende kracht. Bij schoon fossiel wordt de timing voor projecten bepaald door de tendering van schoon fossielprojecten in 2007 (zowel door de VROM/EZ tender in Nederland als door de EU tender).

*W9: De (warmte)bron en de eindgebruiker zijn essentieel voor het slagen van de businesscase.*

Voor het verkrijgen van externe financiering van banken en het nemen van het definitieve financieringsbesluit moeten de volgende zaken geregeld zijn:

- Voldoende vraag naar warmte (50.000 woningequivalenten);
- langdurige en betrouwbare leveringszekerheid van warmte.

Ook voor de businesscase van schoon fossiel geldt: de afvang van CO<sub>2</sub> moet technisch en financieel haalbaar zijn. Daarnaast moet de afvang- en opslagcapaciteit (langdurig) worden gegarandeerd. Beide zaken moeten tijdig contractueel worden vastgelegd.

*W10: Overheid: neem onzekerheden weg*

Bij het realiseren van de businesscase van het warmtebedrijf was er een groot aantal onzekerheden. Uit een stakeholderanalyse bleek dat het uitkoppelen en transport van warmte niet werd opgepikt door de markt. Voor geen van de stakeholders was de uitkoppeling en transport van warmte een interessante activiteit: er waren teveel onzekerheden en de terugverdientijd van de investeringen was te lang. Voor dit traject is het Warmtebedrijf Rotterdam opgericht. Voor de businesscase schoon fossiel geldt: breng de risico's in kaart en bestudeer onder welke voorwaarden partijen hun aandeel willen leveren aan de totstandkoming van de businesscase. Dit is beschreven in hoofdstuk 5: Stakeholderanalyse.

*W11: Er moet een duidelijke trekker zijn*

Alle stakeholders in de warmteketen zijn vertegenwoordigt in het Warmtebedrijf Rotterdam of zijn via bindende afspraken onderdeel van het proces. Het Warmtebedrijf Rotterdam (in oprichting) heeft het voortouw genomen, de contracten geregeld en de stakeholders bij elkaar gehouden. Binnen de projectorganisatie van het Rotterdamse Climate Initiative (RCI) moet het projectteam schoon fossiel dezelfde trekkersrol vervullen.

*W12: Betrek de juiste professionals voor beleidsvoorbereiding en uitvoering*

Beleidsvoorbereiding is een andere tak van sport dan het opzetten van een (warmte)bedrijf. Bij de oprichting van het Warmtebedrijf Rotterdam zijn tijdig de juiste professionals betrokken: bedrijfseconomen, juristen en technici. Ook voor de realisatie van de businesscase voor schoon fossiel geldt: betrek tijdig de juiste professionals.

*W13: Van afvalproduct tot economisch product*

Een warmtebedrijf staat of valt met de waardering voor warmtelevering en de milieuvordelen. Warmte werd beschouwd als afvalproduct. Bij de totstandkoming van het warmtebedrijf Rotterdam is veel aandacht geweest voor het creëren van een warmtevraag. Doordat gemeente en woningbouwcorporatie samen hebben besloten alle nieuwe grote nieuwbouwprojecten en een aantal grote renovatie-

projecten te voorzien van warmte (circa 50.000 woningequivalenten), is warmte een economisch product geworden met een toegevoegde waarde. Voor het rondkomen van de businesscase van het Warmtebedrijf Rotterdam is deze toegevoegde waarde van essentieel belang. De energiebedrijven nemen een minimum aan warmte af voor een periode van 30 jaar. Dit is een belangrijke voorwaarde voor het verkrijgen van externe financiering. Er wordt nu ook gewerkt aan een warmtewet waarin de financiële en milieuwaardering van warmte een goede plaats krijgt. Daarnaast moet ook erkenning van de emissiereductie in de regelgeving voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> worden geregeld. Voor CO<sub>2</sub> geldt deels hetzelfde. Voor een aantal industriële toepassingen, de tuinders en voor EOR en EGR vertegenwoordigt CO<sub>2</sub> een economische waarde. Bij het realiseren van de businesscase voor schoon fossiel moet deze economische waarde worden benut. Ook voor het verkrijgen van externe financiering is de economische waarde van CO<sub>2</sub> een essentiële voorwaarde.

*W14: Reserveer een plek in de leidingtunnel onder de Nieuwe Maas*

Om het Grand Design mogelijk te maken, moet een leidingtunnel worden aangelegd onder de Nieuwe Maas. In de leidingtunnel wordt ook een reservering gemaakt voor andere infrastructuur. Advies: maak ook een reservering voor CO<sub>2</sub>-infrastructuur.

*W15: Hogere waardering van milieuvoordelen*

De milieuvoordelen van het warmtebedrijf zijn zichtbaar gemaakt en hebben een economische prijs gekregen. Nog niet alle milieukosten komen ten goede aan de businesscase: de vermindering van de uitstoot van CO<sub>2</sub> kan (nog) niet doorgerekend worden in het emissiehandelssysteem. Daarnaast is er minder uitstoot van fijn stof en NO<sub>x</sub>. Een grotere urgentie van het energiebeleid, luchtbeleid en klimaatbeleid en een verdere internalisering van de milieukosten zijn mede bepalend geweest voor het eerste succes van het Warmtebedrijf Rotterdam.

Dit geldt ook voor de businesscase voor CO<sub>2</sub>. De vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot moet financieel worden vertaald, direct via het emissiehandelssysteem en indirect door het geven van gunstige vestigingsvoorwaarden voor bedrijven met een lage CO<sub>2</sub>-uitstoot. Het geldt dat wordt verkregen via het emissiehandelssysteem voor de opslag van CO<sub>2</sub> moet wel (deels) terechtkomen bij de partijen die investeren in de businesscase en niet alleen bij de bedrijven die CO<sub>2</sub> uitstoten.

## 6.2 Multicore

### Organisatie en stakeholders

Rotterdam herbergt een groot aantal bedrijven dat zich richt op de verwerking en productie van olie en chemicaliën. Deze bedrijven maken actief gebruik van pijpleidingen voor grootschalig point-to-point transport. Het netwerk van pijpleidingen in Rotterdam is - vanuit de doorvoer- en distributiefunctie van de haven - bestemd voor zowel het transport tussen de bedrijven in de haven onderling als voor het transport naar bedrijven in Nederland, België en Duitsland. Momenteel gaat per jaar zo'n 60 miljoen ton aan verschillende olie- en (petro) chemische producten door het pijpleidingennetwerk. De belangrijkste producten zijn ruwe olie en (half)producten zoals nafta, kerosine, vloeibaar petroleumgas en ethyleen.

De pijpleidingen zijn grotendeels in bezit van commerciële bedrijven, maar ook het Havenbedrijf Rotterdam investeert in systemen voor pijpleidingen. Een van die initiatieven is Multicore. Multicore is een joint venture tussen het Havenbedrijf Rotterdam N.V. en Vopak Chemicals Logistics. Multicore exploiteert op commerciële basis een ondergronds distributiesysteem voor de chemische- en gasindustrie. Dit systeem bestaat uit een bundel pijpleidingen door de Rotterdamse haven. Bedrijven in het havengebied kunnen een pijpleiding leasen voor de gewenste afstand en periode. MultiCore zorgt voor de gebruiksvergunning van haar pijpleidingen en de klant zorgt voor het transport van z'n chemicaliën/gassen conform de vergunning.



Multicore bestaat uit een viertal pijpleidingen, twee van acht, één van zes en één van vier inch (1 inch = 2,5 cm). De leidingenbundel loopt van Pernis tot de splitsing van de Merwedeweg met de Moezelweg in Europoort. Bij de Botlek is een koppelstation tussen de twee gedeelten. Naast Multicore heeft het Havenbedrijf ook dedicated pijpleidingen in beheer zoals de ethyleenpijpleiding (RC2) naar Antwerpen. Eenieder die ethyleen (van een bepaalde minimum kwaliteit) heeft te verpompen, kan (tegen betaling) gebruik maken van deze pijpleiding.

#### **Overeenkomsten businesscase Schoon Fossiel**

De businesscase voor schoon fossiel bestaat uit de keten: afvang, transport en opslag van CO<sub>2</sub>. Om een businesscase voor schoon fossiel te realiseren, moet er een transport en distributienet voor CO<sub>2</sub> worden aangelegd. Het MultiCore-project is een voorbeeld van hoe een transportnet voor CO<sub>2</sub> gerealiseerd kan worden en hoe de transportfunctie is 'vermarkt'.

#### **Contracten en financiering**

Het Havenbedrijf is gestart met verdere uitwerking en concretisering van de plannen nadat er een launching customer(s) was. Voor het westelijke gedeelte van Multicore was dit Exxon Mobil, voor het oostelijke gedeelte was dit Air Products. Andere klanten zijn op dit moment Linde en Shin Etsu. De klant huurt de leiding en verzorgt zelf het transport. Na verloop van de huurperiode dient de leiding weer in originele staat en 'schoon' te worden opgeleverd. Als minimum huurperiode wordt tien jaar gehanteerd.

Het verkrijgen van de benodigde vergunningen (via het Leidingenbureau van de gemeente Rotterdam) is 'soepel' en binnen de wettelijke termijnen verlopen. Bij de aanleg van MultiCore heeft het Havenbedrijf alleen de regie gevoerd. De uitvoering is verzorgd door Lievense Engineering. De gemeente Rotterdam heeft het veldwerk verricht en de engineering van het project is gedaan door Gemeentewerken Rotterdam.

Het project (aanleg infrastructuur) is openbaar aanbesteed. Er waren meer dan tien inschrijvingen. Het project is gegund aan NACAP. Door de grote ruime belangstelling voor het uitvoeren van het project is het mogelijk geweest een zeer scherpe prijs te bedingen. Het leggen van de leidingen zelf heeft uiteindelijk zes maanden in beslag genomen, wat snel is.

Voor het gebruik van de leidingen geldt een gebruiksvergunning. In de vergunningvoorwaarden is een lijst van

producten opgenomen die kunnen worden getransporteerd. Hiermee is voorkomen dat voor ieder nieuw te verpompen product opnieuw vergunning moet worden aangevraagd. Deze aanpak was op dat moment nieuw. De meeste leidingen in het HIC Rotterdam zijn namelijk bestemd voor één specifiek product en ook op die manier vergund.

De verhuurtarieven zijn gebaseerd op:

- Duur van de overeenkomst;
- gedeelte van de pijpleiding dat wordt gebruikt (maakt andere initiatieven onmogelijk);
- 'plaats' die in het traject wordt gehuurd;
- lengte van de pijpleiding die wordt gebruikt;
- accommoderen van bestaand of nieuw transport (is het al of niet nieuwe lading voor Rotterdam?).

Gezien het succes van Multicore zijn er nu plannen om de bestaande infrastructuur uit te breiden richting Maasvlakte 2. Aandachtspunt hierbij is dat de bestaande leidingenstraat bij de Botlek bijna vol is. Gezien de grote behoefte aan infrastructuur zal een nieuwe leidingenstraat nodig zijn of zullen bestaande leidingen omgeleid moeten worden.

#### **Aanbevelingen en lessen**

##### *M1: Werk goed samen met gemeentelijke diensten*

Het Rotterdams Leidingenbureau en Gemeentewerken zijn belangrijke schakels geweest bij het realiseren van de pijpleidingen. Door het Leidingenbureau en Gemeentewerken tijdig te betrekken bij de engineering van de infrastructuur, zijn alle vergunningen en procedures 'soepel' verlopen en binnen de wettelijke termijnen geregeld (zes weken). De vergunningprocedures voor de aanleg van een CO<sub>2</sub>-net hoeven dus geen bottleneck te zijn, mits het werk goed wordt voorbereid en afgestemd met de bevoegde gemeentelijke diensten. In het Handboek Kabels en Leidingen van de gemeente Rotterdam zijn alle vergunningen en procedures vastgelegd die hiervoor nodig zijn.

##### *M2: De voorbereidingstijd voor de aanleg van de infrastructuur is lang*

Het verkrijgen van de vergunning (zes weken) en het leggen van de pijpenbundel (zes maanden) is sneller verlopen dan de 'algemene' voorbereiding van het MultiCoreproject (engineering en tracékeuze). Het Havenbedrijf gaat over de tracékeuze in het havengebied en het Leidingenbureau gaat over de tracékeuze op het Rotterdams grondgebied. De leidingentracés liggen erg vol en het duurt soms maanden voordat een tracé wordt toegewezen. Ook de engineering van het project kost enige maanden. Voor leidingen



met grotere diameters (vanaf 26 inch) is er weinig plaats in bestaande leidingtunnels en boorgaten. Hiervoor moeten aparte voorzieningen worden getroffen.

*M3: De ruimte voor nieuwe infrastructuur is beperkt*

De buisleidingenstraat in het havengebied ligt op veel plaatsen erg vol. Daarnaast lopen op dit moment veel aanvragen voor de aanleg van nieuwe leidingen. Met de komst van nieuwe bedrijven op de Maasvlakte 2 zal de druk op de beschikbare ruimte alleen maar toenemen. Er is dus veel vraag naar nieuwe infrastructuur in het havengebied en de ruimte hiervoor is beperkt. Een deel van de infrastructuur zal om het havengebied heen worden geleid. Als de businesscase voor schoon fossiel rond is, moet zo snel mogelijk een tracé worden gereserveerd voor CO<sub>2</sub>-infrastructuur. Dit tracé moet worden vastgesteld door het Havenbedrijf.

*M4: Dimensioneren van de leidingen is lastig*

De vier MultiCore leidingen zijn voor langere tijd verhuurd. Het MultiCoreproject wordt waarschijnlijk uitgebreid. Vooraf is het lastig in te schatten hoe groot de vraag naar infrastructuur in de toekomst zal zijn. Het CO<sub>2</sub>-transportnet in het HIC Rotterdam wordt gedimensioneerd op basis van maximaal 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar; dat vereist een 26 inch leiding. De kosten daarvan zijn klein in verhouding tot de overige kosten. Een aantal zuivere CO<sub>2</sub>-bronnen zal zeker op korte termijn worden afgevangen. Een groot deel van de overige bronnen wordt pas afgevangen als de projectplannen voor de schoon fossiel tenders gehonoreerd worden en de bestuurlijke en politieke knelpunten zijn weggenomen.

*M5: Kies de juiste stakeholders*

In Vopak heeft het Havenbedrijf een partner met kennis van de markt en van exploitatie en beheer van een pijpleidingbundel. Het Havenbedrijf Rotterdam zelf heeft minder ervaring met het opstellen van gebruikscontracten dan Vopak. Met Vopak als partner heeft iedereen zich kunnen richten op die dingen waar hij/zij goed in is. Voor het realiseren van de businesscase voor schoon fossiel heeft de overheid ook marktpartijen nodig die op verschillende onderdelen in de CO<sub>2</sub> keten kunnen worden ingezet. Met name voor de afvang van CO<sub>2</sub> en de ondergrondse opslag zijn betrouwbare marktpartijen nodig.

*M6: Sluit aan bij andere infrastructurele projecten*

Er zijn de komende jaren verschillende infrastructurele projecten gepland. Denk hierbij aan Multicore 2 en nieuwe

leidingen van de Gasunie. De leidingen van de Gasunie bestaan uit hetzelfde materiaal als voor de beoogde CO<sub>2</sub>-infrastructuur. Door gezamenlijk het materiaal in te kopen, de infrastructuur gelijktijdig aan te leggen en/of aan te besteden, kunnen kosten worden bespaard.

## 6.3 OCAP

Planten groeien onder invloed van licht en verbruiken daarbij CO<sub>2</sub>. In Nederlandse kassen wordt CO<sub>2</sub> veelal gedoseerd in de vorm van rookgassen uit de verwarmingsketel. In de zomerperiode wordt in tuinbouwkassen op grote schaal aardgas verstoekt. Een deel van de vrijkomende warmte kunnen tuinders gebruiken, maar vaak wordt de warmte vernietigd (zomerstook). OCAP levert zuivere CO<sub>2</sub> via een bestaande pijpleiding en een nieuw distributienet.

OCAP, een joint venture tussen gasleverancier Linde en bouwconcern VolkerWessels, levert zuivere CO<sub>2</sub> aan glastuinbouwers in het Westland. Deze CO<sub>2</sub> komt vrij bij de productie van waterstof bij Shell in de Botlek en zou anders worden uitgestoten in de atmosfeer. OCAP levert deze CO<sub>2</sub> via een bestaande centrale pijpleiding en een nieuw aangelegd distributienet. In totaal zijn circa 500 tuinders aangesloten op het OCAP-netwerk. Dit komt neer op een aangesloten oppervlak van 1300 hectare. Zo besparen tuinders zo'n 95 miljoen kubieke meter aardgas per jaar en vermindert de CO<sub>2</sub>-uitstoot jaarlijks met zo'n 170.000 ton. De totale levering aan CO<sub>2</sub> bedraagt nu 300.000 ton/jaar.



Bron: OCAP

Het totaal areaal aan glastuinbouw in Nederland bedraagt 10.000 ha. Het aantal hectare dat in het leveringsgebied van OCAP ligt bedraagt ca. 5500 ha. Indien alle tuinders in het leveringsgebied van OCAP worden aangesloten, kan circa 1 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar worden getransporteerd naar de tuinders.

### Transport van CO<sub>2</sub>

De aan de tuinders geleverde CO<sub>2</sub> wordt door OCAP van Shell ingekocht aan het hek van de raffinaderij. Daar wordt het CO<sub>2</sub>-gas met een compressor op druk gebracht. Voor transport wordt gebruikgemaakt van een bestaande transportleiding van 85 km. Deze leiding loopt van het industriegebied van Rotterdam naar het havengebied tot Amsterdam, langs een aantal belangrijke glastuinbouwgebieden. Het gebruik van deze leiding is cruciaal voor een rendabele exploitatie van de CO<sub>2</sub>-levering. OCAP heeft deze leiding met subsidie aangekocht. Zonder deze leiding was het OCAP-project niet rendabel.



Bron: Linde

De leveringsgebieden van OCAP zijn op de bestaande transportleiding aangesloten. Daarvoor heeft OCAP een wijd vertakt, nieuw pijpleidingennet aangelegd dat afnemers verbindt met het CO<sub>2</sub>-netwerk. De totale Investering van Hoek Loos en VolkerWessels bedraagt 100 miljoen euro.

### Toekomstplannen OCAP

De tuinders zijn via OCAP nu afhankelijk van één grote bron (Shell) en een beperkt aantal kleine bronnen. De leveringszekerheid aan de tuinders is niet groot genoeg. OCAP is daarom op zoek naar meerdere bronnen. Aange-

zien pure CO<sub>2</sub> een economische waarde heeft en er voldoende klanten (afzet) zijn, zullen alle pure stromen CO<sub>2</sub> in de toekomst worden afgevangen door marktpartijen. Op korte termijn denkt OCAP uit te breiden van 1300 hectare naar 3000 hectare glastuinbouw. Maximaal kan 5500 hectare worden aangesloten. De afzet van CO<sub>2</sub> bedraagt nu 160 ton per uur in de toekomst 260 tot 300 ton per uur.

### Aanbevelingen en lessen voor de businesscase schoon fossiel:

*O1: OCAP-leiding kan dienen als common carrier voor CO<sub>2</sub>-transport*

Linde (eigenaar OCAP) heeft toegezegd dat de OCAP-leiding kan fungeren als common carrier voor CO<sub>2</sub>-transport op voorwaarde dat de CO<sub>2</sub> minimaal 98% zuiver en niet verontreinigd is. De CO<sub>2</sub>-leiding loopt van Rotterdam tot aan het Westelijk Havengebied van Amsterdam. De maximale operatiedruk van de leiding is bepaald op 48 bar (de originele ontwerpdruk was 100 bar). Met een aantal ingrepen kan de druk verder worden verhoogd. De maximale transportcapaciteit van de leiding wordt dan 3,6 Mton/jaar. De OCAP-leiding heeft dus onvoldoende capaciteit voor fase 2 en 3 van de businesscase schoon fossiel.

*O2: Maak gebruik van bestaand leidingstracé bij de aanleg van een nieuwe leiding*

De OCAP-leiding ligt in een bestaande buisleidingenstraat. Deze buisleidingenstraat is door het ministerie van Economische Zaken als zodanig aangemerkt middels een concessie. OCAP verwacht dat deze concessie komt te vervallen over twee of drie jaar. Bij de aanleg van een nieuwe leiding is de proceduretijd veel korter als bij de tracékeuze gebruik wordt gemaakt van een bestaande buisleidingenstraat. Voor de businesscase voor schoon fossiel kan gebruik worden gemaakt van deze leidingenstrook.

*O3: OCAP-leiding als onderdeel van een groter CO<sub>2</sub>-net*

De OCAP-leiding is aangesloten op een leiding van Multi-core. Verder is OCAP van plan om de bestaande infrastructuur door te trekken naar twee nieuwe CO<sub>2</sub>-bronnen in de buurt van Maasvlakte 2. Ook onderzoekt OCAP samen met de NAM of dit netwerk kan worden uitgebreid naar lege gasvelden bij Barendrecht. De NAM wil hier samen met Shell een pilotproject starten voor de ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub>. Dit CO<sub>2</sub>-netwerk kan worden benut als eerste stap op weg naar de uitbreiding van fase 1 van 1,5 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar.

*O4: Hergebruik van CO<sub>2</sub> in kassen niet in emissiehandels-systeem*

Circa eenderde deel van de CO<sub>2</sub> die in de kassen wordt gepompt, wordt opgenomen door de planten. Het overige deel komt alsnog in de atmosfeer. De grootste CO<sub>2</sub>-reductie zit in het vermeden aardgasverbruik. Deze reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot mag niet worden meegerekend in het emissiehandelssysteem van de EU.

*O5: Veiligheid transport CO<sub>2</sub> is een issue*

VROM is bezig met een nieuwe regels en normen voor grote transportleidingen (AMvB Buisleidingen). De risicoberekening (en afstanden) wordt misschien aangepast voor grote transportleidingen die onder hoge druk stoffen transporteren. Dit kan gevolgen hebben voor de diepteligging en het materiaalgebruik van nieuwe leidingen en door ruimere risicoafstanden de ruimtelijke inpassing van een CO<sub>2</sub>-transportnet bemoeilijken. De OCAP-leiding bij Zoetermeer ligt op acht meter van de huizen. Een nieuwe transportleiding voor CO<sub>2</sub> kan mogelijk niet door dit tracé worden aangelegd.

*O6: Businesscase: afzet moet goed geregeld zijn*

De businesscase van OCAP was pas rond nadat een minimum aantal tuinders had toegezegd mee te werken. Door OCAP is de investeringsbeslissing genomen nadat circa 50% van benodigde tuinders had toegezegd de CO<sub>2</sub> van OCAP te willen ontvangen.

*O7: Levering warmte in combinatie met CO<sub>2</sub> is ideale combinatie*

De levering van warmte in combinatie met CO<sub>2</sub> is ideaal. Indien alleen warmte wordt geleverd is nog zomerstook nodig voor de productie van CO<sub>2</sub>. Probeer een warmtenet naar nieuwe tuindersgebieden altijd te combineren met een CO<sub>2</sub>-net.

*O8: Geluidbelasting en ruimtebeslag compressiestation CO<sub>2</sub> en ruimtebeslag zijn vrij fors*

Een compressiestation voor CO<sub>2</sub> produceert veel geluid. Voor de realisatie van de businesscase voor schoon fossiel moet een aantal compressiestations worden gebouwd. Zolang deze stations in het havengebied gelegen zijn, hoeft dit geen probleem te zijn. In de buurt van woningen kunnen geen compressiestations worden gebouwd.

## 6.4 Conclusies

In deze paragraaf worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van Multicore, het Warmtebedrijf en OCAP voor het realiseren van de Rotterdamse businesscase samengevat.

- Toets financiële bijdragen overheid aan EU-regels;
- doe een risicoanalyse en start met een overzichtelijk en realistisch proeftraject;
- realiseer eerst de infrastructuur. Vervolgens worden bedrijven aangesloten met de laagste afvangkosten voor CO<sub>2</sub>. Door technische innovaties en het stijgen van de prijs voor CO<sub>2</sub> kunnen meer bronnen worden aangesloten. Belangrijk is dat de hoofdtransportleiding geschikt is voor het eindbeeld: jaarlijks transport van 10-20 Mton CO<sub>2</sub>;
- maak van het afvalproduct CO<sub>2</sub> een economisch product. Voor de glastuinbouw en eigenaren van olie- en gasvelden vertegenwoordigt CO<sub>2</sub> een economische waarde. Gebruik dit ook voor het verkrijgen van externe financiering;
- vorm zo snel mogelijk een consortium en betrek hierbij de hele CO<sub>2</sub>-keten. Alleen als alle partijen in het consortium worden betrokken, kan de businesscase verder worden uitgewerkt. Ook voor het krijgen van externe financiering is dit noodzakelijk;
- zorg bij het CO<sub>2</sub>-bedrijf voor politiek draagvlak op het hoogste niveau en vraag de Rotterdamse politiek een langdurig committent;
- kies het juiste moment voor de oprichting van een CO<sub>2</sub>-bedrijf: Juist als nog niet alle onzekerheden en knelpunten zijn weggenomen, is er een motor nodig die voldoende 'drive' genereert;
- reserveer zo snel mogelijk voldoende opslagcapaciteit voor de CO<sub>2</sub>;
- zorg voor een duidelijke trekker, zoals het projectteam Schoon Fossiel van het Rotterdam Climate Initiative.
- reserveer voor de CO<sub>2</sub>-infrastructuur een plek in de leidingtunnel onder de Nieuwe Waterweg;
- vertaal wettelijk en juridisch het belang van CO<sub>2</sub>-reductie via het emissiehandelssysteem en indirect door het geven van gunstige vestigingsvoorwaarden voor bedrijven met een lage CO<sub>2</sub>-uitstoot of makkelijk af te vangen bronnen.



## 7. Conclusies en aanbevelingen

De hoofddoelstelling van dit rapport luidt: inzicht geven in de mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-afvang in het HIC Rotterdam om daarmee 20 Mton/jaar aan CO<sub>2</sub>-reductie te realiseren. In paragraaf 7.1 wordt antwoord gegeven op deze vraag. In paragraaf 7.2 worden de sterke en zwakke punten en de kansen en bedreigingen van de Rotterdamse businesscase weergegeven. Tot slot worden in paragraaf 7.3 alle relevante knelpunten en acties die nodig zijn voor het realiseren van de Rotterdamse businesscase samengevat.

### 7.1 Conclusies

Naar aanleiding van het advies van de IAB (International Advisory Board) onder voorzitterschap van de heer Lubbers, heeft de gemeente Rotterdam de doelstelling van 50% CO<sub>2</sub>-emissiereductie in 2025 t.o.v.1990 geaccepteerd. Deze doelstelling omvat de emissie in de stad Rotterdam en de industrie in het HIC Rotterdam. De reductiedoelstelling heeft betrekking op de gehele CO<sub>2</sub>-keten en zou moeten leiden tot een reductie van 30 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar in 2025 voor, waarvan maximaal 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar te realiseren via schoon fossiel. Dit rapport concentreert zich op beleidsmatige en zakelijke aanbevelingen om deze doelstelling te realiseren via het transitiepad schoon fossiel vanuit de visie van het HIC Rotterdam als energiehaven, bio-port en CO<sub>2</sub>-hub. Op hoofdlijnen is de businesscase voor de ultieme reductie van 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar uitgewerkt voor drie opeenvolgende fasen in de toekomst:

- 1,5 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar levering aan de glastuinbouw door bedrijven in het HIC Rotterdam die pure CO<sub>2</sub> produceren (een uitbreiding van de huidige situatie). Deze levering wordt gerealiseerd via marktpartijen en is ook rendabel zonder een prijs voor CO<sub>2</sub>-emissie rechten;
- afvang van 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar uit bedrijven in waarvan de CO<sub>2</sub> met relatief lage kosten valt af te vangen. Deze CO<sub>2</sub> wordt geleverd aan offshore olie- en gasvelden en levert inkomsten via de verhoogde olie- en gaswinning en in beperkte mate via verkoop van de emissierechten;
- afvang van 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar waarbij inbegrepen de CO<sub>2</sub> van de emissies van de geplande kolencentrales op de Maasvlakte na 2012. De inkomsten komen ook nog uit verhoogde olie- en gaswinning, maar in toenemende mate uit de verkoop van emissierechten.

De analyse van de industrie in Rotterdam toont aan dat er genoeg bedrijven zijn waarvan dit CO<sub>2</sub>-volume (10 miljoen ton/jaar en 20 miljoen ton/jaar na 2012) rendabel valt af te vangen. De kosten- en batenanalyse toont aan dat voor alle fasen de baten de kosten overtreffen over de gehele keten van afvang, transport en opslag. Daarbij is gebruik gemaakt van unieke locatiefactoren van het HIC Rotterdam en synergie met andere transitiepaden en projecten zoals:

- Producenten van biobrandstof aantrekken omdat deze pure CO<sub>2</sub> produceren die via relatief lage kosten valt af te vangen (synergie met EU-doelstellingen van 10% biobrandstoffen in 2020, en nabijheid van raffinaderijen voor menging met fossiele brandstoffen);
- industriële lage-temperatuurwarmte (potentieel 2000 MW in het HIC Rotterdam) gebruiken voor concentreren van CO<sub>2</sub> uit rookgas in de fase van afvang. N.B. Er is ca. 500 MW nodig om 20 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar af te vangen. Dit leidt tot lagere afvangkosten en voorkomt een conflict met de doelstellingen op het gebied van energie-efficiency;
- een hoge concentratie van industriële CO<sub>2</sub>-emitterende bedrijven waardoor een economische schaalgrootte bereikt kan worden;
- een gebied waar al een bestaande CO<sub>2</sub>-pijpleiding infrastructuur aanwezig is;
- transport per pijpleiding van CO<sub>2</sub> naar relatief nabijgelegen offshore olie- en gasvelden om productie van olie en gas te verhogen door CO<sub>2</sub>-injectie.

De analyse van de kosten toont aan dat 10 miljoen ton CO<sub>2</sub>/jaar valt af te vangen, te transporteren en op te slaan tegen ca. 24 euro/ton CO<sub>2</sub> bij afschrijving van kapitaalsinvesteringen over twintig jaar. Door bovengenoemde locatievoordelen van Rotterdam is dat significant lager dan in andere studies gerapporteerd wordt.

Scenario-analyses van financiële instellingen als UBS en Fortis tonen aan dat na 2012 de CO<sub>2</sub>-emissierechten een

verwachte prijs zullen krijgen van 20 tot 50 euro per ton CO<sub>2</sub>. Verkoop van emissierechten levert dus baten op die gemiddeld de kosten kunnen dekken. Daarnaast levert verhoogde oliewinning door CO<sub>2</sub>-injectie bij daartoe geschikte oliereservoirs (EOR) inkomsten op van gemiddeld 45 euro/ton CO<sub>2</sub>. Dat is boven het gemiddeld kostenniveau. Hoewel de kosten-batenanalyse gunstig uitvalt, zijn wel zeer grote aanvangsinvesteringen vereist. Daardoor is een consortiumaanpak van bedrijven met overheid via een publiek-private samenwerking noodzakelijk om projecten met deze grote ambitie te realiseren.

Op basis van gunstige Rotterdamse locatiefactoren en de kosten-baten analyse kan worden geconcludeerd dat de visie van Rotterdam als globale CO<sub>2</sub>-hub realiseerbaar is en in overeenstemming met de visie van Rotterdam als energiehaven en bioport.

Op zowel regionaal, nationaal als Europees niveau zijn voor schoon-fossielprojecten beleidsmaatregelen nodig om onzekerheden voor investeerders te reduceren als wel om

een helder toetsingskader te scheppen voor vergunningverleners. Deze beleidsmaatregelen zijn voor een deel nieuw en voor een deel al in voorbereiding. De maatregelen zijn geïdentificeerd, gerubriceerd en in detail uitgewerkt. De vier belangrijkste categorieën worden hier genoemd:

- MERprocedure voor vergunning CO<sub>2</sub>-opslag (via AMES-CO), transport en afvang opstellen;
- opname van CO<sub>2</sub>-opslag in EU emissie handels systeem.
- procedures concessieverlening voor CO<sub>2</sub>-opslag als wel EOR en EGR aanpassen;
- geconcentreerde CO<sub>2</sub>-procesemissies opnemen in emissiehandelssysteem van de EU.

Schoon-fossielprojecten zijn met behulp van bestaande technologie uit te voeren. Het verdient echter wel aanbeveling demoprojecten met nieuwe CO<sub>2</sub>-afvangtechnologie in het HIC Rotterdam te stimuleren om zodoende de kosten voor schoon fossiel significant te verlagen. Bovendien zal deze ontwikkeling de aantrekkelijkheid van Rotterdam als energiehaven vergroten, voor zowel gevestigde bedrijven als voor nieuwkomers.

In onderstaande tabel zijn de kosten en opbrengsten van de drie fasen samengevat:

Businesscase	Fase 1: 1,5 Mton	Fase 2: 10 Mton	Fase 3: 20 Mton
Driver	Inkomsten gebruikers (tuinders)	Inkomsten EOR/EGR (primair) en inkomsten emissierechten	Inkomsten EOR/EGR en inkomsten emissierechten (primair)
<b>Kosten totaal €/ton</b>	<b>€17/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€24/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€24/ton CO<sub>2</sub></b>
Afvangkosten	4	17	17
Transportkosten	>13	2	2
Opslagkosten	0	5	5
<b>Inkomsten totaal €/ton</b>	<b>€45/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€32-58/ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€26-54/ton CO<sub>2</sub></b>
Glastuinbouw EOR/EGR Emissierechten	1,5 Mton: 45	1,5 Mton: 45 8,5 Mton: 30-60	1,5 Mton: 45 8,5 Mton: 30-60 10 Mton: 20-50
<b>Opbrengsten</b>	<b>&lt; €28 ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€+8 tot +34 ton CO<sub>2</sub></b>	<b>€+2 tot +20 ton CO<sub>2</sub></b>

**Opmerking:** Deze tabel geeft de kosten en baten gemiddeld over 20 jaar. Er kunnen op basis van deze tabel geen conclusies worden getrokken over de cashflow versus tijd of de rentabiliteit van de business case; dat vereist een meer gedetailleerde financiële analyse o.a. via DCF ('discounted cashflow analysis'). De 1,5 Mton CO<sub>2</sub>/jaar variant is gebaseerd op de bekende gegevens over aankoop van de OCAP pijpleiding en de CO<sub>2</sub> compressiekosten.

De tabel laat zien dat de Rotterdamse businesscase kosten-effectief kan worden gerealiseerd:

- De vergoeding die de glastuinbouw per ton CO<sub>2</sub> betaalt is hoger dan de kosten voor afvang en transport van de CO<sub>2</sub> in fase 1;
- de stuwende kracht in achter fase 2 is de opbrengst uit de injectie van CO<sub>2</sub> in olie- en gasvelden. De verwachte opbrengsten in fase 2 bedragen € 32-58/ton CO<sub>2</sub>. De kosten over de hele keten voor fase 2 bedragen 24 €/ton CO<sub>2</sub>;

- de stuwende kracht in fase 3 zijn de inkomsten uit het emissiehandelssysteem. De verwachte opbrengsten in fase 3 bedragen € 26-54/ton CO<sub>2</sub>. De kosten over de hele keten voor fase 3 bedragen 24 €/ton CO<sub>2</sub>.

## 7.2 SWOT analyse Rotterdamse businesscase

In onderstaand schema is een overzicht gegeven van de sterke en zwakke punten en de kansen en bedreigingen van de Rotterdamse businesscase voor schoon fossiel:

Sterktes	Zwaktes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veel opslagcapaciteit binnen een straal van 300 km rond Rotterdam.</li> <li>• Rotterdam heeft op een kleine afstand veel CO<sub>2</sub> bronnen.</li> <li>• Het HIC Rotterdam produceert veel lage-temperatuurwarmte die kan worden ingezet voor de afvang van CO<sub>2</sub>.</li> <li>• De gemeente Rotterdam heeft zich gecommitteerd aan een ambitieuze reductiedoelstelling CO<sub>2</sub> uitstoot van 50% t.o.v. 1990.</li> <li>• Er is een bestaand netwerk voor transport van CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Gezien de ligging kan Rotterdam de CO<sub>2</sub>-hub van West-Europa worden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grote aanvanginvesteringen.</li> <li>• Lange terugverdiertijden.</li> <li>• Er is nog geen bedrijf dat als trekker wil fungeren voor de afvang van CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Eeuwigdurend beheer van de CO<sub>2</sub>-opslag is noodzakelijk.</li> </ul>
Kansen	Bedreigingen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• De EU en de nationale overheden hebben een scherpe reductiedoelstelling geformuleerd.</li> <li>• De burgers zijn zeer betrokken bij het thema klimaatverandering.</li> <li>• Er is een breed politiek draagvlak voor beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.</li> <li>• Olie- en gasprijzen blijven stijgen.</li> <li>• Versterkte vestigingsvoorwaarden voor bedrijven als netwerk voor CO<sub>2</sub>-opslag is aangelegd.</li> <li>• EOR en EGR heeft grote potentie en is essentieel als onderdeel van de Europese energiestrategie.</li> <li>• Kennisopbouw, economische groei en werkgelegenheid door internationale voorsprong in schoon fossiel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De huidige prijs van CO<sub>2</sub>-emissie rechten is te laag.</li> <li>• Onzekerheid over het emissiehandelssysteem, allocatie en prijsvorming op lange-termijn.</li> <li>• CO<sub>2</sub> opslag is (nog) niet opgenomen in emissiehandelssysteem.</li> <li>• Weinig bedrijven zijn bereid te investeren in CO<sub>2</sub>-afvang en opslag.</li> <li>• Lege olie- en gasvelden kunnen niet zonder meer worden gereserveerd voor CO<sub>2</sub>-opslag.</li> <li>• Concurrentie met ondergrondse aardgasopslag.</li> </ul>

## 7.3 Routekaart voor realisatie businesscase

In deze paragraaf worden alle relevante knelpunten en acties die nodig zijn voor het realiseren van de Rotterdamse businesscase samengevat. Hierbij is een onderverdeling gemaakt in actiepunten voor:

- EU
- Nationale overheid
- Regionale overheid
- Bedrijven

Per actie is weergegeven wie de trekker is en voor welke datum de actie moet zijn gerealiseerd. Alle acties worden tot slot samengevat in een overzichtelijke routekaart. Het gaat hier om trajecten die parallel uitgevoerd kunnen worden. Uit de stakeholderanalyse blijkt dat er percepties bestaan over vermeende onzekerheden en problemen met schoon fossiel die niet stroken met de feiten en een verdere ontwikkeling kunnen bemoeilijken. Dit proces, de mogelijkheden en randvoorwaarden dienen daarom duidelijk gecommuniceerd te worden.

## Actiepunten EU

Actie	Datum
De EU en de nationale overheid moeten zich inzetten voor het globaliseren van het emissiehandelssysteem (EU-ETS) na 2012 voor een langere termijn.	Heden-2011
De EU moet een Europees en uniform monitoringsysteem voor ondergrondse opslag voor CO <sub>2</sub> opzetten. VROM moet de voortgang van dit proces bewaken. Om goed te kunnen monitoren moeten al metingen worden verricht voordat de CO <sub>2</sub> in de ondergrond wordt geïnjecteerd.	Heden-2009
Er moeten Europese regels worden opgesteld over veiligheidsaspecten van transport en opslag van CO <sub>2</sub> . De EU moet duidelijk aangeven aan welke criteria de opslag van CO <sub>2</sub> moet voldoen.	2011
De Europese Commissie komt najaar 2007 met een voorstel voor een Regulatory and Enabling Framework voor CO <sub>2</sub> -opslag dat vanaf 2013 van kracht moet zijn. De Europese Commissie maakt echter niet goed duidelijk wat de vroegtijdige positie van CO <sub>2</sub> -opslagprojecten is.	2007
De EU moet ervoor zorgen dat installaties met kort-cyclische CO <sub>2</sub> -emissies en procesemissies worden opgenomen in het EU-ETS.	2011
Er moet een Europees centraal geregeld allocatiesysteem komen voor na 2012. Tevens moet de allocatie fors worden aangescherpt zodat de prijs voor CO <sub>2</sub> stijgt.	Heden-2009
De EU moet duidelijke regels stellen en afspraken maken met de industrie over het begrip 'capture ready'.	2007/2008
De EU moet wetgeving realiseren die ondergronds opslaan van CO <sub>2</sub> economisch aantrekkelijk maakt, zoals via het Europees emissiehandelssysteem. De EU moet ondergrondse opslag van CO <sub>2</sub> in opnemen in het emissiehandelssysteem (zowel offshore als onshore).	2011

## Actiepunten Nationale overheid

Actie	Trekker	Datum
De nationale overheid moet richtlijnen aanpassen omtrent concessie en exploitatie van olie- en gasvelden. Olie- en gasbedrijven krijgen een concessie om olie- en gasvelden te exploiteren. De nationale overheid heeft nauwelijks zeggenschap over het gebruik van (bijna) lege olie- en gasvelden. Het is belangrijk dat EZ en VROM zich actief gaan inzetten om (bijna) lege velden aan te wijzen of te reserveren voor CO <sub>2</sub> -opslag (naar Engels model).	EZ / EBN	Heden-2009
De nationale overheid moet duidelijkheid verschaffen over wie verantwoordelijk en aansprakelijk is voor het eeuwigdurende beheer van de CO <sub>2</sub> -opslag.	VROM	2009
In de Mijnwet wordt CO <sub>2</sub> als afvalstof aangemerkt. Afvalstoffen in de ondergrond injecteren is niet toegestaan. EZ moet politieke randvoorwaarden t.a.v. de Mijnwet creëren (CO <sub>2</sub> als mijnbouwhulpstof voor EOR en EGR).	EZ- EBN	2009
Regelgeving omtrent de veiligheid(risico's) van CO <sub>2</sub> -transport zijn niet duidelijk. Deze aspecten worden geregeld in de nieuwe AMVB Buisleidingen (2008).	VROM	2008
Keuze van de te gebruiken opslaglocaties en hierover overeenstemming bereiken met concessiehouders.		
NOx uitstoot tuinbouwbedrijven moet worden beperkt bij CO <sub>2</sub> -levering om gebruik oude WKK's te ontmoedigen t.b.v. centrale levering schone CO <sub>2</sub> .	VROM/PZH/ DCMR	2007
De aanbevelingen van AMESCO moeten worden geïmplementeerd in MER-voorschriften en het LAP (landelijk Afvalbeheer Plan).	PZH	2007
Voor de businesscase moet infrastructuur worden aangelegd. De nationale overheid kan hiervoor een concessie van openbaar belang verlenen. De proceduretijd en de ruimtelijke inpassing wordt hiermee vereenvoudigd en versneld.	VROM	

## Actiepunten Regionale Overheid

Actie	Trekker	Datum
Zorg voor een duidelijke trekker, zoals het projectteam Schoon Fossiel van het Rotterdam Climate Initiative.	Hbr, DCMR	2007
Richt een consortium op: nodig om in aanmerking te komen voor subsidiegelden van de EU en EZ. Ook is een consortium nodig om het committent van de verschillende partijen te verstevigen en te formaliseren. Het ontwikkelen van de businesscase in consortiumverband vereist ondersteuning en expertise van een neutrale, onafhankelijke organisatie die ervaring heeft met innovatie en het katalyseren van projecten.	Consortium	2007
Gemeentewerken heeft een tracéverkenning uitgevoerd voor een transportnet voor het HIC Rotterdam. Ontwerp een transportnet voor 10 Mton en vraag hiervoor concessie openbaar belang voor onshore infrastructuur.	Consortium	2007/2008
Vertaal het belang van CO <sub>2</sub> -reductie door het geven van gunstige vestigingsvoorwaarden voor bedrijven met een geconcentreerde CO <sub>2</sub> -uitstoot.	HbR, Rotterdam	2007/2008
Creëren van de politieke randvoorwaarden t.a.v. emissiehandel via DCMR, PZH, VROM naar EU (lobby moet uiterlijk september 2007 gerealiseerd zijn).	DCMR, PZH	2007-2011
Vergunningen businesscase: zorg voor één loketfunctie bij het realiseren van de businesscase.	DCMR	2007-2011
Business development/innovatieproces faciliteren en aansturen analoog aan de ontwikkeling van het Warmtebedrijf via het Rotterdam Climate Initiative.	RCI	2007-2011
Reserveer voor de CO <sub>2</sub> -infrastructuur een plek in de leidingtunnel onder de Nieuwe Maas.	HbR	2007
Nadere detaillering van de hoeveelheid beschikbare warmte voor CO <sub>2</sub> -afvang via het project 'Botlekloop'.	R3	2007/2008
Zorgen dat nieuwe CO <sub>2</sub> -bronnen 'capture ready' zijn.	DCMR	2007-2011
Toets financiële bijdragen overheid aan EU-regels.	Consortium	
Ontwerp van en keuze voor locaties van compressorstations.	Consortium	2008
Zorg bij de CO <sub>2</sub> - en warmte-infrastructuur voor politiek draagvlak op het hoogste niveau en vraag de Rotterdamse politiek een langdurig commitment.	Consortium	2007-2011
Met partners uit de gehele CO <sub>2</sub> -keten samenwerking afstemmen voor het ontwikkelen en realiseren van de businesscase.	Stuurgroep, RCI	2007
Gebruik maken van de pijpleiding tenders (bijv. DPO) om industrieclusters met elkaar te verbinden (Antwerpen, Vlissingen, Terneuzen met Rotterdam).	HBR, EZ	2007
Leg connectie met concepten Grand Design en Botlekloop voor lage-temperatuur warmte uit de industrie voor de CO <sub>2</sub> -afvang.	R3	2007

## Actiepunten bedrijfsleven

Actie	Trekker	Datum
Bedrijven gericht acquireren via het Havenbedrijf, bijv. voor de Tweede Maasvlakte, die een meerwaarde genereren voor de realisatie van de grootschalige businesscase schoon fossiel (bio-ethanol, biomassa vergassing etc.).	HbR	2007
Ontwikkeling en uitwerking van de businesscase voor schoon fossiel samen met 'vrijgemaakte' industrie en financiële partners in Deltalinqsverband via bijv. het Deltalinqs Energy Forum.	Consortium- Deltalinqs	2007-2011
Meedingen naar de Nederlandse en/of Europese schoon-fossieltender door een bedrijvenconsortium met partners zoals Havenbedrijf en Linde etc. met connectie naar Deltalinqs.	Consortium	2007
Ontwikkelen demo's voor nieuwe afvangtechnologie.	R3	2007
Opstellen CO <sub>2</sub> -protocol met bedrijven.	Deltalinqs	Nu
Pleiten bij bedrijven voor opname van hun procesemissies aan CO <sub>2</sub> in emissiehandelssysteem.	Allen	2007-2011



C

C

C

C

B

C

E

C





**ROM** *rijnmond R3*

