

# CARBON CAPTURE AND STORAGE

Plan van Aanpak Noord-Nederland

# CARBON CAPTURE AND STORAGE

Plan van Aanpak Noord-Nederland



# COLOFON

Dit Plan van Aanpak is opgesteld door DHV in opdracht van het Kernteam CCS Noord-Nederland.  
Noord-Nederland.  
Editie: Januari 2009

Auteurs: Ingeborg van Ansem, Carel Cronenberg, Ronald Eenkhoorn  
Met bijdragen van: Alexander Crena de Jongh, Vincent Swinkels, Robert van der Velde  
Concept en realisatie: Castel International Publishers  
Eindredactie: Angelique Kamerling, Castel Communicatie  
Vormgeving en opmaak: Eldad Groenman en Susanna Kuiper, Castel Mediaproducties  
Foto's: iStockphoto, Eldad Groenman

© 2009 DHV/Kernteam CCS Noord-Nederland

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van drukwerk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DHV B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

ISBN 978-90-79147-05-2  
NUR 600

[www.akzonobel.nl](http://www.akzonobel.nl)  
[www.castel.nl](http://www.castel.nl)  
[www.dhv.nl](http://www.dhv.nl)  
[www.energyvalley.nl](http://www.energyvalley.nl)  
[www.fryslan.nl](http://www.fryslan.nl)

[www.gasunie.nl](http://www.gasunie.nl)  
[www.nam.nl](http://www.nam.nl)  
[www.nom.nl](http://www.nom.nl)  
[www.nuon.nl](http://www.nuon.nl)  
[www.provincie.drenthe.nl](http://www.provincie.drenthe.nl)

[www.provinciegroningen.nl](http://www.provinciegroningen.nl)  
[www.rug.nl](http://www.rug.nl)  
[www.rwe.nl](http://www.rwe.nl)  
[www.seq.nl](http://www.seq.nl)

Het Kernteam CCS Noord-Nederland is een samenwerkingsverband waarin onderstaande partijen participeren:



provincie Drenthe



provinsje fryslân  
provincie fryslân



gasunie



RWE



# INHOUD

<b>Voorwoord</b>	8	<b>6. Beleidskader en wetgeving CCS</b>	75
<b>1. Samenvatting en conclusies</b>	10	6.1 Internationaal	76
<b>2. Introductie CCS</b>	14	6.2 Nationaal	77
2.1 Aanleiding voor CCS	14	6.3 Regionaal	78
2.2 Kansen CCS in Noord-Nederland	15	6.4 Wetgeving	85
2.3 Ambitie CCS in Noord-Nederland	16	6.4.1 CCS-Richtlijn	85
<b>3. Vertrekpunt CCS-keten Noord-Nederland</b>	19	6.4.2 ETS-Richtlijn	87
3.1 Afvang	20	6.4.3 Inschatting vergunningenprocedure voor CCS en ETS	90
3.2 Transport	29	<b>7. Route naar CCS in Noord-Nederland</b>	93
3.3 Opslag	33	7.1 Randvoorwaarden	94
3.4 Hergebruik	47	7.2 Stappenplan	97
<b>4. CCS in Noord-Nederland</b>	51	<b>8. Conclusies</b>	99
4.1 Fasering ontwikkeling CCS	52	<b>Bijlagen</b>	105
4.2 Initiële fase 2010-2015	53		
4.3 Implementatiefase 2015-2020	55		
4.3.1 CO <sub>2</sub> -hergebruik	55		
4.3.2 CO <sub>2</sub> -afvang	56		
4.3.2.1 Pre- en post-combustion	56		
4.3.2.2 Oxy-fuel combustion	60		
4.4 Marktgedreven fase	62		
<b>5. Businesscase Noord-Nederland</b>	65		
5.1 Afbakening businesscase	66		
5.2 Uitgangspunten en aannames	67		
5.3 Investerings- en operationele kosten	68		
5.4 Resultaten businesscase	69		
5.5 Financiering	71		
5.6 Conclusies businesscase	72		

## VOORWOORD

Op 11 en 12 december 2008 hebben de Europese regeringsleiders belangrijke beslissingen genomen om de ontwikkeling van *Carbon Capture en Storage* (CCS) een stevige impuls te geven. Lidstaten kunnen straks voor 'zeer efficiënte nieuwe elektriciteitscentrales die klaar zijn om CCS toe te passen' tot 15% van de investeringskosten subsidiëren. Daarnaast is – mede onder Nederlandse druk – voorgesteld dat de opbrengst van 300 miljoen ton CO<sub>2</sub>-emissierechten beschikbaar komt om daarmee twaalf grootschalige demonstratieprojecten te kunnen realiseren.

Hiermee wordt weer eens bevestigd hoe noodzakelijk CCS wordt geacht om de klimaatdoelstellingen te realiseren. Natuurlijk moeten we er eerst alles aan doen om onze energievraag te verminderen en de beschikbare energie efficiënt aan te wenden. En als we energie opwekken moeten we dat bij voorkeur duurzaam doen. Echter, ook in 2020 zullen we naar verwachting nog 70 tot 80% van onze energie opwekken met fossiele brandstoffen. Dat betekent dat als we werkelijk onze CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2020 in Europa met 20% en in Nederland zelfs met 30% willen verminderen, CCS onontbeerlijk is.

Premier Balkenende kon na afloop van de Europese top met trots melden dat mede op aandringen van Nederland is afgesproken dat er een fors EU-budget komt voor CCS-demonstratieprojecten. Nederland heeft twee van zulke demonstratieprojecten op stapel staan. Een daarvan moet worden gerealiseerd in Noord-Nederland.

Dat is logisch, immers in Noord-Nederland bevindt zich het tweede nationale chemie- en energiecluster. De komende vijf jaar zal, dankzij geplande investeringen van rond de 20 miljard euro ongeveer eenderde van de in ons land geproduceerde stroom in Noord-Nederland worden geproduceerd. Een belangrijk deel van deze nieuwe capaciteit tot stroomopwekking leent zich uitstekend voor de toepassing van uiteenlopende CCS-afvangtechnologieën. Bovendien is Noord-Nederland ideaal gesitueerd om CO<sub>2</sub> op te slaan dankzij de daar aanwezige gasvelden en *aquifers* (diepe watervoerende lagen) op land en op zee. Ten slotte heeft een aantal belangrijke gasspelers (Gasunie, GasTerra, NAM) hun thuisbasis in Noord-Nederland. Dankzij hun kennis en ervaring op het terrein van exploratie, transport en vermarkting van gassen, lijkt het niet meer dan vanzelfsprekend dat zij ook een centrale rol gaan spelen op het nieuwe gasterrein van opslag en transport van CO<sub>2</sub>.

Maar de belangrijkste reden waarom de ontwikkeling van een CCS-demonstratieproject in Noord-Nederland zo voor de hand ligt, is wellicht de bereidheid van de betrokken partijen om bij de opzet van een dergelijk project nauw samen te werken. Deze samenwerking heeft in 2008 onder meer vorm gekregen in het door de provincie Groningen ingestelde Kernteam CCS Noord-Nederland, waarbinnen alle betrokken partijen (Gasunie, RWE, NUON, SEQ International, NOM, de noordelijke provincies Groningen, Drenthe en Friesland, CO<sub>2</sub>ANN, NAM en Rijksuniversiteit Groningen) zeer intensief hebben samengewerkt om tot het Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland te komen. Het rapport daarvan ligt voor u.

Het rapport toont heel duidelijk de veelomvattendheid van het Plan van Aanpak. Deze omvat:

- De drie bekende afvangtechnologieën *post-combustion* (RWE, AKZO), *pre-combustion* (NUON) en *oxy-fuel* (SEQ International).
- Ondergrondse opslag, chemische vastlegging en biofixatie via algen (AKZO).
- Vervoer per pijplijn, maar ook eventueel per schip.
- Opslag onshore of offshore.
- Opties tot internationale samenwerking en uitbreiding van de business-case in de richting van andere partijen.

Dit rapport is bedoeld als basis voor de rijksoverheid om de benodigde wet- en regelgeving en de beleidskaders voor CCS in te richten. Daarnaast dient niet alleen in Europa, maar zeker ook op nationaal niveau een goed investeringsklimaat te worden gecreëerd om Nederland koploper te maken op CCS-gebied. Ook daarvoor is dit rapport zowel inspiratie- als informatiebron.

Daarbij staat het Kernteam CCS Noord-Nederland maar één doel voor ogen: het waarmaken van de belofte die Noord-Nederland in zich heeft om een van de Europese demonstratieprojecten CCS te realiseren. De steun van de rijksoverheid en de erkenning van het project als *flagship*project door de Europese Commissie zijn daarvoor essentieel.

Prof. Catrinus J. Jepma  
Voorzitter Kernteam CCS Noord-Nederland

# 1. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

## Grote potentie Noord-Nederland

Noord-Nederland heeft uitstekende perspectieven voor de ontwikkeling van een (inter)nationaal CO<sub>2</sub>-cluster:

- In de regio bevinden zich grote potentiële opslaglocaties (ca. 7,5 Gton): zowel gasvelden (NAM, Wintershall en Vermilion) als *aquifers* (diepe watervoerende lagen) (CO<sub>2</sub>ANN).
- Er zijn grote CO<sub>2</sub>-puntbronnen gepland, die CO<sub>2</sub> grootschalig af willen vangen (RWE, NUON en SEQ International). Deze centrales zullen verschillende soorten brandstoffen gebruiken, zoals biomassa, aardgas en kolen.
- Advanced Power AG heeft het voornemen een *capture-ready* aardgasgestookte elektriciteitscentrale te realiseren.
- AkzoNobel gaat CO<sub>2</sub>-afvangproeven doen op industriële schaal.
- Er zijn plannen voor hergebruik van CO<sub>2</sub> bij onder andere Brunner Mond en BioMCN.

Al deze activiteiten sluiten nauw aan bij de doelstelling van Noord-Nederland om jaarlijks 15 tot 20 Mton CO<sub>2</sub> te reduceren door CO<sub>2</sub>-afvang, -transport, -hergebruik en -opslag.

Om CCS te realiseren is in Noord-Nederland het Kernteam CCS opgericht. Deelnemers zijn Gasunie, NAM, RWE, NUON, SEQ International, CO<sub>2</sub>ANN, AkzoNobel, NOM, RuG (*Energy Delta Research Centre*), Stichting *Energy Valley* en de provincies Groningen, Drenthe en Friesland. Het Kernteam is opdrachtgever van het door DHV Energy opgestelde Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland.

In voorliggend Plan van Aanpak staat één Noord-Nederlandse businesscase centraal. Hierin zijn alle onderdelen van de CCS-keten (afvang, transport, hergebruik en opslag) vertegenwoordigd. Het Plan van Aanpak is beschreven in drie fasen: de initiële fase (2010-2015), de implementatiefase (2015-2020) en de marktgedreven fase (2020 en verder). Alle CO<sub>2</sub>-afvangstechnieken (*pre-, post- en oxy-fuel combustion*) hebben een plek in het Plan van Aanpak, respectievelijk bij NUON, RWE en SEQ International. Gasunie heeft een centrale rol in het faciliteren van het transport van CO<sub>2</sub>, de NAM wat betreft de beschikbaarheid van onshore gasvelden voor de opslag van CO<sub>2</sub>.

## Investering

De huidige projectvoornemens vormen een totaal CO<sub>2</sub>-afvangpotentieel van circa 15 Mton per jaar. Dit voorziet potentieel in een groot deel van de ambitie die Noord-Nederland zich gesteld heeft. Het CO<sub>2</sub>-afvangpotentieel van de projecten opgenomen in het Plan van Aanpak Noord-Nederland is circa 12,3 Mton per jaar (demo en *full scale* RWE, NUON, SEQ International). De geschatte kostprijs voor deze drie projecten is verschillend. Uitgaande van een geïndexeerde CO<sub>2</sub>-prijs, liggen de geschatte gemiddelde kostprijzen tussen de 40 en 60 euro per ton CO<sub>2</sub>, inclusief afvang, onshore transport en opslagkosten. Bij onshore opslag bedraagt de totale geschatte investering 2,2 miljard euro, bij offshore opslag 2,6 miljard euro. De hoge kosten worden vooral veroorzaakt door de operationele kosten van de afvanginstallaties. De afschrijvingen van de investeringen en financieringskosten dragen voor minder dan 40% bij aan de jaarlijkse kosten. Doordat de infrastructuur wordt aangelegd voor een lange periode en de capaciteit optimaal wordt benut door samenwerking tussen NUON en RWE, zijn de kosten voor transport relatief gering.

## Randvoorwaarden

Eind 2008 is op Europees niveau overeenstemming bereikt over enkele belangrijke knelpunten in de ontwikkeling van Europese richtlijnen voor CCS-projecten. De gemaakte afspraken zijn opgenomen in de CCS Directive en ETS (*Emission Trading Scheme*) Directive en vormen een financieel en juridisch kader voor de uitvoering van CCS-projecten in Nederland. Deze richtlijnen moeten zo snel mogelijk worden geïmplementeerd in de nationale wetgeving om randvoorwaarden zoals monitoring, verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden van CO<sub>2</sub>-opslag vast te stellen. Verdere uitwerking van de Europese richtlijnen en de doorvertaling ervan naar de Nederlandse situatie kan echter mogelijk tot vertraging van de implementatie van CCS leiden. CCS als onderdeel van het emissiehandelsysteem moet op termijn de marktgedreven fase van CCS financieren.

Het is van groot belang dat er een brede maatschappelijke acceptatie ontstaat. Momenteel is er nog maar weinig bekend over CO<sub>2</sub>-opslag bij het brede publiek. CCS is in Nederland relatief nieuw en de afvangstechnieken zijn nog niet op grote schaal gedemonstreerd in de elektriciteitsproductie. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat de verantwoordelijkheden en risico's voor de

realisatie van de onderdelen van de keten bij verschillende partijen liggen. Tevens ontstaat bij het van start gaan van de CCS-projecten een onderlinge afhankelijkheid tussen de betrokken partijen. Over de spreiding van risico's dienen goede afspraken te zijn gemaakt, mocht een partij in de keten op enig moment in de tijd niet aan zijn verplichtingen kunnen voldoen.

### Financiering

De financiële ondersteuning is vooral noodzakelijk in de initiële fase. Hierbij moet onderscheid worden gemaakt tussen ondersteuning voor grootschalige infrastructuur en verdere ontwikkeling van afvanginstallaties. Het is belangrijk gelden beschikbaar te maken voor de ondersteuning en versnelling van de ontwikkeling van afvangtechnologie, om ervoor te zorgen dat CCS zo snel mogelijk marktrijp wordt. Daarnaast draagt deze financiële ondersteuning ertoe bij dat grootschalig transport en infrastructuur al gerealiseerd is voordat de marktgedreven fase wordt bereikt. In het laatste geval gaat het, gezien de nabijheid van (bijna) lege gasvelden om een relatief beperkte investering. Hiermee wordt bereikt dat het voor CO<sub>2</sub>-producenten eenvoudiger wordt om afvangcapaciteit op te schalen in de marktgedreven fase.

### Stappenplan

In het voorliggende rapport zijn realistische scenario's en ambities geschetst, die het voor Noord-Nederland mogelijk maken om niet alleen op korte termijn significante CO<sub>2</sub>-reducties te bereiken, maar ook om Noord-Nederland internationaal verder op de kaart te zetten als een leidende regio op energie-innovatiegebied. Gezien de vele facetten die bij CCS een rol spelen, is het ontwikkelen van de CCS-keten een complexe aangelegenheid waarbij veel partijen actief betrokken dienen te zijn. Gezien het ambitieniveau moet snel geschakeld worden met de juiste zorgvuldigheid. Het Kernteam vindt het daarom zinvol verschillende thema's pragmatisch uit te werken, waar nodig en zinvol in andere samenstellingen.

Thema's die een rol spelen zijn:

- politiek draagvlak;
- maatschappelijke perceptie;
- financiering;
- contractuele afspraken;

- technische uitwerking CCS-keten;
- juridisch kader;
- vergunningen- en MER-trajecten;
- realisatie en inbedrijfstelling.

In het volgende hoofdstuk wordt het begrip CCS geïntroduceerd, en worden de gunstige perspectieven van Noord-Nederland voor CCS beschreven. Ook wordt de ambitie van het Kernteam CCS Noord-Nederland geschetst.

## 2. INTRODUCTIE CCS

In dit hoofdstuk worden de aanleiding en noodzaak van CCS beschreven. Daarnaast worden de perspectieven van succesvol CCS in Noord-Nederland geschetst en de ambitie van CCS in Noord-Nederland verwoord.

### 2.1 Aanleiding voor CCS

De ambitieuze beleidsdoelstellingen op het gebied van klimaatverandering zijn de drijfveer achter de ontwikkeling van CCS (*Carbon Capture and Storage*). Dit uit zich in een beleidskader dat sturend is voor de markt. De EU heeft zich een reductie van broeikasgasemissie van 20% in 2020 ten opzichte van 1990 ten doel gesteld, en tot 30% reductie als landen buiten de EU zich ook vastleggen op absolute reducties na 2012 (bijvoorbeeld de Verenigde Staten, Rusland, China en India). Om binnen de 2°C-doelstelling te blijven, moeten in 2050 de emissies zelfs met 60 tot 80% zijn afgenomen. De EU ziet CCS als een belangrijke optie om tot beperking van de CO<sub>2</sub>-uitstoot te komen. Het is in theorie mogelijk om bijna alle CO<sub>2</sub>-emissies van energiecentrales af te vangen en te transporteren naar ondergrondse opslag. Studie wijst uit dat de toepassing van CCS bij kolen- en gasgestookte installaties wereldwijd een reductie van 28 tot 50% in 2050 kan realiseren<sup>1</sup>.

CCS is een expliciet onderdeel van de EU-klimaatstrategie, omdat de EU ervan uit gaat dat de ambitieuze doelstellingen niet te behalen zijn met enkel energiebesparing en duurzame energie. CCS is daarom ook een transitie-instrument naar een duurzame energiehuishouding. In een recent rapport van de Europese Commissie ('Limiting Global Climate Change To 2 Degrees Celsius – The way ahead for 2020 and beyond' (COM(2007) 2, 10 januari 2007) geeft de Commissie duidelijk aan dat zij de ambitie heeft om het klimaatbeleid ook ná 2012 door te zetten en aan te scherpen.

In december 2008 is op Europees niveau overeenstemming bereikt over een samenhangend pakket van voorstellen om het klimaatbeleid van de Europese Unie verder vorm te geven. Onderdelen van dit pakket zijn een CCS Directive en verschillende aanpassingen van de ETS Directive, ten behoeve van CCS. Tijdens de onderhandelingen is gebleken dat er weinig steun is voor het verplichtstellen van CCS bij nieuwe energiecentrales in de EU. Wel biedt de

<sup>1</sup> S. Haszeldine, G. Yaron, Six Thousand Feet Under, Policy exchange 2008

CCS Directive financiële ondersteuning voor de uitvoering van maximaal twaalf CCS-demonstratieprojecten, ter ondersteuning van de markt- en technologieontwikkeling. Deze ontwikkelingen laten zien dat CCS een expliciet onderdeel is van de klimaatstrategie binnen de Europese Unie.

Ook nationaal is er een politiek en bestuurlijk draagvlak voor CCS. In het 'Werkprogramma Schoon en Zuinig' (september 2007) is het klimaatbeleid van het huidige kabinet weergegeven. CCS neemt hierin een prominente plaats in als een van de routes waarmee de emissiereductiedoelstellingen moeten worden bereikt. Ook de 'Innovatieagenda Energie' en het 'Energierapport 2008' beschrijven CCS als een belangrijke pijler van het klimaatbeleid. De publiek-private *Taskforce Carbon Capture and Storage (Taskforce CCS)* is in maart 2008 opgericht om de ontwikkeling van CCS in Nederland te versnellen. Doel is het ontwikkelen van zodanige condities dat in 2015 CCS wordt toegepast in groot-schalige demonstratieprojecten in Noord-Nederland en de Rotterdamse regio. Immers, CCS is op dit moment nog niet commercieel levensvatbaar. De demonstratieprojecten leggen een fundament voor de verdere uitrol van CCS in de periode vanaf 2020. Door een daadkrachtige aanpak wil het kabinet bereiken dat Nederland in Europa tot de koplopers gaat behoren bij de ontwikkeling en implementatie van CCS. Noord-Nederland en het *Rotterdam Climate Initiative* zijn de regionale voorlopers in dit proces.

### 2.2 Kansen CCS in Noord-Nederland

Noord-Nederland heeft uitstekende perspectieven als het gaat om CCS en de verdere ontwikkeling van een CO<sub>2</sub>-cluster. Gunstige factoren zijn:

- De aanwezigheid van grote potentiële opslaglocaties.
- De aanwezigheid van grote CO<sub>2</sub>-puntbronnen.
- Initiatieven op het gebied van CO<sub>2</sub>-afvang en -hergebruik.
- De positie van Noord-Nederland als aardgasrotonde.
- De directe betrokkenheid van de relevante partijen, inclusief kennisinstellingen als de RuG.

NUON en RWE willen in Noord-Nederland (Eemshaven) een kolenvergassingsinstallatie respectievelijk een kolengestookte centrale voor elektriciteitsopwekking realiseren. Zowel NUON als RWE hebben de intentie om op termijn



full scale CCS toe te passen (respectievelijk *pre-combustion* en *post-combustion*; voor een omschrijving zie kader op pagina 22).

Daarnaast hebben Advanced Power AG en SEQ International plannen voor elektriciteitscentrales in Noord-Nederland. Advanced Power AG wil een *capture-ready* aardgasgestookte installatie bouwen. SEQ International heeft het voornemen op vier tot vijf locaties in Noord-Nederland een *zero emission power plant* te realiseren met CO<sub>2</sub>-opslag (*oxy-fuel combustion*, schaalgrootte 200 tot 400 MWe).

AkzoNobel wil op Chemiepark Delfzijl CO<sub>2</sub>-afvangproeven doen op industriële schaal in een bestaande CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie (ooit gebouwd voor een ander doel). De installatie moet daarvoor aangepast worden. CO<sub>2</sub> zal worden afgevangen uit de rookgassen van de warmtekrachtcentrale van Delesto; afgevangen CO<sub>2</sub> kan worden gebruikt als chemische grondstof door Brunner Mond en BioMCN.

Voor de opslag van CO<sub>2</sub> wordt met de NAM gekeken naar geschikte en beschikbare gasvelden. CO<sub>2</sub>ANN, een samenwerkingsverband van Essent, NUON, RWE en Wintershall, onderzoekt de mogelijkheden van opslag in zogenaamde *aquifers* (diepe watervoerende lagen). In alle situaties neemt Gasunie een prominente rol in met betrekking tot het transport van CO<sub>2</sub>. Het bedrijf is in een unieke positie om synergievoordelen in Noord-Nederland met elkaar te verbinden door de aanleg van een CO<sub>2</sub>-infrastructuur. Door relevante kennis en ervaring met vergelijkbare bedrijfsactiviteiten (transport van gassen per pijpleiding) heeft Gasunie een goede uitgangspositie voor de rol van CO<sub>2</sub>-transporteur.

### 2.3 Ambitie CCS in Noord-Nederland

Noord-Nederland heeft zich tot doel gesteld een emissiereductie van 15 tot 20 Mton CO<sub>2</sub> te bereiken door CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (Energieakkoord 2007). Dit Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland beschrijft de route om dit te realiseren. We onderscheiden daarbij drie fasen:

- de initiële fase (2008-2015);
- de implementatiefase (2015-2020);
- de marktgedreven fase (2020 en verder).

In Noord-Nederland is het Kernteam CCS bestaande uit de Gasunie, NAM, RWE, NUON, SEQ International, CO<sub>2</sub>ANN, NOM, RUG, *Energy Valley*, en de provincies Groningen, Drenthe en Friesland opgericht. Het Kernteam CCS is opdrachtgever van het Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland.

#### Kennisontwikkeling

Gedurende de verschillende benoemde fasen vindt een constante kennisontwikkeling plaats rondom afvang, transport, opslag, monitoring, regulering, veiligheid, publieke acceptatie, communicatie, techno-economische evaluatie en ketenintegratie. Hierbij wordt samengewerkt tussen bedrijven (onder andere RWE, Essent, Gasunie, AkzoNobel, NUON) en kennisinstellingen als *Energy Delta Research Centre* (RuG) en TNO. Dit zal zijn beslag krijgen in onder andere CATO 2 en GrASp.

#### Leeswijzer Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland

Dit Plan van Aanpak bestaat op hoofdlijnen uit de volgende drie componenten:

1. De inleiding tot de businesscase CCS Noord-Nederland (hoofdstuk 1 tot en met 4);
2. De businesscase CCS Noord-Nederland (hoofdstuk 5);
3. Wetgeving, randvoorwaarden, stappenplan en conclusies (hoofdstuk 6 tot en met 8).

Per hoofdstuk komt het volgende aan de orde:

- De samenvatting en conclusies van het rapport staan overzichtelijk in hoofdstuk 1 weergegeven.
- Hoofdstuk 2 introduceert CCS in zijn geheel en specifiek voor Noord-Nederland.
- Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de CCS-gerelateerde omstandigheden in Noord-Nederland. De huidige en toekomstige mogelijkheden van CO<sub>2</sub>-afvang, -puntbronnen, -transport, -opslag en -hergebruik in de regio worden beschreven.

- In hoofdstuk 4 worden de ambities van de regio Noord-Nederland op het gebied van CCS geschetst. Het Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland wordt op korte (initiële fase 2008-2015), middellange (implementatiefase 2015-2020) en lange termijn (marktgedreven fase na 2020) besproken.
- De businesscase CCS Noord-Nederland, inclusief de afbakening en de financiële aspecten, wordt behandeld in hoofdstuk 5.
- Hoofdstuk 6 beschrijft de beleidsmatige omgeving en relevante wetgeving van CCS, met de daaraan gerelateerde onzekerheden.
- Het stappenplan voor de realisatie van het Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland wordt beschreven in hoofdstuk 7.
- Tot slot worden in hoofdstuk 8 de conclusies van het rapport gepresenteerd.

De kaderteksten in dit rapport geven achtergrondinformatie over en/of een uitgebreide toelichting op onderwerpen in het betreffende hoofdstuk.

### 3. VERTREKPUNT CCS-KETEN NOORD-NEDERLAND

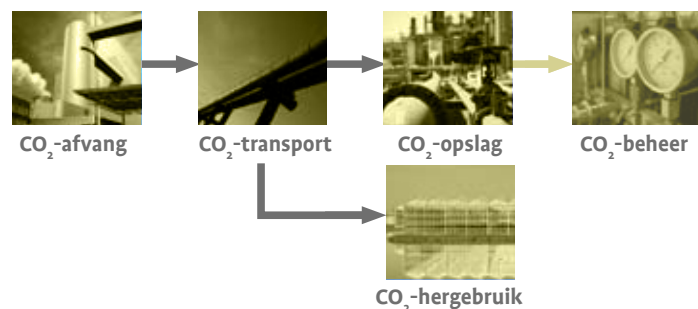


### 3. VERTREKPOINT CCS-KETEN NOORD-NEDERLAND

Dit hoofdstuk legt uit hoe de CCS-keten is opgebouwd. De verschillende fasen van de CCS-keten komen uitgebreid aan de orde:

- CO<sub>2</sub>-afvang (inclusief de drie technologieën);
- CO<sub>2</sub>-transport;
- CO<sub>2</sub>-opslag;
- CO<sub>2</sub>-hergebruik.

De CCS-keten start bij de emissie van een puntbron en eindigt bij ondergrondse opslag of het hergebruik van CO<sub>2</sub>. In de volgende paragrafen worden de componenten beschreven die samen de CCS-keten vormen. Daarnaast komen per component de mogelijkheden en kansen in Noord-Nederland, de technische aspecten en de achtergrond aan de orde.



Figuur 3.1 CCS-keten

#### 3.1 Afvang

CO<sub>2</sub>-afvang is toepasbaar op statische puntbronnen. Het grootste deel van alle CO<sub>2</sub>-emissies is afkomstig van grote elektriciteitscentrales. Om een goed beeld te krijgen van de mogelijkheden in Noord-Nederland zijn de huidige en geplande (voor CO<sub>2</sub>-afvang kansrijke) CO<sub>2</sub>-puntbronnen (met een CO<sub>2</sub>-emissie groter dan 0,5 Mton per jaar) in kaart gebracht.

Tabel 3.1 Huidige en toekomstige puntbronnen CO<sub>2</sub> in Noord-Nederland

Bronnen <http://eper.eea.europa.eu/eper/> (2008), Provincie Groningen (2008), Novem (2001)

Bron	Plaats	Jaarvrucht CO <sub>2</sub> (Mton)	Brandstof	Jaar inbedrijfstelling <sup>1</sup>
<b>Korte termijn CO<sub>2</sub>-afvang (typisch 5 jaar)</b>				
AkzoNobel, Delesto	Delfzijl	1,50	Aardgas	1987
BioMCN	Delfzijl	0,56	Aardgas/biomassa	2006
<b>Middellange termijn CO<sub>2</sub>-afvang (typisch 10 jaar)</b>				
SEQ International (ZEPP)	Harlingen, Drachten, Zuidoost-Drenthe, Eemshaven	3,50	Aardgas/oxy-fuel	2012-2015
NUON, Magnum	Eemshaven	5,00 (maximaal vermogen kolen)	Aardgas (fase 1) Kolen- en biomassa-vergassing (fase 2)	2013
RWE	Eemshaven	8,00	Kolen en biomassa	2015
<b>Lange termijn CO<sub>2</sub>-afvang (typisch 15 jaar of meer)</b>				
Essent Milieu Wijster	Wijster	0,50	Gemengd afval (RDF)	1996
Electrabel, Eemscentrale	Eemshaven	4,50	Aardgas	1977
Advanced Power AG	Eemshaven	4,00	Aardgas	2013
Electrabel	Bergum	0,96	Aardgas	1974
Gasunie	Oldeboorn	0,83	Aardgas	--

<sup>1</sup> Inbedrijfstelling (energie)centrale, geen afvang

#### Electrabel

De Eemscentrale van Electrabel is een gasgestookte installatie met een lage CO<sub>2</sub>-concentratie in de rookgassen. CO<sub>2</sub>-afvang bij deze installatie is kostentech- nisch relatief ongunstig ten opzichte van bronnen met een hoge concentratie CO<sub>2</sub> in de rookgassen. Daarom is CCS hier in de pilot- en implementatiefase onaantrekkelijk. Pas bij een substantieel hogere CO<sub>2</sub>-prijs zullen gasgestookte centrales CCS overwegen.

### Essent Milieu Wijster

CCS bij Essent Milieu Wijster zou mogelijk zijn, maar is in eerste instantie niet logisch gezien de relatief beperkte omvang van de centrale. Bovendien maken afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) (nog) geen onderdeel uit van het *European Union Emission Trading Scheme* (EU ETS). Om die reden zal er dus geen financiële prikkel zijn voor CO<sub>2</sub>-afvang. Essent Milieu Wijster geeft aan nog niet aan CCS te hebben gedacht, maar zegt hier op termijn wel open voor te staan.

### AkzoNobel

De aanwezigheid van gewezen carbonatietorens bij de elektriciteitscentrale Delesto van AkzoNobel en Essent, maakt het technisch aantrekkelijk om op deze locatie CO<sub>2</sub> af te vangen. AkzoNobel zoekt partners om de bestaande carbonatietorens om te bouwen voor afvang van circa 0,1 tot 0,2 Mton CO<sub>2</sub> per jaar en om grootschalig onderzoek te starten naar het gebruik van absorptiematerialen (amines).

### Drie technologieën voor het afvangen van CO<sub>2</sub>

Het broeikasgas CO<sub>2</sub> ontstaat onder meer in industriële en verbrandingsprocessen. Ongeveer 60% van alle CO<sub>2</sub>-emissies in de wereld vinden plaats bij grote vaste installaties zoals elektriciteitscentrales, raffinaderijen en grote chemische complexen. De grootste bron van CO<sub>2</sub>-emissie vormt de conventionele verbranding van fossiele brandstoffen. Er zijn drie routes voor het afvangen van CO<sub>2</sub> te onderscheiden:

#### Pre-combustion

- Afvang van CO<sub>2</sub> vóór verbranding van fossiele brandstoffen. In een kolenvergassingsinstallatie kunnen kolen, eventueel samen met biomassa, worden vergast tot kolengas (*Integrated Gasification Combines Cycle*). Uit dit kolengas wordt vervolgens CO<sub>2</sub> verwijderd door middel van een fysisch of chemisch absorptieproces. Het CO<sub>2</sub>-vrije gas wordt omgezet in elektriciteit.

#### Post-combustion

- Afvang van CO<sub>2</sub> na verbranding van fossiele brandstoffen. Hierbij wordt in conventionele kolencentrales achteraf de CO<sub>2</sub> gewassen uit de rookgassen met een geschikt absorbens (middel dat andere stoffen

kan opzuigen of opnemen) uit de schoorsteen. De CO<sub>2</sub>-concentratie in de rookgassen van kolencentrales is relatief laag: 5 tot 15%.

#### Oxy-fuel combustion

- Verbranding van fossiele brandstoffen met zuivere zuurstof resulteert in rookgassen met een concentratie CO<sub>2</sub> van meer dan 80%. Na een beperkte zuivering kan de CO<sub>2</sub> direct worden hergebruikt of opgeslagen. Voor de productie van zuivere zuurstof is een luchtscheidingsfabriek vereist.

Het gehalte CO<sub>2</sub> in rookgassen die afkomstig zijn uit een aardgasgestookte centrale, is lager dan dat van rookgassen die vrijkomen uit een kolengestookte centrale. Het is per ton CO<sub>2</sub> dus goedkoper om CO<sub>2</sub> te verwijderen uit rookgassen afkomstig van kolencentrales, dan van rookgassen uit aardgasgestookte centrales.

De *oxy-fuel* techniek en de vergassingstechnologie zijn wezenlijk anders. Bij beide technieken wordt een hooggeconcentreerde CO<sub>2</sub>-stroom gevormd die relatief gemakkelijk en goedkoop is af te vangen. De productie van zuivere zuurstof c.q. de vergassing van kolen is bij deze manier van CO<sub>2</sub>-afvang de belangrijkste kostencomponent.

### NUON

NUON bouwt haar Magnumcentrale (1.300 MWe) in twee fasen. Zij start met de bouw van het gasgestookte gedeelte om dit in 2011 op aardgas in bedrijf te nemen. Fase 2 vormt de realisatie van het kolenvergassingsgedeelte, waarin biomassa en kolen worden vergast tot een gas (ook wel syngas genoemd) waarmee na reiniging elektriciteit wordt opgewekt. Door het gebruik van de vergassingstechnologie kan de CO<sub>2</sub> vóór de verbranding uit het syngas worden afgevangen: de zogenaamde *pre-combustion* technologie. Deze *pre-combustion* CO<sub>2</sub>-afvangtechnologie wordt al meer dan 50 jaar toegepast in de petrochemische industrie, maar is nog niet eerder toegepast bij elektriciteitsproductie. Nuon denkt door in te zetten op *pre-combustion* technologie, eerder klaar te zijn voor de *full capture* afvang van CO<sub>2</sub>

dan het geval zou zijn met een andere afvangtechnologie. Momenteel is NUON bezig met een pilotstudie in Buggenum om de toepassing van deze afvangtechnologie bij elektriciteitsproductie te verbeteren. De planning is om de kolenvergasser in 2013 in bedrijf te nemen. NUON wil vanaf dat moment circa 2,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar (*large scale*) afvangen, zodat de emissie van de Magnumcentrale dan gelijk is aan die van een moderne aardgasgestookte STEG-centrale (stoom- en gascentrale). In 2020 wil NUON door een tweede investering tot 80% van de CO<sub>2</sub> gaan afvangen; in totaal 4,3 Mton CO<sub>2</sub> (*full scale*).

#### RWE

RWE wil uiterlijk in 2015 een CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie met een capaciteit van 0,2 ton CO<sub>2</sub> per jaar (≈35 MW) in bedrijf nemen. RWE is op basis van de huidige inzichten van mening dat deze grootte vanuit technisch-economisch opzicht voor de ontwikkeling van de *post-combustion* afvangtechniek de juiste schaalgrootte is in de demonstratiefase. RWE voorziet in een periode van twee jaar de benodigde leerdoelen (met name efficiencyverbetering) te hebben bereikt. Met het gekozen (CO<sub>2</sub>)scenario kunnen elke twee jaar efficiëntere 400 MW-treinen worden gebouwd om uiteindelijk *full capture* capaciteit te realiseren in 2023 (7,2 Mton per jaar). Hiermee wordt over de levenscyclus van de centrale een CO<sub>2</sub>-emissie naar de atmosfeer bereikt die substantieel lager ligt dan die van een conventionele gasgestookte centrale.

#### Advanced Power AG

Ook Advanced Power AG heeft aangekondigd een *capture-ready* aardgasgestookte energiecentrale te bouwen in de Eemshaven. Deze installatie (STEG 1.200 MWe) moet in 2013 in bedrijf worden genomen. Als voorwaarden voor CO<sub>2</sub>-afvang stelt Advanced Power AG dat de techniek commercieel beschikbaar is en dat mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-opslag op de lange termijn ontwikkeld zijn.

#### SEQ International

SEQ International is bezig met een haalbaarheidstudie voor een *zero emission power plant* (ZEPP) bij Corus, IJmuiden. In het eerste kwartaal van 2009 wordt besloten of er wel of niet een demo wordt gerealiseerd op het terrein van Corus (maximale afvangcapaciteit 1 Mton CO<sub>2</sub>/jr). De CO<sub>2</sub> zal worden opgeslagen in het Q&A-veld, ongeveer 6 kilometer uit de kust. Bij succes zal de *oxy-fuel combustion*-techniek worden opgeschaald naar 200 MWe. SEQ International heeft de ambitie

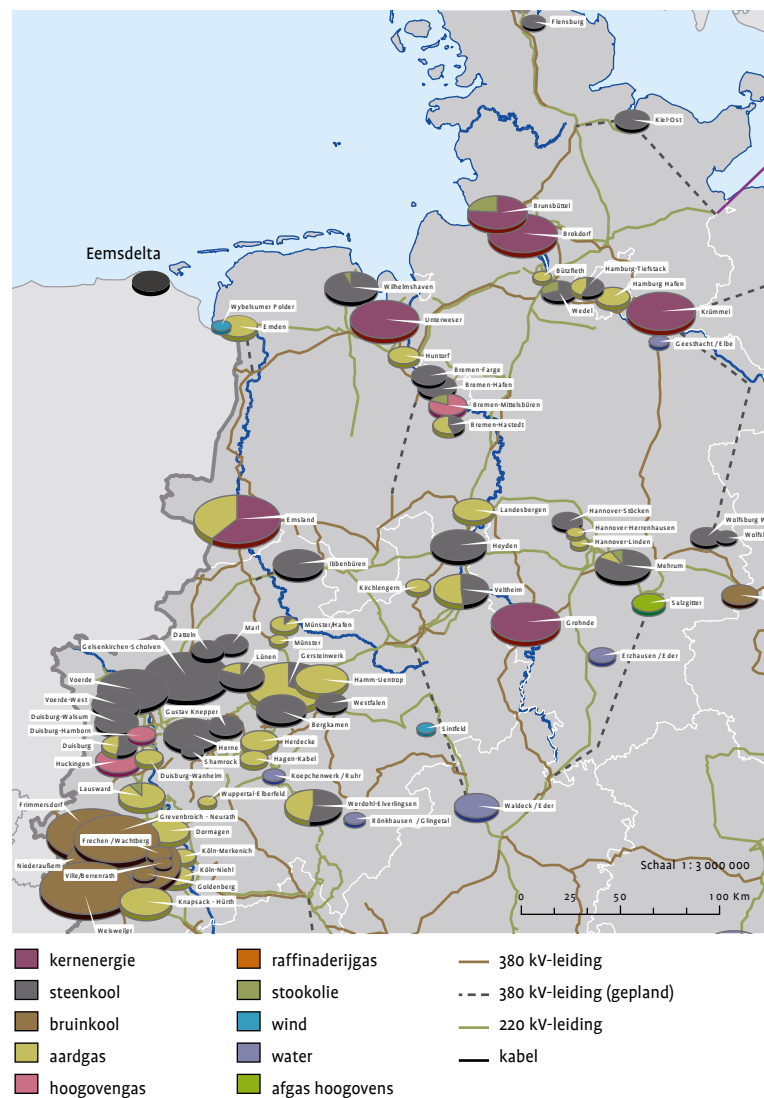
tussen 2012 en 2015 meerdere projecten op te zetten. Zo heeft zij een aanvraag voor een winningsvergunning lopen in Akkrum om op termijn een ZEPP te realiseren in Drachten. Ook Harlingen, Bergum, Eemshaven en Zuidoost-Drenthe zijn locaties waar SEQ International wil investeren. In totaal heeft SEQ International de ambitie om circa 3,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar af te vangen in Noord-Nederland.

Verder doorkijkend naar de marktgedreven fase (vanaf 2020) is de doorvoer van CO<sub>2</sub> uit Duitsland naar de Noordzee een kansrijke optie voor Noord-Nederland om zich te positioneren als CO<sub>2</sub>-hub. In tabel 3.2 staan de voor CO<sub>2</sub>-afvang kansrijke elektriciteitscentrales (ca. 150 kilometer van de Eemsdelta) aangevuld met bronnen in Niedersachsen beschreven. Figuur 3.2 geeft weer welke verschillende soorten energiecentrales in Noordwest-Duitsland aanwezig zijn.

Tabel 3.2 Huidige en toekomstige kansrijke puntbronnen voor CO<sub>2</sub>-afvang in Duitsland in een straal van 150 kilometer van de Eemsdelta  
Bron <http://eper.eea.europa.eu/eper/> (2008)

Electriciteitscentrales	Plaats	Vermogen elektrisch	Jaarvracht CO <sub>2</sub>	Brandstof	Jaar inbedrijfstelling <sup>2</sup>
<b>Huidige installaties</b>					
E.ON	Wilhelmshaven	788 MW	4 Mton	Steenkool	1976
Bremen-Farge	Bremen	362 MW	-	Steenkool	1969
Bremen-Hafen	Bremen	1.100 MW	6 Mton	Steenkool/aardgas	1968-1979
<b>Geplande installaties</b>					
DONG Energy	Emden	800 MW	-	Steenkool	2015
BKW FMB Energie AG	Dörpen	900 MW	-	Steenkool	-
<b>Overige puntbronnen</b>					
Wilhelmshaven Raffineriegesellschaft	Wilhelmshaven, Stadt	nvt	917 kton	Combi olie, aardgas en raffinaderijgas	2004
Erdolraffinerie Emsland GmbH & VO KG	Lingen	nvt	1.240 kton	Combi olie, aardgas en raffinaderijgas	2004

<sup>2</sup> Inbedrijfstelling (energie)centrale, geen afvang



Figuur 3.2 Elektriciteitscentrales vanaf 100 MW (2008) en netwerk (2007) in Duitsland (duurzaam, fossiel en nucleair)

Bron: Umwelt Bundes Amt 2008

Uitgaande van een transportafstand van circa 150 kilometer naar de Eemshaven, zijn de kolencentrales in Bremen en Wilhelmshaven (E.ON) interessante samenwerkingsopties. Dit zijn echter relatief oude centrales waarvoor CCS uit kostenoverwegingen mogelijk niet interessant meer is. Vervanging van deze centrales door nieuwe *capture-ready*-centrales biedt op termijn meer mogelijkheden om aan te haken.

De nieuw geplande centrales in Dörpen en Emden bieden betere mogelijkheden voor samenwerking wat betreft de doorvoer van CO<sub>2</sub> en de positionering van Noord-Nederland als CO<sub>2</sub>-hub. Net als de kolencentrales in het Ruhrgebied, die net iets boven de grens van 150 kilometer liggen. Daarnaast kan de raffinage-sector in Niedersachsen aanhaken bij CCS in Noord-Nederland. De mogelijkheden hiervoor zullen op korte termijn nader worden verkend.

De maximale hoeveelheid af te vangen CO<sub>2</sub> in Noord-Nederland is 24 Mton CO<sub>2</sub>. Het uitgangspunt hierbij is de CO<sub>2</sub>-afvang bij de nieuwe centrales van RWE (7,2 Mton), NUON (4,3 Mton), SEQ International (3,5 Mton) en het project bij AkzoNobel (0,1 tot 0,2 Mton). Ook is hierbij de mogelijke toekomstige CO<sub>2</sub>-afvang bij Electrabel, Essent Milieu Wijster en Advanced Power AG (in totaal ca. 9 Mton) opgeteld.

### Absorptie en desorptie

Alle beschikbare CO<sub>2</sub>-wasprocessen zijn gebaseerd op absorptie- en desorptie-systemen, met absorptiemiddelen die CO<sub>2</sub> fysisch-chemisch binden. Het oplosmiddel kan gebaseerd zijn op amines. Er zijn ook processen op basis van kaliumcarbonaat (*Benfield*proces van UOP). Die laatste vereisen een hoge CO<sub>2</sub>-partiaalspanning en zijn niet geschikt voor *post-combustion* afvang, maar wel bewezen voor *pre-combustion* CO<sub>2</sub>-afvangstechnologie. Afvang met solvents (oplosmiddelen) is momenteel de enige bewezen techniek voor grootschalige verwijdering van CO<sub>2</sub>.

### Energierendement

Voordat CO<sub>2</sub> kan worden opgeslagen moet deze worden geconcentreerd en gecomprimeerd. De afvang (desorptie en compressie) kost veel energie. CO<sub>2</sub>-afvang bij een conventionele kolencentrale heeft circa 7 tot 12 procent-

punten daling van de energie-efficiency tot gevolg. Bij toepassing van vergasings technologie lijkt de overall efficiency van de elektriciteitsproductie iets gunstiger. Ook elders in de CO<sub>2</sub>-afvang-, -transport- en -opslagketen vereist CCS energie. Een belangrijke doelstelling van een aantal lopende pilots is om de energie-efficiency van met name het afvangproces te verbeteren.

#### **(Rest)warmte en synergievoordelen**

Voor de CO<sub>2</sub>-regeneratie uit de solvent moet deze worden verhit. Om de kosten hiervoor te reduceren is het waardevol mogelijke synergievoordelen te onderzoeken. Dit kan zowel intern in de centrale, door optimalisatie van de restwarmtebenutting, als extern. Externe warmtebronnen die groter zijn dan 1 MW en op minder dan een kilometer afstand liggen, zijn interessant om nader te onderzoeken. Verder is van belang welke temperatuur de warmte heeft (hoger dan 140°C, 100-140°C of 60-100°C). In de Eemshaven zijn op dit moment nog geen externe restwarmtebronnen die kansen bieden voor samenwerking.

Het is ook mogelijk met kou CO<sub>2</sub> te scheiden uit rookgassen. In dat geval wordt in plaats van gaswassing met amines het rookgas gekoeld tot lager dan -30°C, waarbij de CO<sub>2</sub> bevriest en zo geconcentreerd zou kunnen worden teruggewonnen. Het probleem ontstaat echter dat ook water in het rookgas bevriest en dat CO<sub>2</sub> bij atmosferische condities direct van gas in vaste stof overgaat (rijpvorming) en dus de vloeistoffase overslaat. Mogelijke technologieën voor CO<sub>2</sub>-afvang door middel van koude staan nog in de kinderschoenen.

Bron CE rapport 2008

Op termijn biedt de komst van een *Liquefied Natural Gas-terminal* (Gasunie en Essent) in de Eemshaven kansen voor de aanvoer van koude. Voor de *oxy-fuel combustion* techniek, die SEQ International gebruikt, is de aanvoer van zuurstof, de afvoer van warmte, elektriciteit en koelwater belangrijk voor de keuze van een locatie. Locaties zoals in Zuidoost-Drenthe en de Eemshaven, waar mogelijk in de toekomst een zuurstoffabriek voorhanden is, bieden kansen voor synergievoordelen.

#### **Beleid CO<sub>2</sub>-afvang**

Voor grote installaties zijn provincies het bevoegd gezag. CO<sub>2</sub>-afvang is een activiteit waarvoor een vergunning in het kader van de Wet Milieubeheer noodzakelijk is, waarbij naar verwachting ook een milieueffectrapportage (MER) vereist is. Ook voor de ondergrondse opslag zijn vergunningen in het kader van de Mijnwet en de Wet Milieubeheer vereist.

Het Rijk kan CO<sub>2</sub>-afvang stimuleren door het bestuurlijk en politiek draagvlak te vertalen naar duidelijkheid over een stimuleringskader voor demonstratieprojecten.

#### **Rijkscoördinatie regeling energie-infrastructuurprojecten**

Met de invoering van de nieuwe Wet Ruimtelijke Ordening (1 juli 2008) is de Rijkscoördinatie regeling geïntroduceerd. Hiermee wordt de ruimtelijke besluitvorming en de coördinatie van alle uitvoeringsbesluiten rond deze projecten vanaf een bepaalde omvang op rijksniveau gelegd. De geldende planologische afwegingskaders blijven daarbij volledig intact, maar procedures worden gestroomlijnd en versneld door ze parallel te laten lopen en in samenhang voor te bereiden. In aansluiting op deze regeling is voor grote infrastructurele projecten, waaronder projecten voor CO<sub>2</sub>-opslag, in januari 2008 de 'Rijkscoördinatie regeling voor grootschalige energie-infrastructuurprojecten' als wetsvoorstel ingediend. De verwachting is dat deze regeling per 1 maart 2009 in werking treedt.

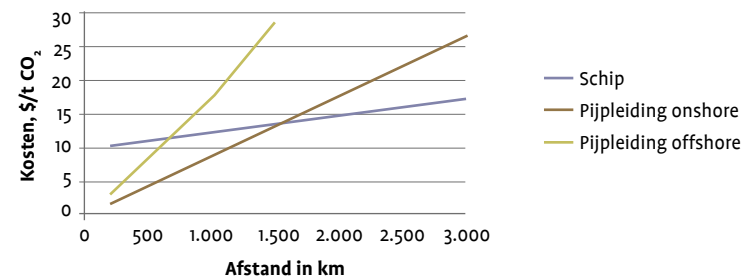
Bron Energerapport 2008

### **3.2 Transport**

CO<sub>2</sub>-transport kan plaatsvinden per schip, per pijpleiding en per vrachtwagen. In dit rapport focussen we ons primair op transport per pijpleiding. Wat het meest gunstig is, hangt af van de afstand, de hoeveelheid CO<sub>2</sub>, de periode en de opslaglocatie. Het Internationaal Energie Agentschap heeft in 2004 de kosten voor CO<sub>2</sub>-transport per schip vergeleken met de kosten voor transport per pijpleiding met een transportcapaciteit van 6 Mton. Uit deze studie blijkt dat



CO<sub>2</sub>-transport per schip over afstanden groter dan 700 kilometer goedkoper is dan transport per pijpleiding (zie figuur 3.3).



Figuur 3.3 Kosten van CO<sub>2</sub>-transport per schip, pijpleiding offshore en onshore

Bron IEA, Ship transport of CO<sub>2</sub>, PH4/30, juli 2004

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

Naast het transport via pijpleiding kan CO<sub>2</sub> ook per schip worden vervoerd. Dit gebeurt al jarenlang voor CO<sub>2</sub> die voor de voedingsmiddelenindustrie bestemd is. De keuze voor het gebruik van een schip voor het transport van afgevangen CO<sub>2</sub> bij kolencentrales is in de volgende gevallen relevant:

- Als meerdere locaties gebruikt worden voor de opslag van CO<sub>2</sub>.
- Als in de initiële afvangfase geen pijpleiding beschikbaar is;
- Voor die gevallen waar langere afstanden overbrugd moeten worden.

Bij transport per schip is het van belang dat de CO<sub>2</sub> na afvang vloeibaar gemaakt wordt en dat in tijdelijke opslag wordt voorzien. Vanuit deze opslag wordt het schip beladen, waarna de reis naar de opslag begint. Een CO<sub>2</sub>-tanker heeft alle installaties aan boord om de CO<sub>2</sub> te verpompen naar de opslaglocaties en kan zowel lossen op een onshore- als op een offshore-locatie. Bij de onshore-variant lost de CO<sub>2</sub>-tanker op een pijpleiding die in verbinding staat

met een opslaglocatie aan land. Offshore kan een schip in een aantal gevallen direct lossen via een zogenaamd *Turret*-systeem naar de ondergrondse opslag.

Door middel van de flexibele inzet van een schip, kan kosten efficiënt geoptimaliseerd worden en is het een waardig alternatief voor het transport van CO<sub>2</sub> per pijpleiding. Dit geldt in het bijzonder voor CO<sub>2</sub>-tankers die ook andere (petrochemische) gassen kunnen vervoeren.

Aandachtspunten voor transport per leiding zijn de timing en, daarmee samenhangend, de dimensionering van de leiding. Het 'hergebruik' van bestaande gasleidingen verdient de voorkeur. Echter, in alle situaties dient de afweging om direct in de implementatiefase al te investeren in infrastructuur, vóór de marktgedreven fase gemaakt te worden. Het direct aanleggen van een infrastructuur die geschikt is voor de marktgedreven fase is goedkoper dan het twee maal aanleggen van infrastructuur (eerst in de implementatie- en vervolgens in de marktgedreven fase). De kosten van de infrastructuur mogen echter niet de implementatiefase onevenredig belasten. Ook zal een dekking gevonden moeten worden voor de extra investeringskosten die gemaakt worden bij het investeringsbesluit voor de implementatiefase.

Voor transport van CO<sub>2</sub> in Noord-Nederland is Gasunie betrokken. Gasunie kan als gerenommeerd en onafhankelijk infrastructuurbedrijf het transport van meerdere afvanglocaties combineren. Gasunie hanteert als uitgangspositie dat zij voor de CO<sub>2</sub> van NUON en RWE de infrastructuur in de implementatiefase al geschikt maakt voor de te verwachten volumes in de marktgedreven fase.

Verder is van belang of de CO<sub>2</sub> in de gasfase (minder dan 60 bar) of in de vloeistoffase (*dense phase* (super kritisch) hoger dan 80 bar) wordt getransporteerd. Voor langeafstandstransport is transport in de vloeistoffase efficiënter, omdat de kosten voor de pijpleiding dan lager zijn (kleinere diameter). Voor korteaafstandstransport is gasvormig transport wel een optie. Voor een *full scale* infrastructuur ligt het meest voor de hand dat de CO<sub>2</sub> van verschillende bronnen gasvormig wordt verzameld en dat dit centraal wordt gecombineerd tot de vloeistoffase.

De maximale capaciteit voor te transporteren CO<sub>2</sub> na afvang, is in de implementatiefase in Noord-Nederland 8 Mton CO<sub>2</sub> per jaar (RWE en NUON). In de marktgedreven fase neemt deze hoeveelheid CO<sub>2</sub> zowel bij RWE als bij NUON substantieel toe (respectievelijk +50% tot 7,2 Mton/jr en +40% tot 4,3 Mton/jr) tot in totaal circa 11,5 Mton per jaar. Een leiding met een diameter van 24 inch volstaat om deze hoeveelheden te transporteren. Gasunie heeft een studie uitgevoerd naar het transport van CO<sub>2</sub> van de Eemshaven naar onshore gasvelden in Noord-Nederland. Voor deze trajecten zullen nieuwe leidingen moeten worden aangelegd.

Voor de projecten van SEQ International (schaalgrootte 200 tot 400 MWe) geldt dat per locatie maatwerk nodig is, waarbij voor een belangrijk deel kan worden aangesloten op de bestaande infrastructuur. Hierdoor kunnen naar verwachting de kosten per getransporteerde en opgeslagen ton CO<sub>2</sub> beperkt blijven. De totale in potentie aanwezige afvangcapaciteit van de *oxy-fuel*route bedraagt circa 3,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.

In de marktgedreven fase wordt waarschijnlijk ook CO<sub>2</sub> afgevangen bij de Eemscentrale en Advanced Power AG in de Eemshaven, maar op termijn mogelijk ook bij Essent Milieu Wijster en diverse bronnen in Duitsland. In totaal kan het aantal ton CO<sub>2</sub> dat getransporteerd dient te worden, toenemen tot circa 20 Mton. Een afweging wat betreft de capaciteit van de infrastructuur voor lange termijn moet tijdig gemaakt worden. Deze is onder andere sterk afhankelijk van de locaties van CO<sub>2</sub>-opslag.

Voor *full scale* opslag in lege gasvelden op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) hebben alleen de velden in het centrale deel van het NCP (K- en L-blokken) voldoende capaciteit. Aangezien de hoofdgastransportleidingen (*trunk lines*) zeker tot na 2023 in gebruik blijven voor gastransport, is een nieuwe *trunk line* (langer dan 200 kilometer) nodig om de CO<sub>2</sub> naar de K- en L-blokken te transporteren. Een mogelijke complicatie voor zo'n leiding is het doorkruisen van de Waddenzee. Alternatieven hiervoor zijn transport per schip of het onshore aanleggen van een deel van de leiding om de Waddenzee te vermijden.

### 3.3 Opslag

#### Tracéstudie Delfzijl - Eemshaven

In opdracht van Stichting UFO Oosterhorn wordt momenteel een tracéstudie uitgevoerd voor de Leidingstraat Delfzijl - Eemshaven. Eind 2008 wordt bekend hoe het tracé er precies uit zal zien. Op basis hiervan worden de kosten in kaart gebracht voor het aanleggen van een leiding voor CO<sub>2</sub>-transport. Een leidingstraat heeft als voordeel dat veel procedures al doorlopen zijn bij het instellen van de leidingstraat. Tevens zijn er bij een leidingstraat vaak al deels faciliteiten, zoals tunnel- en mantelbuizen, aangelegd. Hierdoor verlopen de procedurele en vergunningstrajecten van de toekomstige infrastructuur sneller.

#### Regelgeving voor aanleg transportnet

Het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) is verantwoordelijk voor wetgeving over buisleidingen onshore. VROM is bezig met nieuwe wetgeving voor transport van CO<sub>2</sub>, met name op het gebied van externe veiligheid en de inschatting van risico's (nieuwe rekenmethoden voor de Kwantitatieve Risico Analyse - QRA).

Conform de Nota Risico Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen zijn leidingen met een lengte van meer dan 40 kilometer en een diameter groter dan 800 millimeter of die leidingen die langs gevoelige gebieden lopen, MER-plichtig. Omdat de opslag van CO<sub>2</sub> MER-plichtig wordt (EU-Richtlijn opslag CO<sub>2</sub>), zal de pijpleiding in ieder geval in dat kader worden meegeënen in de MER. Ook moet voor het aanleggen van een CO<sub>2</sub>-leiding een vergunning worden aangevraagd in het kader van de Wet Milieubeheer.

Provincies, waterschappen en gemeenten moeten de leiding inpassen in bestemmings- en structuurplannen van gemeenten.

Het ministerie van Economische Zaken (EZ) is verantwoordelijk voor wetgeving voor transport offshore. In het kader van de Mijnbouwwet is

een vergunning vereist voor de aanleg van leidingen op het Nederlandse deel van de Noordzee. In artikel 94 van deze wet worden eisen gesteld aan locatie, sterkte, diameter, corrosiebestendigheid, onderhoud en inspectie.

Het wetsvoorstel Rijkscóördinatie-regeling (RCR) grote infrastructurele projecten is ingediend in januari 2008. Hiermee wordt de ruimtelijke besluitvorming en de coördinatie van alle uitvoeringsbesluiten rond deze projecten vanaf een bepaalde omvang op rijksniveau gelegd. De geldende planologische afwegingskaders blijven daarbij volledig intact, maar procedures worden gestroomlijnd en versneld door ze parallel te laten lopen en in samenhang voor te bereiden.

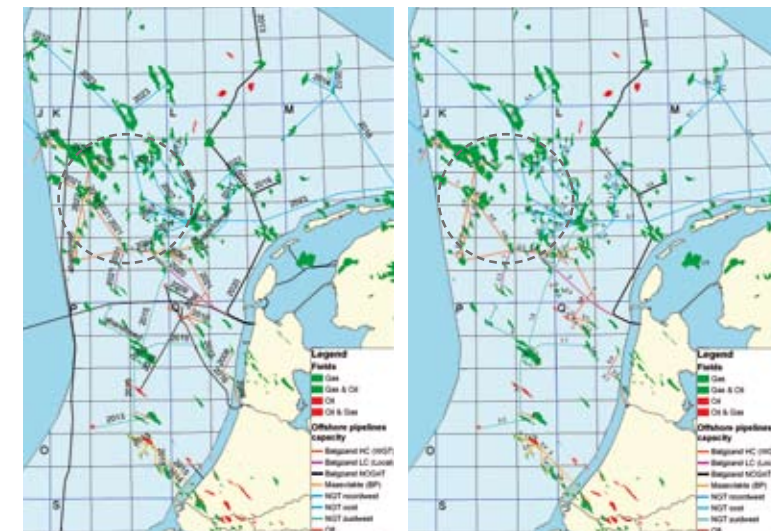
In de marktgedreven fase zal ook sprake zijn van grensoverschrijdend transport met nieuwe internationale beleidsvragen. De rijksoverheid is de meest aangewezen partij voor regie. Voor CO<sub>2</sub>-opslag zijn er al internationale afspraken (OSPAR-verdrag en *London Convention*). Daarnaast werken de landen rond de Noordzee samen op het gebied van CCS in de *North Sea Basin Taskforce*. Het doel hiervan is activiteiten rond de Noordzee beter op elkaar te laten aansluiten en synergievoordelen in kaart te brengen op het gebied van infrastructuur.

Er zijn verschillende manieren om CO<sub>2</sub> op te slaan in de bodem. Opties in Noord-Nederland zijn:

- Opslag in (gesloten) *aquifers*.
- Opslag in lege olie- en gasvelden. Hiervoor komen zowel velden op land (onshore) als velden op zee (offshore) in aanmerking.

#### Aquifers

*Aquifers* zijn ondergrondse formaties die zout water bevatten en afgedekt zijn door een ondoordringbare aardlaag (bijvoorbeeld zout of klei). Over de aanwezigheid van geschikte *aquifers* in Nederland is nog weinig bekend en daarmee is ook het opslagpotentieel onzeker. Een punt van aandacht voor opslag van CO<sub>2</sub> in *aquifers* is de 'ondoordringbaarheid' van de aardlaag. Deze



Figuur 3.4 Pijpleidingen offshore en een inschatting van de beschikbaarheid voor CO<sub>2</sub>-transport. Links timing en rechts capaciteit

Bron NOGEPa, 2008

moet tegen de druk bestand zijn en mag niet fysisch of chemisch worden aangetast door de opgeslagen CO<sub>2</sub>.

Momenteel wordt in opdracht van CO<sub>2</sub>ANN een haalbaarheidstudie uitgevoerd naar de beschikbaarheid van *aquifers* in Noord-Nederland voor de opslag van CO<sub>2</sub>. Midden 2009 verwacht CO<sub>2</sub>ANN de resultaten te kunnen presenteren. Als blijkt dat er kansrijke *aquifers* bestaan met voldoende capaciteit, dan zal een besluit genomen worden over een pilotproject. In dit rapport wordt CO<sub>2</sub>-opslag in een *aquifer* niet verder uitgewerkt.

#### Olie- en gasreservoirs

Op basis van de ervaringen met olie- en gasreservoirs worden deze gezien als

veilige opslagplaatsen voor CO<sub>2</sub>. Deze reservoirs zijn immers in staat gebleken gas en olie vele miljoenen jaren vast te houden. Ook is de injectie van CO<sub>2</sub> in olievelden een bewezen methode om extra olie te winnen (*EOR, Enhanced Oil Recovery*).

### Drie voorbeeldprojecten

#### Sleipner (Noorwegen)

In de Noorse sector van de Noordzee wordt op het Sleipnerplatform CO<sub>2</sub> gescheiden van het gewonnen aardgas. Het veld ligt op 250 kilometer uit de Noorse kust. De CO<sub>2</sub> wordt uit het aardgas gehaald om te voldoen aan de juiste specificaties. Voorheen werd deze CO<sub>2</sub> naar de atmosfeer afgeblazen, maar sinds 1996 wordt ze geïnjecteerd in een dikke, uit zandsteen bestaande watervoerende laag (de Utsira Formatie), 800 meter onder de zeebodem. Per jaar wordt ongeveer 1 Mton CO<sub>2</sub> geïnjecteerd. De schatting is dat uiteindelijk 20 Mton zal worden opgeslagen. De zoutlaag waaronder de CO<sub>2</sub> wordt geïnjecteerd heeft een geschatte opslagcapaciteit van in totaal 1.000 tot 10.000 Mton CO<sub>2</sub>.

#### Gorgon (Australië)

Het Gorgon-project streeft naar de exploitatie van de Greater Gorgon-gasvelden. Deze velden liggen ongeveer 130 kilometer van de noordwestkust van West-Australië en bevatten ongeveer 1.120 miljard m<sup>3</sup> aardgas. Dit gas zal worden getransporteerd via pijpleidingen naar Barrow Island om verwerkt te worden tot onder andere *Liquefied Natural Gas* (LNG). Het aardgas bevat ongeveer 14% CO<sub>2</sub>, die moet worden verwijderd omdat het aardgas anders ongeschikt is voor de vervaardiging van LNG. In plaats van deze CO<sub>2</sub> af te blazen naar de atmosfeer, zal ze worden afgevangen en geïnjecteerd in het *Dupuy saline reservoir*. Dit is een *aquifer* onder het noordelijke deel van Barrow Island. Beoogd wordt om in totaal 129 Mton CO<sub>2</sub> op te slaan.

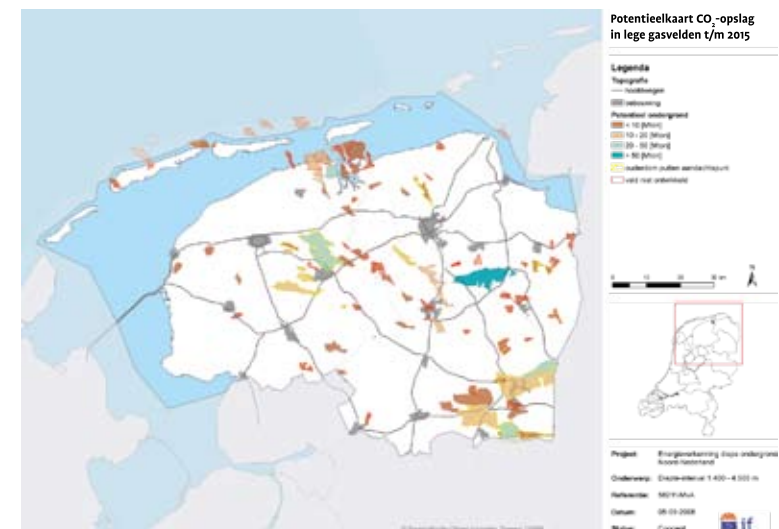
#### Ketzin (Duitsland)

Het doel van dit project is het leveren van een bijdrage aan de praktische kennis van CCS in een *saline aquifer*. Voorbeelden zijn het monitoren van de CO<sub>2</sub> met een breed scala aan technieken alsook het ontwikkelen van

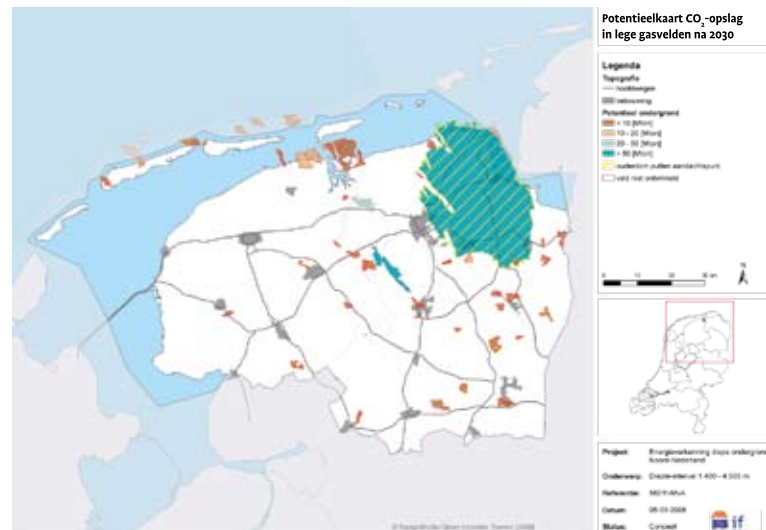
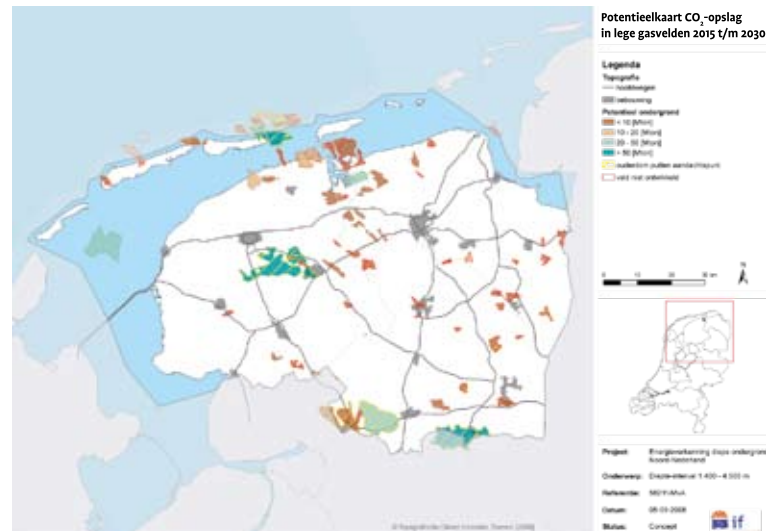
modellen en risicostrategieën. Het project is dicht bij Berlijn. De hoop is dat door deze ligging ook een bijdrage wordt geleverd aan de publieke acceptatie van CCS als middel om de emissie van CO<sub>2</sub> te verminderen. De CO<sub>2</sub> is afkomstig uit een elektriciteitscentrale. Ongeveer 0,03 Mton per jaar zal worden opgeslagen voor een periode van drie jaar.

### Onshore

TNO heeft in het onderzoek 'Mogelijkheden van grootschalige CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag in Nederland'<sup>1</sup> in opdracht van EnergieNed, de mogelijkheden voor CO<sub>2</sub>-opslag in Nederland in kaart gebracht. Nederland heeft verschillende leeg-rakende gasvelden. Die bieden een potentiële opslagcapaciteit van 10.100 Mton



<sup>1</sup> Making large scale carbon capture and storage CCS in the Netherlands work  
Bron: Ecofys/Spinconsult, 2007



CO<sub>2</sub>. Het Groningenveld neemt alleen al 7.350 Mton voor zijn rekening, de overige onshorevelden 1.600 Mton en de offshorevelden 1.150 Mton. Het Groningenveld (Slochteren) komt beschikbaar als het is uitgeproduceerd (waarschijnlijk rond 2050).

De beschikbaarheid van lege gasvelden (afhankelijk van locatie, capaciteit, datum van insluiting) bepaalt in belangrijke mate de snelheid van de introductie van CCS in Noord-Nederland. In Noord-Nederland zijn een of meer geschikte gasvelden met voldoende capaciteit aanwezig, gelegen op een gunstige locatie. De gasvelden hebben een capaciteit van 50 tot 200 Mton CO<sub>2</sub>, waarbij de grootste voldoende groot is voor de implementatiefase en een doorloop in de marktgedreven fase. Op dit moment verwacht de NAM dat de gasvelden niet voor 2014 uitgeproduceerd zijn en beschikbaar komen. Dit is echter ook afhankelijk van de ontwikkeling van de gasprijs. Hoe hoger de gasprijs, hoe langer een veld rendabel in productie kan blijven om de achtergebleven gasvoorraden te winnen. De technische mogelijkheid om gas te winnen en tegelijkertijd CO<sub>2</sub> te injecteren in hetzelfde veld zonder dat het gas vervuild wordt met CO<sub>2</sub>, is onderwerp van nadere studie. Vanwege het externe belang is deze studie naar voren gehaald (2009). Er zijn verschillende andere gasvelden (ca. 1.000 Mton opslagcapaciteit) in Noord-Nederland die op termijn beschikbaar komen voor de opslag van CO<sub>2</sub>. Figuur 3.5 laat dit zien.

Gasvelden voor de ZEPP-projecten van SEQ International liggen in de 'oude' Akkrum-concessie, Harlingen en Zuidoost-Drenthe. Een in 2001 door Shell Research uitgevoerde studie geeft aan dat er in feite drie momenten zijn waarop met een *Enhanced Gas Recovery*-proces (EGR), waarmee extra aardgas kan

Kaarten op pagina 37 en 38  
**Figuur 3.5 Potentieelkaart CO<sub>2</sub>-opslag in lege gasvelden tot 2015, 2015-2030 en na 2030**

Bron: Technische potentieelstudie diepe ondergrond Noord-Nederland, IF Technology, 2008



worden gewonnen door de afvalgassen van de elektriciteitsproductie terug in het gasveld te brengen, gestart kan worden:

1. Direct bij een 'nieuw' veld (bij hoge gasdruk).
2. Op het moment dat de druk in het veld zo ver gedaald is (vanwege de gasproductie die tot dan toe heeft plaatsgevonden), dat er compressiefaciliteiten geïnstalleerd moeten worden (lager dan 60-65 bar).
3. Wanneer het gasveld is uitgeproduceerd (bij lage gasdruk).

#### Gasopslag

Een potentiële concurrent voor CO<sub>2</sub>-opslag is de opslag van aardgas, die een belangrijke rol speelt in de plannen voor de Nederlandse gasrotonde. Ook daarvoor worden lege gasvelden gebruikt. Voor aardgasopslag zijn vooral kleinere tot middelgrote velden geschikt, terwijl voor CO<sub>2</sub>-opslag juist grotere velden of clusters van velden geschikt zijn. Verder is er slechts een beperkte capaciteit nodig voor gasopslag. De overige capaciteit is beschikbaar voor CO<sub>2</sub>-opslag. Om die reden is NOGEPa van mening dat er geen sprake is van een concurrentiestrijd.

#### CO<sub>2</sub>-opslag een oplossing voor bodemdaling?

Bij aardgaswinning treedt over het algemeen een bodemdaling op in de orde van grootte van enkele centimeters tot enkele decimeters als gevolg van zetting door de drukverlaging. Bij het vullen van een uitgeput gasveld met CO<sub>2</sub> zal het veld als het ware weer wat worden 'opgepompt' met als resultaat enige bodemheffing.

De uiteindelijke stijging van de bodem zal van veld tot veld variëren en hangt af van de structuur van het reservoir, de bovenliggende lagen, het voorkomen van breuken, et cetera. Omdat een deel van de zetting onomkeerbaar (plastisch) is, zal de bodemheffing nooit de oude situatie herstellen.

Bron Startnotitie Bergermeer Gas Storage, TAQA Energy B.V., 2007

Velden in fase 2 zijn de beste optie omdat het 'EGR-effect' dan het grootst is. Maar omdat het moeilijk blijkt passende gasvelden te vinden, is SEQ International in alle velden (groter dan 1 Mton) geïnteresseerd. Indien een veld zich aandient, vormt het in alle gevallen maatwerk om te beoordelen of het geschikt is. Hiertoe wordt per locatie een haalbaarheidstudie uitgevoerd, zowel technisch als economisch.

#### Offshore

Een situatie met *full scale* afvang en opslag van CO<sub>2</sub>, bijvoorbeeld een kolengestookte centrale, heeft een emissie van circa 5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar gedurende circa 40 jaar. De totale benodigde opslagcapaciteit nodig voor één puntbron is dus ongeveer 200 Mton.

NOGEPa en het ministerie van Economische Zaken hebben door DHV en TNO in meer detail de opslagcapaciteit van de velden in het Nederlands deel van het Continentaal Plat (NCP) in de Noordzee laten onderzoeken<sup>2</sup>, gebaseerd op productiegegevens van olie- en gasbedrijven. Figuur 3.6 en tabel 3.3 laten de geografische spreiding van de offshore gasvelden zien. Deze studie wijst uit dat geen enkel afzonderlijk offshore gasveld in het NCP 200 Mton kan opslaan. Dit betekent dat zelfs voor de opslag van de emissie van één grote puntbron over zijn hele levensduur een cluster van gasvelden is vereist. Dergelijke clusters met een capaciteit van circa 200 Mton kunnen alleen worden gevormd in het centrale offshoregebied, de K- en L-kwadranten. Hiervoor is dan een nieuwe transportleiding (langer dan 200 kilometer) nodig. Dit omdat de huidige Noordgastransportleiding (NGT-leiding) zeker tot na 2023 in gebruik blijft voor gastransport.

De velden van Gaz de France ten noorden van Terschelling (centraal complex G17d-A/AP) zijn te klein voor de opslag in de marktgedreven fase, maar groot genoeg voor opslag in de implementatiefase. Deze velden komen echter te laat beschikbaar (productie van gas tot 2020) om als opslaglocatie te dienen in de implementatiefase. Bovendien geldt ook hier dat een nieuwe leiding zou moeten worden aangelegd in de Waddenzee of dat hier een alternatief voor moet worden gezocht.



Tabel 3.3 Opslagcapaciteit in uitgeduceerde offshore aardgasvelden

Bron NOGPA, 2008

Gebied	Kwadrant	Theoretische capaciteit (Mton)	Effectieve capaciteit (Mton)
Noord	A, B, D, E, F	100	70
Oost	G, M, N	40	40
Centraal	K, L	1.230	780
Zuid	P, Q	190	80

Opslag in de marktgedreven fase in overzeese opslaglocaties zoals in de Utsira Formatie bij het Sleipner productieplatform (Noorwegen) is duurder, omdat deze op grote afstand van de Eemshaven liggen (zie figuur 3.7). Een collectief netwerk van enkele lidstaten naar de Utsira Formatie zou wellicht kansen bieden. Ook kan, gezien de grote afstand, CO<sub>2</sub>-transport per schip worden overwogen.

Een al bestaand samenwerkingsverband is de *North Sea Basin Task Force* (samenwerking tussen Groot-Brittannië, Noorwegen, Nederland en Duitsland). Dit samenwerkingsverband heeft tot doel om een basis voor regulering van CO<sub>2</sub>-opslag in de Noordzee te ontwikkelen en een goede uitgangssituatie te creëren voor de uitvoering van deze activiteit.

Kaart links

Figuur 3.6 Opslagcapaciteit in uitgeduceerde offshore aardgasvelden

Bron NOGPA, 2008



Figuur 3.7 Sleipnerveld

Bron Scottish Centre for Carbon Storage, School of Geosciences, University of Edinburgh

### Potentieel voor opslag van CO<sub>2</sub> in Noord-Nederland:

#### Implementatiefase

- Opslaglocatie zo dicht mogelijk bij de CO<sub>2</sub>-puntbron heeft de voorkeur in verband met hoge transportkosten. Een recente studie heeft uitgezonden dat in Noord-Nederland, op basis van ligging, karakteristieken en beschikbaarheid, goede kansen liggen.

#### Marktgedreven fase

- Onshore;
- Offshore (K- en L-clusters van het Nederlands Continentaal Plat).

#### Op lange termijn

- Onshore  
Clusters van kleinere velden (ca. 1.000 Mton opslagcapaciteit) en op termijn Groningenveld en mogelijk *aquifers*;
- Offshore  
Opslag in lege gasvelden en mogelijk *aquifers*, nationaal en internationaal na ontwikkeling van een Europees CO<sub>2</sub>-netwerk, waarin Noord-Nederland de centrale rotonde kan zijn (*hub*).

#### Beleid CO<sub>2</sub>-opslag

De Mijnbouwwet (MW), de Wet milieubeheer (Wm) en de Wet op de Ruimtelijke Ordening (WRO) vormen het voornaamste wettelijk kader voor de uitvoering van CO<sub>2</sub>-opslag. De MW bevat onder andere wettelijke aspecten die verband houden met het ondergronds opslaan van stoffen op een diepte van meer dan 100 meter. Het ministerie van Economische Zaken is het bevoegde gezag bij de MW. De Wm beschrijft de milieuaspecten van (industriële) installaties en activiteiten, inclusief emissies en maatregelen om die te beperken. De WRO schetst het wettelijke kader voor de planning van bovengrondse activiteiten en installaties.

In de MW staat dat het verboden is stoffen in de ondergrond op te slaan zonder vergunning van de minister van Economische Zaken. Dit betekent dat er, volgens de MW, voor de ondergrondse opslag van stoffen een vergunning vereist is. Ook volgens de Wm is een vergunning vereist. Sinds



december 2002 is, waar het milieuaspecten van mijnbouwactiviteiten betreft, de nieuwe Wm van kracht, waarbij de minister van Economische Zaken het bevoegde gezag is. De provincies zijn het bevoegde gezag waar het gaat om het verlenen van een milieuvergunning voor ondergrondse opslag bij afval dat van buiten het Mijnbouwwerk of de Inrichting afkomstig is.

#### Rijkscoördinatie-regeling energie-infrastructuurprojecten

Ook bij opslag van CO<sub>2</sub> kan de Rijkscoördinatie-regeling energie-infrastructuurprojecten van toepassing zijn. Een toelichting hierover wordt gegeven in de paragraaf over transport.

#### Monitoring

Er zijn goede regels nodig als het gaat om de keuze van de opslaglocatie en de bedrijfsvoering van de opslagactiviteit. Tijdens en na het vullen zullen injectie en opslag gecontroleerd moeten worden wat betreft de verrekening van de rechten voor CO<sub>2</sub>-emissiehandel, de bewaking van de integriteit van het reservoir en het optreden van eventuele lekkages. Dit kan in de vorm van monitoring. Voor opslag en de opslagvergunning moeten we uitgaan van de toekomstige Europese wetgeving op dit vlak (Richtlijn voor ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub>).

#### Abandonnering gevuld reservoir

De verantwoordelijkheid voor de opslaglocatie na afsluiting moet goed worden geregeld. Als het veld gevuld is met CO<sub>2</sub> zal het verlaten worden (abandonnering). Net als bij lege gasvelden zullen dan de putten worden afgeplugd met cementproppen en de bovengrondse installaties zullen worden verwijderd. Na goedkeuring van het bevoegd gezag wordt de locatie dan in principe verlaten, maar wordt onderworpen aan voortgaande monitoring.

De Europese Commissie heeft een eerste stap gezet. In de voorgestelde Richtlijn voor CO<sub>2</sub>-opslag staat dat de nationale overheid uiteindelijk aansprakelijk is voor de opgeslagen CO<sub>2</sub>. Wanneer de Richtlijn is geaccepteerd moet deze in de Nederlandse wetgeving worden vastgelegd. Hierna

moet geregeld worden hoe de overdracht van de operator naar de nationale overheid plaats zal vinden en hoe ver de aansprakelijkheid van de overheid in de toekomst nog strekt. Zonder zo'n toekomstige overdracht (oneindige aansprakelijkheid) zal de markt niet geïnteresseerd zijn in CO<sub>2</sub>-opslag.

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

Om corrosie van de leidingen en putten te voorkomen moeten verontreinigingen in de CO<sub>2</sub> beperkt blijven (minimalisering van de aanwezigheid van H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub>). Om problemen met niet-condenseerbare gassen bij de faseovergang van gas naar vloeibaar te voorkomen, worden N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> en CO verwijderd (maximaal 4%). Ten slotte worden om aantasting van het reservoir te vermijden soms O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> verwijderd. Dit is maatwerk per opslaglocatie. In EU-verband is afgesteld dat de geïnjecteerde CO<sub>2</sub> voor het overgrote deel uit CO<sub>2</sub> moet bestaan (indicatief meer dan 95%). In de wetgeving en leverings- en transportovereenkomsten moeten specificaties worden vastgelegd voor de kwaliteit van de geleverde en geïnjecteerde CO<sub>2</sub>.

#### Kans op incident zeer klein

Op basis van ervaringen met de olie- en gaswinning, is de kans op incidenten bij CO<sub>2</sub>-opslag zeer klein. CO<sub>2</sub> is niet brandbaar of explosief en pas verstikkend bij hogere concentraties. De kans op grootschalige ontsnapping van CO<sub>2</sub> is zeer beperkt. Bij een goede selectie van gasvelden of *aquifers* is de lekkagekans gering. Met uitzondering van putfalen, zal het bij lekkage van het reservoir lang duren voordat CO<sub>2</sub> vrijkomt aan de oppervlakte, als het al niet onderweg weer wordt tegengehouden. Voor ieder opslagproject zal een aparte MER opgesteld worden, waarin onder meer een risico-inventarisatie gemaakt wordt.

### 3.4 Hergebruik

Hoog geconcentreerde CO<sub>2</sub> kan een waardevol product worden. Afvang van CO<sub>2</sub> biedt kansen om deze CO<sub>2</sub> opnieuw te gebruiken. Hergebruik vindt momenteel op beperkte schaal plaats, maar is volop in beweging. Naast energiebesparing,

duurzame energie en opslag van CO<sub>2</sub> kan hergebruik op termijn uitgroeien tot een goede en waardevolle mogelijkheid worden om de emissie van CO<sub>2</sub> te reduceren. In Noord-Nederland zijn diverse kansrijke initiatieven in ontwikkeling.

#### **BioMCN**

De op het Chemiepark gelegen bio-methanolinstallatie kan in haar proces 0,2 tot 0,3 Mton zuivere CO<sub>2</sub> gebruiken om methanol te produceren. BioMCN bezit twee installaties, met een productiecapaciteit van 0,5 Mton methanol per jaar (totaal 1 Mton/jr). Een van deze installaties wordt momenteel voorzien van een biomassa (glycerine) vergassinginstallatie zodat bio-methanol geproduceerd kan worden. De andere installatie is ongebruikt en zou geschikt gemaakt kunnen worden voor de ontvangst van CO<sub>2</sub> van bijvoorbeeld Delesto en op termijn van partners als NUON, RWE of Advanced Power AG. Methanol wordt toegepast in de chemiesector en wordt gezien als een kansrijke transportbrandstof. De toepassing van CO<sub>2</sub> in de productie van methanol biedt unieke kansen voor hergebruik van afgevangen CO<sub>2</sub>.

#### **Brunner Mond**

Brunner Mond maakt diverse soorten soda. Deels wordt die verder verwerkt tot bicarbonaat. Bij de productie van soda wordt gebruik gemaakt van het ammoniak-sodaproces. Door een reactie van zout (natriumchloride) met kalksteen (calciumcarbonaat) ontstaan soda en calciumchloride. Brunner Mond heeft hierbij CO<sub>2</sub> nodig, dat nu wordt opgewekt uit cokes (28.000 ton per jaar). Er wordt momenteel onderzocht of hiervoor ook biomassa kan worden ingezet. De CO<sub>2</sub>-productie op basis van biomassa is onvoldoende voor de sodaproductie en moet worden aangevuld. In de extra benodigde CO<sub>2</sub> zou kunnen worden voorzien met afgevangen CO<sub>2</sub>. Dit gaat om ongeveer 50.000 ton CO<sub>2</sub> per jaar. Een eerste inschatting van de daartoe benodigde investering is 20 miljoen euro. Dit moet echter in een haalbaarheidsstudie nader worden onderzocht.

#### **AkzoNobel**

AkzoNobel ontwikkelt momenteel een project waarbij in algenbassins CO<sub>2</sub> wordt afgevangen. De algen gebruiken CO<sub>2</sub> als voedingsstof. AkzoNobel wil de geproduceerde algen op termijn te gebruiken als grondstof voor verf. Dit project wordt samen met de universiteit van Wageningen uitgevoerd.

#### **Toepassing in de glastuinbouw**

De kosten voor energie beslaan gemiddeld 15 tot 20% van de kostprijs van glastuinbouwproducten. Voor de productie van CO<sub>2</sub> worden momenteel fossiele brandstoffen gebruikt. Gebruik van afgevangen CO<sub>2</sub> zou een alternatief kunnen zijn voor de kasgebieden in Groningen en Friesland. De bestaande glastuinbouw bevindt zich in Berlikum (Friesland), Eemsmond, Eelde en Sappemeer (Groningen) en in Emmen (Drenthe). De ambitie van Groningen is om 450 hectare kasgebied te ontwikkelen in de Eemshaven. De drie provincies hebben de ambitie om te groeien tot een areaal van 1.500 hectare in de periode tot 2015/2020.

#### **Enhanced Gas Recovery/Enhanced Oil Recovery**

CO<sub>2</sub> kan nuttig worden toegepast bij de winning van aardolie (EOR) en van aardgas (EGR). Bij injectie van CO<sub>2</sub> in oliehoudende lagen zal de CO<sub>2</sub> zich mengen met de olie. Daardoor worden enerzijds de capillaire krachten die de olie vasthouden aan het gesteente verlaagd en anderzijds wordt de viscositeit van de olie verlaagd, waardoor de olie sneller kan worden geproduceerd. Bij injectie van CO<sub>2</sub> in gashoudende lagen zal de CO<sub>2</sub> de druk van het gas op peil houden en het aardgas van de injectieputten naar de productieputten 'duwen', waardoor het aanwezige gas sneller kan worden geproduceerd. EOR door middel van CO<sub>2</sub> is al jaren de praktijk in de Verenigde Staten (Texas) en in Canada (Wayburn field). Door de vrees van menging met het methaangas in het reservoir is *Enhanced Gas Recovery* (EGR) door middel van CO<sub>2</sub> nog niet verder gekomen dan de studiefase. Door de injectie van CO<sub>2</sub> kan extra gas gewonnen worden. De hoeveelheid extra gas hangt af van de gasprijs, het veld en de winningstechniek.

Bron NL Olie en Gas portaal, [www.nlog.nl](http://www.nlog.nl)

Hoofdstuk 4, het volgende hoofdstuk, beschrijft per fase (de initiële fase, de implementatiefase en de marktgedreven fase) hoe Noord-Nederland vanaf 2020 15 tot 20 Mton CO<sub>2</sub> denkt te reduceren. De projecten die dit gaan realiseren, worden per fase beschreven.



## 4. CCS IN NOORD-NEDERLAND



## 4. CCS IN NOORD-NEDERLAND

Noord-Nederland heeft zich ten doel gesteld om vanaf 2020 15 tot 20 Mton CO<sub>2</sub> per jaar te reduceren door CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (Energieakkoord 2007). In drie fasen wil Noord-Nederland uitgroeien tot een van de koplopers op het gebied van CCS. Dit hoofdstuk beschrijft de projecten en onderzoekt waarmee Noord-Nederland deze ambitie gaat verwezenlijken.

### 4.1 Fasering ontwikkeling CCS

In de beschrijving van de projecten in Noord-Nederland hanteren we de volgende in elkaar overlopende fasering.

Tabel 4.1 Fasering CCS

Fase	Beschrijving projecten
2010-2015: initiële fase (tot 3,5 Mton CO <sub>2</sub> /jaar)	Realisatie eerste <i>frontrunner</i> -projecten
2015-2020: implementatiefase (tot ca. 11 Mton CO <sub>2</sub> /jaar)	Aanpassen bestaande installaties, verdere uitbouw en toepassing. De aanleg van transport- en opslagcapaciteit die zonder grote additionele investeringen ook geschikt is voor transport en opslag van steeds grotere hoeveelheden CO <sub>2</sub> .
2020: marktgedreven fase (van ca. 15 tot 24 Mton CO <sub>2</sub> /jaar)	Start marktgedreven fase: veel een-op-een afvang en opslag
	Na 2030: doorgroei naar een wijdvertakt CO <sub>2</sub> -netwerk met Noord-Nederland als mogelijke <i>hub</i> (rotonde). Samenwerking met Duitsland (Dörpen, Emden, Ruhrgebied) en mogelijk andere landen ( <i>North Sea Basin Taskforce</i> ) voor grootschalige opslag offshore en een verbinding met het <i>Rotterdam Climate Initiative</i> .

De gekozen fasering sluit aan bij de fasering van het Nederlandse CCS-project (*Taskforce CCS*). De doelstelling hiervan is dat na 2020 CCS een marktrijpe technologie is en zonder overheidsinmenging kan worden geëxploiteerd.

### 4.2 Initiële fase 2010-2015

De initiële fase staat in het teken van onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van CCS in Noord-Nederland. De in deze fase ontwikkelde kennis en ervaring is noodzakelijk voor de verdere ontwikkeling van CCS in Noord-Nederland. De initiële fase is essentieel voor het marktrijp maken van CCS. Tabel 4.2 toont een overzicht van reeds ontplooid en nog te starten initiatieven in de initiële fase CCS.

Het (brede) onderzoek sluit aan bij het CATO-2-programma en richt zich vooral op de randvoorwaarden waaronder CCS kan worden gerealiseerd. Deze randvoorwaarden betreffen:

#### De technologie

- De keuze van het absorptiemateriaal bepaalt voor een groot deel het energiegebruik tijdens het afvangen van CO<sub>2</sub>.

#### De organisatie

- Eigendom en aansprakelijkheid van opgeslagen CO<sub>2</sub>, consortiumvorming en synergievoordelen.

#### Het juridisch kader

- Implementatie van de CCS Directive en de uitwerking hiervan in wet- en regelgeving.

#### Financiële oplossingsrichtingen

- Subsidiemogelijkheden en de inbedding van CCS in ETS.

#### Publieke acceptatie

- Creëren van publiek draagvlak door onder meer te leren van ervaringen zoals die momenteel in het project Barendrecht worden opgedaan, goede informatieverstrekking en het betrekken van de juiste partijen.

In deze fase wordt nauwe samenwerking gezocht met de Hanzehogeschool, RuG en GrASp. De kosten voor deze initiële fase worden voor een belangrijk deel gedekt door subsidies (UKR, aanvraag CATO-2) en researchbudgetten van bedrijven (pilotstudy's).

Tabel 4.2 Initiatieven initiële fase CCS

Initiatieven initiële fase CCS			
Periode	Initiatief	Capaciteit	Bijzonderheden
2008-2011	NUON <i>pre-combustion</i> CO <sub>2</sub> -capture Buggenum	Ca. 0,01 Mton/jr	Reeds gestart Gedeeltelijk gefinancierd uit UKR (10 m€)
2008-2011	RWE Didcot (UK), <i>oxy-fuel combustion</i>	1 MW	Reeds gestart
	RWE Didcot (UK), PCC, amine	1 MW	Reeds gestart
	RWE Aberthaw (UK), PCC, amine		
	RWE Niederaussem, PCC, amine	0,5 MWe	Start Q3 2009
	RWE New Haven, WV (USA), PCC, chilled ammonia	20 MWe	Start 2009
	RWE, Pleasant Prairie, WI (USA), PCC, chilled ammonia	1,7 MWe	Reeds gestart
2010-2012	SEQ International	Ca. 1 Mton/jr	Pilotproject CCS IJmuiden
2012-2015	SEQ International ZEPP, <i>oxy-fuel combustion</i>	200 MWe units Ca. 0,7 Mton CO <sub>2</sub> /jr	Haalbaarheidstudie gestart Financiering door consortium Na geslaagde pilot in IJmuiden heeft SEQ International de ambitie 4 tot 5 projecten op te zetten in Noord-Nederland
2008-2011	AkzoNobel CO <sub>2</sub> -capture Delesto, Delfzijl	Ca. 0,1-0,2 Mton	Proeven met amines i.s.m. RuG 50% toepassing van CO <sub>2</sub> in bijv. BioMCN en Brunner Mond (soda) 50% opslag van CO <sub>2</sub> Onderdeel van CATO-2-aanvraag
2008-2012	Chemiepark Delfzijl CO <sub>2</sub> -neutraal	--	Reeds gestart Financiering AkzoNobel Proefproject AkzoNobel: productie van groene bouwstoffen uit algen
2009	CO <sub>2</sub> ANN	Ca. 0,04 Mton/jr	Inventarisatie en haalbaarheidstudie worden uitgevoerd door TNO; medio 2009 resultaten Go/no Go vervolg Opslag van CO <sub>2</sub> in <i>aquifer</i> Friesland niet eerder dan 2011
2010- ...	Stichting UFO, leidingstraat	--	Leidingstraat Delfzijl - Eemshaven: haalbaarheidstudie naar recycling van grondstoffen, transport van CO <sub>2</sub> en bijv. synthesegas wordt uitgevoerd

### 4.3 Implementatiefase 2015-2020

In de implementatiefase staat de marktintroductie van CCS centraal. Noord-Nederland neemt hierbij in meerdere opzichten een unieke plaats in, omdat:

- Noord-Nederland door de komst van grote CO<sub>2</sub>-puntbronnen en de aanwezigheid van geschikte opslaglocaties onshore de gehele CCS-keten herbergt.
- Noord-Nederland door de diversiteit van de geplande demonstratie van afvangtechnieken (*pre*-, *post*- en *oxy-fuel combustion*) en daaraan gerelateerde kennisontwikkeling een leidende positie inneemt.
- De op korte én lange termijn beschikbare onshore CO<sub>2</sub>-opslagmogelijkheden Noord-Nederland de kans bieden om een belangrijke positie in te nemen in het (inter)nationale CO<sub>2</sub>-netwerk.
- Noord-Nederland dé gasrotonde van Nederland en Noordwest-Europa vormt, en Gasunie zich binnen CCS Noord-Nederland als solide partner positioneert voor de CO<sub>2</sub>-infrastructuur.
- De verschillende ontwikkelingen op het gebied van hergebruik van CO<sub>2</sub> kansen bieden voor verdergaande hoogwaardige CO<sub>2</sub>-reductie binnen Noord-Nederland.

In de implementatiefase worden verschillende projecten ontwikkeld, die te verdelen zijn in twee typen:

- CO<sub>2</sub>-hergebruik;
- CO<sub>2</sub>-afvang:
  - *pre-combustion*;
  - *post-combustion*;
  - *oxy-fuel combustion*.

In de volgende paragrafen worden de projecten beschreven.

#### 4.3.1 CO<sub>2</sub>-hergebruik

De pilotprojecten gestart in de initiële fase zullen bij succes in de implementatiefase opgeschaald worden. Daarnaast ligt het in de lijn der verwachting dat nieuwe projecten waarin CO<sub>2</sub> hoogwaardig benut wordt, ontwikkeld zullen worden. Dat zou een logisch gevolg zijn van kennisontwikkeling, innovatie en nieuwe bedrijvigheid. De projecten zijn:

**Brunner Mond**

- Toepassing van CO<sub>2</sub> in de productie van soda en bicarbonaat.

**BioMCN**

- Toepassing van CO<sub>2</sub> in de productie van methanol. BioMCN ziet perspectief in het op grotere schaal toepassen van CO<sub>2</sub> dat is afgevangen in de Eemshaven (NUON, RWE of Advanced Power AG).

**Groene bouwstoffen uit algen**

- AkzoNobel heeft op Chemiepark Delfzijl twee bassins gebouwd voor proefneming met algen als groene grondstof voor verf. Voor de teelt worden de rookgassen van Delesto benut.

**Glastuinbouw**

- De kasgebieden in Noord-Nederland (Friesland, Drenthe en Groningen Eemshaven).

**4.3.2 CO<sub>2</sub>-afvang**

Binnen CO<sub>2</sub>-afvang worden drie technologieën onderscheiden, namelijk *pre-combustion*, *post-combustion* en *oxy-fuel combustion*. In de volgende paragrafen worden de verschillende technieken beschreven en de toepassingen ervan geschetst.

**4.3.2.1 Pre- en post-combustion**

In de periode tussen 2013 en 2020 starten NUON en RWE hun activiteiten in Noord-Nederland (Eemshaven). NUON bouwt in twee fasen de Magnumcentrale. In de eerste fase wordt het aardgasgestookte gedeelte gerealiseerd en in de tweede fase de kolen- en biomassavergassingsinstallatie. De CO<sub>2</sub>-afvang bij de Magnumcentrale vindt plaats door middel van *pre-combustion* techniek. Hierbij worden de fossiele brandstoffen eerst omgezet in waterstofgas, dat vervolgens wordt gebruikt voor energieopwekking. Daarbij komt een geconcentreerde stroom CO<sub>2</sub> vrij, die gemakkelijk kan worden afgevangen en gecombineerd.

RWE bouwt een conventionele kolen- en biomassagestookte centrale. De CO<sub>2</sub>-afvang vindt plaats door een *post-combustion* techniek. Hierbij wordt de CO<sub>2</sub> afgevangen uit de rookgassen door gaswassing met een specifiek oplosmiddel voor CO<sub>2</sub>. Er is dus sprake van een nageschakelde techniek. NUON heeft de ambitie om in 2013 te starten met CO<sub>2</sub>-afvang. Daarbij wil het bedrijf een zodanige hoeveelheid CO<sub>2</sub> afvangen dat de kolengestookte installatie een gelijke specifieke

CO<sub>2</sub>-emissie (350 g CO<sub>2</sub>/kWh) krijgt als een moderne aardgasgestookte STEG. Dit betekent een jaarlijkse afvang van 2,5 Mton CO<sub>2</sub> (*large scale*), met mogelijk een verdere opschaling naar 4,3 Mton CO<sub>2</sub> per jaar vanaf 2020 (*full scale*).

RWE wil uiterlijk in 2015 een CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie met een capaciteit van 0,2 Mton CO<sub>2</sub> per jaar (≈35 MW) in bedrijf nemen. RWE is op basis van de huidige inzichten van mening dat deze grootte vanuit technisch-economisch opzicht voor de ontwikkeling van de *post-combustion* afvangtechniek de juiste schaal-grootte is in de demonstratiefase. RWE voorziet in een periode van twee jaar de benodigde leerdoelen (met name efficiencyverbetering) te hebben bereikt. Hiermee kiest Noord-Nederland ervoor om grote stappen te zetten om zo snel mogelijk op *full scale* niveau te komen. In het bekeken scenario kan in 2017 de eerste lijn worden neergezet met een afvangpotentieel van 1,8 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Vervolgens kan om de twee jaar een lijn worden gerealiseerd (maximaal vier lijnen). De gepresenteerde stapsgewijze opbouw van CO<sub>2</sub>-afvang betekent dat gemiddeld over de levensduur van centrales de emissies tussen de 0,25 en 0,35 ton CO<sub>2</sub>/MWh bedragen: lager dan die van een gasgestookte centrale. Tabel 4.3 laat de jaarlijkse toename van de door NUON en RWE afgevangen CO<sub>2</sub> zien.

Tabel 4.3 Toename van de in totaal door NUON en RWE afgevangen CO<sub>2</sub> per jaar

Jaar	NUON*	RWE	Totaal CO <sub>2</sub> -afvang/jr
2013	2,5 Mton	0	2,5 Mton
2015	2,5 Mton	0,2 Mton	2,7 Mton
2017	2,5 Mton	1,8 Mton	4,3 Mton
2019	2,5 Mton	3,6 Mton	6,1 Mton
2020	4,3 Mton	3,6 Mton	7,9 Mton
2021	4,3 Mton	5,4 Mton	9,7 Mton
2023	4,3 Mton	7,2 Mton	11,5 Mton

\* NUON start in 2013 met het afvangen van CO<sub>2</sub>. Dit is eerder dan de start van de implementatiefase

Uitgaande van bovengenoemd scenario betekent dit dat in de implementatiefase een hoeveelheid van circa 3 olopend tot 8 Mton CO<sub>2</sub> per jaar zal worden afgevangen door NUON en RWE. Deze CO<sub>2</sub> zal moeten worden getransporteerd naar een geschikte opslaglocatie. Er zijn twee opslaglocaties die tijdig beschikbaar komen en die voldoende capaciteit hebben voor de implementatiefase en voor een groot gedeelte van de opslag in de marktgedreven fase. Deze locaties zijn gesitueerd in Noord-Nederland en in het centrale deel van het NCP (Nederlands Continentaal Plat).

De volgende CCS-ketens worden verder uitgewerkt:

- A. CO<sub>2</sub>-afvang Eemshaven – transport – opslag gasveld in Noord-Nederland (onshore)
- B. CO<sub>2</sub>-afvang Eemshaven – transport – opslag in centrale deel van het NCP (offshore)



Figuur 4.1 De twee CCS-ketens

#### A. Onshore

In twee centrales in de Eemshaven, op korte afstand van elkaar, wordt in de implementatiefase tot circa 8 Mton CO<sub>2</sub> per jaar afgevangen. Een deel hiervan wordt al eerder afgevangen, terwijl het overige deel in stappen van 1,8 Mton per twee jaar beschikbaar komt. Indien mogelijk kopen industriële partijen een deel van deze CO<sub>2</sub> voor hergebruik. De bulk van de CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen in een (of meer) gasveld(en) in Noord-Nederland. Gasunie legt voor het transport van de CO<sub>2</sub> een nieuwe leiding aan van de Eemshaven naar de locatie(s). Als uitgangspunt hanteert zij hierbij dat dezelfde leiding voldoende capaciteit heeft voor het CO<sub>2</sub>-transport van RWE en NUON in de marktgedreven fase (maximaal 11,5 Mton CO<sub>2</sub>/jaar). In de Eemshaven moet een compressiestation worden gebouwd om de benodigde transportdruk te kunnen bereiken. Een leiding van 24 inch moet het compressiestation verbinden met de opslaglocatie(s).

#### B. Offshore Centraal - Nederlands Continentaal Plat (NCP)

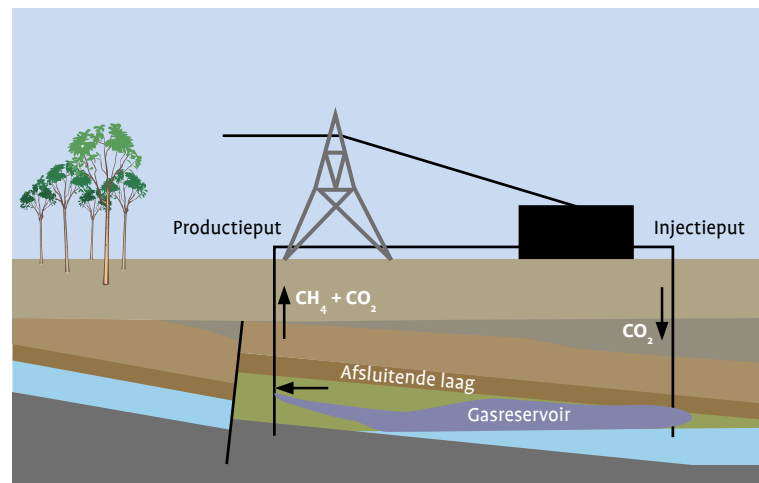
Ook hier wordt in twee centrales in de Eemshaven, op korte afstand van elkaar, in de implementatiefase tot ca. 8 Mton CO<sub>2</sub> per jaar afgevangen. Een deel van deze CO<sub>2</sub> wordt al eerder afgevangen, terwijl het overige deel in stappen van 1,8 Mton per twee jaar beschikbaar komt. Indien mogelijk kopen industriële partijen een deel voor hergebruik. De bulk van de CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen in het cluster van gasvelden in het centrale deel van het Nederlands Continentaal Plat. De inschatting is dat vanaf 2015 CO<sub>2</sub> geïnjecteerd kan worden in het Nederlands Continentaal Plat (inschatting studie NOGEP). De winningsvergunningen van deze velden liggen bij verschillende operators (NAM, Gaz de France, Total, Wintershall). Omdat de Noordgastransport-leiding (NGT-leiding) zeker tot 2023 gebruikt zal worden voor gastransport, dient een nieuwe *trunk line* van meer dan 200 kilometer aangelegd te worden van de Eemshaven naar de betreffende gasvelden. Ook hier geldt dat Gasunie als uitgangspunt hanteert dat dezelfde leiding voldoende capaciteit heeft voor het transport van de CO<sub>2</sub> van NUON en RWE in de marktgedreven fase (maximaal 11,5 Mton CO<sub>2</sub>/jaar). Het CO<sub>2</sub>-transport zal in de vloeistoffase bij een druk van rond de 100 bar plaatsvinden, zodat op land een compressorstation vereist is. Een andere optie is de CO<sub>2</sub> eerst per schip van de Eemshaven naar het Nederlands Continentaal Plat te transporteren.



#### 4.3.2.2 Oxy-fuel combustion

SEQ International wil, in een samenwerkingsverband met Siemens, Clean Energy Systems en Corus, bij Corus een grootschalige demo CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie realiseren (ZEPP). Hiertoe wordt momenteel een uitgebreide haalbaarheidsstudie uitgevoerd. De planning is om deze demo (maximaal 1 Mton CO<sub>2</sub>-opslag) einde 2010 in bedrijf te nemen (fase 1).

In figuur 4.2 wordt het proces van een dergelijke CO<sub>2</sub>-afvanginstallatie geschetst. Indien de demo een succes wordt, zal de installatie in IJmuiden opgeschaald kunnen worden naar 4 tot 5 Mton CO<sub>2</sub> afvang per jaar, 200 MWe schaalgrootte (fase 2). Een beslissing hierover vindt naar verwachting in 2011-2012 plaats. Het Q8A-veld biedt voor die schaalgrootte niet voldoende opslagcapaciteit. SEQ

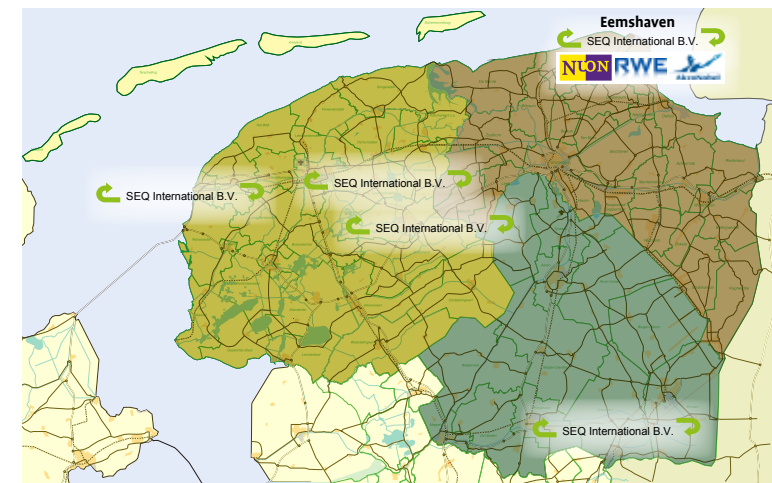


Figuur 4.2 Proces ZEPP (Zero Emission Power Plant)

Bron SEQ International B.V.

International wil dan aansluiting zoeken bij grootschalige CO<sub>2</sub>-initiatieven vanuit RCI (*Rotterdam Climate Initiative*) of elders (met name offshore).

Parallel aan het project in IJmuiden wil SEQ International in de periode 2012 tot 2015 vier of vijf projecten opstarten in Noord-Nederland (zie figuur 4.3). Zuidoost-Drenthe, Drachten, Harlingen en Bergum zijn potentiële locaties, evenals Eemshaven – indien daar een LNG-installatie (*Liquefied Natural Gas*-installatie) gerealiseerd wordt. De keuze voor deze locatie is net zoals in IJmuiden gekoppeld aan de beschikbaarheid van een gasveld, zuurstof, warmte, koelwater en elektriciteitsafzet.



Figuur 4.3 Locaties van de CCS-initiatieven

In totaal betekent dit een energieproductiepotentieel van circa 1.000 MWe rond 2020. Afhankelijk van het inzetprofiel, de efficiency van de centrale en de gaskwaliteit zal in deze projecten in totaal circa 3,5 Mton CO<sub>2</sub> per jaar worden afgevangen en opgeslagen. Daarbij is het doel om CO<sub>2</sub> in de eerste plaats als extra hulpstof bij de gaswinning in te kunnen zetten – de zogenaamde *Enhanced Gas Recovery (EGR)*-techniek – of anders de CO<sub>2</sub> te leveren aan grotere tuinbouwgebieden.

#### 4.4 Marktgedreven fase

In deze fase is CCS commercieel haalbaar. De techniek is verder ontwikkeld en de belangrijkste onzekerheden en knelpunten zijn weggenomen. Handelen in afgevangen CO<sub>2</sub> is aantrekkelijk geworden, zowel vanuit het perspectief van hergebruik, als vanuit het ETS om de beschikbare opslagcapaciteit te benutten. Noord-Nederland neemt hier een internationale koploperspositie in en exporteert de opgedane kennis, ervaring en technologie.

De Noord-Nederlandse CO<sub>2</sub>-afvangprojecten die zijn gestart in de implementatiefase, vormen de basis van de CCS-projecten in de marktgedreven fase.

Geen enkel individueel gasveld in Noord-Nederland heeft voldoende capaciteit om alle afgevangen CO<sub>2</sub> gedurende de looptijd van de installaties te kunnen opslaan. Dit impliceert dat er een nieuwe pijpleiding gedurende de looptijd van de projecten zal moeten worden aangelegd. Onshore zijn er clusters van kleinere velden met een totale opslagcapaciteit van circa 1.000 Mton die goed toegankelijk zijn. Offshore geldt een vergelijkbare situatie. Na het benutten van de capaciteit van een cluster van velden zal nieuwe infrastructuur moeten worden aangelegd naar een ander cluster met toegankelijke opslagcapaciteit. Op lange termijn vormen opslag in het Groningenveld of offshore in de Utsira Formatie bij het Sleipner productieplatform (Noorwegen) kansrijke opties.

Naast de opslag van CO<sub>2</sub> zullen in deze fase de mogelijkheden toenemen om hoge concentraties CO<sub>2</sub> te hergebruiken in de industrie en voor de productie van grondstoffen.

Daarnaast is op de lange termijn wenselijk dat een internationaal netwerk van CO<sub>2</sub>-transportleidingen ontstaat met vertakkingen naar het buitenland en RCI (*Rotterdam Climate Initiative*), vergelijkbaar met het huidige gastransportnet. Hierin wil Noord-Nederland de 'hub-positie' innemen.



Figuur 4.4 Een overzicht van de verschillende fasen CCS

In het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 5, wordt ingegaan op de businesscase Noord-Nederland. Na afbakening van de businesscase en een overzicht van de uitgangspunten en aannames, worden de globale investeringen en operationele kosten benoemd. Vervolgens worden de resultaten van de businesscase onshore en offshore weergegeven, evenals een overzicht van het totale afvangpotentieel van de projecten in Noord-Nederland. Daarna worden de mogelijkheden van gewenste financiële ondersteuning uitgewerkt. Tot slot worden de conclusies van de businesscase op een rijtje gezet.



## 5. BUSINESSCASE NOORD-NEDERLAND

## 5. BUSINESSCASE NOORD-NEDERLAND

Dit hoofdstuk beschrijft de businesscase CCS Noord-Nederland. Deze bestaat uit:

- *large scale* demoproject NUON;
- demoproject van RWE;
- de *full scale* projecten van NUON (*pre-combustion*), RWE (*post-combustion*) en SEQ International (*oxy-fuel combustion*);
- projecten op het gebied van hergebruik van CO<sub>2</sub>.

Vervolgens worden de uitgangspunten en aannames die hierbij een rol hebben gespeeld, nader uitgewerkt. Ook worden de globale investeringen en operationele kosten getoond. Daarna volgt een overzicht van de resultaten onshore en offshore, inclusief vermelding van het totale afvangpotentieel van de projecten in Noord-Nederland. Bovendien worden mogelijkheden van gewenste financiële ondersteuning beschreven. Ten slotte worden de conclusies van de businesscase overzichtelijk weergegeven.

DHV heeft een investeringsmodel gemaakt waarmee enerzijds de kosten voor de CCS-keten uitgedrukt worden in euro per ton CO<sub>2</sub> en anderzijds de benodigde CO<sub>2</sub>-prijs voor een rendabele businesscase kunnen worden berekend. De *full scale* projecten van RWE (met opslag offshore of onshore), SEQ International, het demoproject van RWE en het *large* en *full scale* project van NUON zijn met dit model doorgerekend. Als basis voor de businesscase zijn cijfers gebruikt die aangeleverd zijn door de betrokken bedrijven. In onderstaande paragrafen worden de uitgangspunten, de input voor en de resultaten van de businesscase nader toegelicht.

### 5.1 Afbakening businesscase

De businesscase Noord-Nederland bestaat uit meerdere projecten. Naast de pilotprojecten op het gebied van hergebruik van CO<sub>2</sub> en opslag van CO<sub>2</sub> in een *aquifer* (CO<sub>2</sub>ANN), zullen AkzoNobel en RWE een demoproject starten. Het project van AkzoNobel staat in het teken van onderzoek naar optimalisatie van afvangtechnieken. De in dit project afgevangen hooggeconcentreerde CO<sub>2</sub> (ca. 100.000 ton/jaar) zal bij voorkeur worden hergebruikt in nabijgelegen bedrijven zoals BioMCN en Brunner Mond. Het demoproject van RWE, dat twee jaar in bedrijf zal zijn, is erop gericht om zo effectief mogelijk de techniek op te schalen naar *full scale*. RWE wil de eerste *full scale* lijn in 2017 in bedrijf nemen.

Afhankelijk van de ontwikkeling van de markt voor CO<sub>2</sub> en de ervaringen zal RWE per twee jaar een extra lijn realiseren (maximaal vier lijnen).

SEQ International is van plan haar demoproject uit te voeren bij Corus in IJmuiden. Vervolgens wil zij haar *oxy-fuel combustion* techniek in vier tot vijf projecten in Noord-Nederland *full scale* realiseren. De beoogde locaties hiervoor zijn Eemshaven, Harlingen, Drachten, Bergum en Zuidoost-Drenthe. NUON voert momenteel een pilotproject uit in Buggenum om de *pre-combustion* afvangtechniek te optimaliseren. In 2013 wil NUON deze techniek *large scale* demo realiseren; in 2020 zou vervolgens opgeschaald kunnen worden naar *full scale*, als de marktomstandigheden en de technologie zich positief blijven ontwikkelen.

De geplande investeringen van NUON, RWE en SEQ International zijn lange-termijninvesteringen (30 jaar). De aan deze projecten gerelateerde investeringen voor opslag en transport van CO<sub>2</sub> door NAM respectievelijk Gasunie, zijn zelfs voor nog langere termijn als gevolg van de gefaseerde inbedrijfstelling van de installaties. Om een goed beeld te krijgen van de kosten voor CCS in Noord-Nederland per project (euro per ton CO<sub>2</sub>) is voor deze drie (*full scale*) projecten een businesscase opgemaakt. Hierbij zijn voor de projecten van RWE en NUON twee scenario's doorgerekend: transport en opslag onshore in Noord-Nederland, en transport en opslag offshore in NCP. Het project van SEQ International staat op zichzelf en is doorgerekend inclusief transport en opslag van CO<sub>2</sub>.

### 5.2 Uitgangspunten en aannames

Er bestaan op dit moment nog verschillende onzekerheden die de businesscase beïnvloeden. Voorbeelden hiervan zijn de ontwikkeling van de CO<sub>2</sub>-prijs in ETS, de status van de technologieën en de staal-, engineering- en brandstofprijzen. In het model zijn voor deze onzekerheden aannames gedaan. Daarnaast is voor alle drie de projecten uitgegaan van één set financiële uitgangspunten. De volgende uitgangspunten en aannames zijn gehanteerd:

- De gebruikte getallen kennen een grote onzekerheid (circa 50%) als gevolg van de onduidelijkheid over de ontwikkeling van de kosten, technologische ontwikkelingen, schaalgroottevoordelen en staal-, engineering- en brandstofprijzen. De voorlopige kosteninschattingen zijn tot stand gekomen in overleg met de betrokken bedrijven.

- De CAPEX- en OPEX-getallen van NUON, RWE en SEQ International beschrijven de investerings- en operationele kosten voor de CO<sub>2</sub>-afvang (inclusief compressiekosten).
- Genoemde bedragen zijn gebaseerd op het prijspeil van 2008.
- Aanneمة elektriciteitsprijs van 70€/MWh in 2008 (geïndexeerd met 2% per jaar).
- De investeringen van RWE, NUON en SEQ International worden gedaan voor een periode van 30 jaar (afschrijvingstermijn) en starten in de implementatiefase en lopen door tot in de marktgedreven fase.
- De investeringen van de NAM en Gasunie worden gedaan voor een periode van 40 jaar (afschrijvingstermijn).
- De afschrijvingstermijn voor de demoprojecten van RWE en AkzoNobel is twee jaar.
- De gehanteerde WACC (gewogen gemiddelde kosten van het vermogen van een bedrijf) na afdracht van vennootschapbelasting is 8%; de indexatie is 2%.

### 5.3 Investerings- en operationele kosten

Voor de businesscase zijn de jaarlijkse operationele kosten (OPEX) van groot belang. Gemiddeld bedragen de jaarlijkse kosten 20% van de investeringskosten (CAPEX). De investeringen voor CO<sub>2</sub>-afvang bij NUON en RWE zijn inschattingen inclusief de investeringen voor compressie. Voor deze projecten geldt dat de kosten voor transport en opslag ten opzichte van de kosten van CO<sub>2</sub>-afvang marginaal zijn. NUON en RWE maken gebruik van één pijpleiding richting een gasveld in Noord-Nederland. De kosten voor transport en opslag zijn in het investeringsmodel naar rato van het aantal ton afgevangen CO<sub>2</sub> per project verdeeld. De afvangkosten bestaan uit verschillende elementen. Een belangrijk element van de operationele kosten voor de afvang van CO<sub>2</sub> vormen de energieproductieverliezen (*make up power*).

Een tweede scenario is om de afgevangen CO<sub>2</sub> van NUON en RWE offshore op te slaan in het Nederlands Continentaal Plat (NCP). Hiervoor zal een nieuwe 24 inch pijpleiding offshore moeten worden aangelegd. De aanleg van een offshore pijpleiding kost circa 1,56 miljoen euro per kilometer. Voor circa 200 kilometer

betekent dit een investering van 312 miljoen<sup>1</sup> euro. De investeringskosten van CO<sub>2</sub>-opslag offshore zijn hoger dan die voor opslag onshore. McKinsey & Company geeft in haar studie aan dat de kosten circa drie keer zo hoog zijn als gevolg van additionele investeringen in putten, pompen en platforms. In de businesscase Noord-Nederland gaan we ervan uit dat gemiddeld elke 13 jaar nieuwe investeringen moeten worden gedaan in uitbreiding van het offshore-netwerk, als gevolg van het vol raken van de aardgasvelden. De operationele kosten schatten McKinsey & Company relatief laag en gelijk in voor onshore en offshore opslag als gevolg van de hoge mate van automatisering van deze systemen.

SEQ International wil vijf projecten in Noord-Nederland te realiseren (totaal 1.000 MWe, 3,5 Mton CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag). In het investeringsmodel is één *full scale* project van SEQ International doorgerekend uitgaande van de investeringen, operationele en financieringskosten voor de CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag. Er mag van uitgegaan worden dat de investerings- en operationele kosten voor elk opvolgend project, ondanks het feit dat het maatwerk per locatie blijft, zullen afnemen. Het demoproject van SEQ International vindt plaats bij Corus in IJmuiden.

Voor het project bij AkzoNobel geldt dat een aanpassing van het ontwerp, dat in het vierde kwartaal van 2008 wordt uitgewerkt, naar verwachting resulteert in aanzienlijk lagere kosten (CAPEX en OPEX) en een aanzienlijk hogere capaciteit.

### 5.4 Resultaten businesscase

Uitgaande van bovenstaande uitgangspunten, aannames en kosteninschattingen is een inschatting van de kostprijs per afgevangen ton CO<sub>2</sub> per project inclusief financieringskosten gemaakt.

#### Onshore

- De geschatte kosten voor de gehele CCS-keten per ton CO<sub>2</sub> voor opslag onshore liggen tussen de 40 en 60 euro per ton (prijspeil 2008).

#### Offshore

- De geschatte kosten voor de gehele CCS-keten per ton CO<sub>2</sub> voor opslag offshore zijn vastgesteld tussen de 50 en 69 euro per ton (prijspeil 2008).

<sup>1</sup> McKinsey & Company, Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics, september 2008.

### Potentieel CO<sub>2</sub>-afvang

- Het totale afvangpotentieel van de projecten in Noord-Nederland is 15 Mton CO<sub>2</sub> per jaar; over de gehele periode (2014-2052) bedraagt dit 450 Mton CO<sub>2</sub>. Tabel 5.1 toont een overzicht van het afvangpotentieel per project in tonnen CO<sub>2</sub> per jaar.

Tabel 5.1 Potentieel CO<sub>2</sub>-afvang per project per Mton CO<sub>2</sub> per jaar

CO <sub>2</sub> Mton afvang/jr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Na 2023
AkzoNobel	0,1 <sup>2</sup>	0,1									
SEQ International		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
NUON	2,5 <sup>3</sup>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4,3	4,3	4,3	4,3
RWE demo			0,2	0,2							
RWE					1,8	1,8	3,6	3,6	5,4	5,4	7,2
Totaal CO <sub>2</sub> -afvang businesscase NNL	2,6	3,3	3,4	3,4	5,0	5,0	6,8	8,6	10,4	10,4	12,2

<sup>2</sup> Datum inbedrijfstelling pilot AkzoNobel nog niet bekend

<sup>3</sup> NUON is van plan in 2013 CO<sub>2</sub> af te vangen. NUON start dus voorafgaand aan de implementatiefase

SEQ International heeft de ambitie om vier tot vijf met name decentrale projecten te realiseren in Noord-Nederland, met een beoogde totale elektriciteitsopwekkingcapaciteit van circa 1.000 MWe. Elk project zal gemiddeld bij vollast operaties ongeveer 0,7 Mton CO<sub>2</sub> per jaar afvangen (bij 200 MWe schaalgrootte). Totaal over een voorziene periode van 10 jaar (2013-2023) wordt hiermee circa 3,5 Mton per jaar additionele afvangcapaciteit gerealiseerd. De totale potentie van CO<sub>2</sub>-afvang in Noord-Nederland per jaar wordt weergegeven in tabel 5.2.

Tabel 5.2 Potentieel CO<sub>2</sub>-afvang, inclusief additionele projecten van SEQ International per Mton CO<sub>2</sub> per jaar

CO <sub>2</sub> Mton afvang/jr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Na 2023
Totaal CO <sub>2</sub> -afvang businesscase NNL	2,6	3,3	3,4	3,4	5,0	5,0	6,8	8,6	10,4	10,4	12,2
SEQ International				0,7	0,7	1,4	1,4	2,1	2,1	2,8	2,8
Totaal potentieel CO <sub>2</sub> -afvang NNL	2,6	3,3	3,4	4,1	5,7	6,4	8,2	10,7	12,5	13,2	15,0

## 5.5 Financiering

Partijen zijn het erover eens dat op dit moment de afvang-, transport- en opslagstechnologie nog niet volwassen is, terwijl de noodzaak voor deze klimaatvriendelijke technologie toeneemt. Het is daarom belangrijk dat de overheid ondersteuning biedt aan de industrie om de leercurve versneld te kunnen doorlopen en zodoende de marktgedreven fase dichterbij te brengen. Zoals gebleken is uit de voorlopige businesscaseresultaten, ligt de grootste kostenpost bij de investeringskosten en operationele kosten van afvanginstallaties. Het is dan ook zinvol om hier de meeste ondersteuning te bieden.

Tevens verdient het de aanbeveling om ook ondersteuning te bieden aan het nu al aanleggen van grootschalige infrastructuur. Op deze manier wordt het opschalen van afvanginstallaties in de toekomst niet onnodig vertraagd, omdat blijkt dat opnieuw extra transport- en opslagcapaciteit aangelegd moet worden. Gezien de gunstige ligging van Eemshaven en andere puntbronnen ten opzichte van opslagvolumes gaat het, zeker in vergelijking met andere initiatieven, om een beperkte investering.

Er zijn verschillende mogelijkheden om de bovengenoemde financiële ondersteuning te verlenen. Per instrument geldt dat deze verder uitgewerkt dient te worden.

**Investeringsubsidie**

- Door een subsidie op de CAPEX wordt de barrière voor investeerders, met name in afvanginstallaties, verlaagd. Mogelijk nadeel is ongelijke concurrentie tussen initiatiefnemers.

**CO<sub>2</sub>-garantieprijs**

- Door een gegarandeerde minimum CO<sub>2</sub>-prijs kan investeerders meer zekerheid geboden worden over de te verwachten inkomsten. Hiermee kan de risicopremie van kapitaal worden verlaagd.

**Verdubbeling CO<sub>2</sub>-rechten in de demofase (double/multiple credits)**

- De Europese Commissie heeft voorgesteld het ETS te gebruiken om middelen vrij te maken voor de ontwikkeling van CCS. Installaties die gebruik maken van CCS zouden bij de *multiple credits*-benadering dubbele of zelfs *multiple credits* ontvangen voor elke afgevangen en opgeslagen ton CO<sub>2</sub>. Hiermee worden prikkels gegeven aan de industrie.

**Onrendabele top-vergoeding**

- Het risico ligt met dit instrument meer bij de nationale overheid en is analoog aan de onrendabele top-vergoeding voor duurzame energie. De overheid kan bijvoorbeeld beslissen gedurende een periode van tien jaar het kostenverschil tussen CCS CO<sub>2</sub>-neutraal geproduceerde elektriciteit en grijze elektriciteit te vergoeden. Dit kan ingepast worden in bestaande regelingen.

**5.6 Conclusies businesscase****Afvangpotentieel**

- Het CO<sub>2</sub>-afvangpotentieel beschreven in de businesscase is 12,3 Mton CO<sub>2</sub> per jaar.
- Op basis van de huidige plannen en ambities is het totale afvangpotentieel in Noord-Nederland 15 Mton CO<sub>2</sub> per jaar. Het totale CO<sub>2</sub>-afvangpotentieel over de gehele periode (2014-2052) bedraagt 450 Mton.

**Kostprijs**

- De kostprijs per project verschilt. Uitgaande van een geïndexeerde opbrengst voor CO<sub>2</sub> ligt de kostprijs tussen de 40 en 60 euro per ton CO<sub>2</sub> (2008). Deze kosten zijn inclusief transport en opslag onshore.

**Investeringsen**

- Het totale investeringsbedrag, inclusief transport en opslag onshore is 2,2 miljard euro.
- Het totale investeringsbedrag, inclusief transport en opslag offshore is 2,6 miljard euro.

**Operationele kosten**

- De operationele kosten van de CO<sub>2</sub>-afvang worden voornamelijk bepaald door de additionele warmte- en elektriciteitsvraag, die een rendementsverlies van de elektriciteitsproductie-eenheid tot gevolg heeft.
- Wanneer de investeringen voor transport en opslag op korte termijn beschouwd zouden worden, zijn deze relatief belangrijk (in het licht van eenmalige investeringen). Maar op de lange termijn beschouwd (40 jaar) zijn de kosten slechts 1 tot 1,5 euro per ton onshore en 6 tot 9,5 euro per ton offshore.

Het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 6, geeft een overzicht van het beleidskader en de wetgeving voor CCS. Op internationaal, Europees en nationaal niveau worden besluiten genomen, afspraken gemaakt en wetgeving vastgesteld. Veel van deze afspraken en regelingen liggen echter nog niet vast. Het volgende hoofdstuk geeft een overzicht van de relevante vraagstukken op het terrein van CCS-wet- en regelgeving.







## 6. BELEIDSKADER EN WETGEVING CCS

## 6. BELEIDSKADER EN WETGEVING CCS

Het beleidskader en de wetgeving voor CCS zijn nog sterk in beweging. Zowel op internationaal, Europees als nationaal niveau liggen afspraken en regelgeving nog niet geheel vast. In dit hoofdstuk wordt beschreven welke regelingen en afspraken inmiddels zijn gemaakt, en welke van belang zijn voor een succesvolle implementatie van CCS in Noord-Nederland.

### 6.1 Internationaal

#### Kyoto-protocol

Het Kyoto-protocol bevat afspraken tussen de deelnemende landen over CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen en -instrumenten (*Emission Trading System (ETS)*, *Joint Implementation (JI)* en *Clean Development Mechanism (CDM)*) voor de periode 2008-2012. Discussies over de voortzetting van het Kyoto-protocol zijn gaande. De UNFCCC streeft ernaar eind 2009 duidelijkheid te hebben over nieuwe klimaatafspraken na 2012. In het Kyoto-protocol (1997) wordt CCS (onder de naam *carbon dioxide sequestration*) als reductieoptie genoemd, maar niet verder uitgewerkt. Binnen de UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) wordt gediscussieerd over de wijze waarop CCS kan bijdragen aan de nationale Kyoto-doelstellingen en onder welke voorwaarden CCS acceptabel is als reductieproject onder *Clean Development Mechanism (CDM)*.

#### EU gaat door met klimaatbeleid, ongeacht vervolg Kyoto

CCS is expliciet onderdeel van de EU-klimaatstrategie. In een officieel rapport van de Europese Commissie 'Limiting Global Climate Change To 2 Degrees Celsius – The way ahead for 2020 and beyond' (COM(2007) 2, 10 januari 2007) geeft de Commissie duidelijk aan dat zij de ambitie heeft om het klimaatbeleid na 2012 door te zetten en aan te scherpen, onafhankelijk van de resultaten van de besprekingen over de voortzetting van het Kyoto-protocol.

In december 2008 is op Europees niveau overeenstemming bereikt over een samenhangend pakket van voorstellen om het klimaatbeleid van de Europese Unie verder vorm te geven. Onderdelen van dit pakket zijn een CCS Directive<sup>1</sup> en verschillende aanpassingen van de ETS Directive, ten behoeve van CCS. Hierin is onder andere vastgelegd dat er maximaal 300 miljoen credits (afhankelijk

1 COM(2008) 18 final

van de CO<sub>2</sub>-prijs komt dit overeen met 6 tot 9 miljard euro) beschikbaar komen ter financiering van grootschalige CCS-demonstratieprojecten. Deze afspraken laten zien dat CCS een expliciet onderdeel is binnen de klimaatstrategie van de Europese Unie.

Op hoofdlijnen zijn de richtlijnen vastgesteld, maar de doorvertaling ervan naar de Nederlandse wetgeving moet nog verder worden uitgewerkt. Daarmee kan het te ontwikkelen juridisch kader op Europees niveau en de doorvertaling ervan naar de Nederlandse situatie mogelijk leiden tot vertraging van implementatie van CCS.

### 6.2 Nationaal

#### CCS is expliciet onderdeel van de nationale klimaatstrategie

In het 'Werkprogramma Schoon en Zuinig'<sup>2</sup> (september 2007) is het klimaatbeleid van het huidige kabinet weergegeven. CCS neemt hierin een prominente plaats in als een van de routes waarmee de emissiereductiedoelstellingen moeten worden ingevuld. Dit geldt ook voor het Energierapport 2008 en de Innovatieagenda Energie, waarin CCS als een van de pijlers wordt beschreven. Het kabinet wil dat Nederland in Europa tot de koplopers gaat behoren in de ontwikkeling en implementatie van CCS. Noord-Nederland en RCI (*Rotterdam Climate Initiative*) zijn de regionale voorlopers in dit proces.

Het kabinet onderkent dat om CCS op gang te krijgen, er geld en stimulering vanuit de overheid nodig is. Op de langere termijn moet marktwerking op basis van het *Emission Trading Scheme (ETS)* de financiering van CCS kunnen dragen. De overheid zal bij de Europese Commissie moeten bepleiten dat CCS verplicht gesteld wordt bij nieuwe kolencentrales op het moment dat CCS als stand der techniek beschouwd kan worden (*Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC*).

De overheid ondersteunt nu al via een tender pilotprojecten voor CCS (afvang/opslag). Ook subsidieert de overheid onderzoeksprojecten, onder andere via het CATO-programma. De inzet van het kabinet is om twee van de door de EU gewenste twaalf grote demo's voor een elektriciteitscentrale met CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag (CCS) – in 2015 of zoveel eerder als mogelijk – in Nederland te realiseren.

2 Nieuwe energie voor het klimaat, werkprogramma Schoon en Zuinig (september 2007)

### 6.3 Regionaal

Binnen de provincies Groningen, Drenthe en Friesland vormt de verduurzaming van de energiehuishouding, en daaraan gepaard de economische structuurversterking van de regio, een belangrijk speerpunt. De provincies trekken actief samen op. Dit blijkt uit de samenwerking in de Stichting *Energy Valley* en uit het Energieakkoord, dat de noordelijke provincies (inclusief Noord-Holland) op 8 oktober 2007 afgesloten hebben met de ministeries van EZ en VROM. In het Energieakkoord vormt 'schoon fossiel' een van de vijf pijlers. Onder 'schoon fossiel' wordt afvang, transport, opslag en hergebruik van CO<sub>2</sub> verstaan.

#### Het Nederlandse CCS-project (Energienota 2008)

De publiek-private *Taskforce CCS* neemt het voortouw bij het Nederlandse 'Project CCS' van de ministeries van VROM en EZ; met bijdragen van de ministeries van BZ en V&W en de regio's Rijnmond (*Rotterdam Climate Initiative*) en Noord-Nederland. Het doel van dit project is in 2015 grootschalige CCS-demonstratieprojecten te realiseren in Rijnmond en Noord-Nederland, en een basis te leggen voor de verdere uitrol in de periode 2015-2020. Rond 2020 moet CCS marktrijp zijn.

Naast het realiseren van de demonstratieprojecten (voorafgegaan door kleinere proeven) werkt de Taskforce aan:

- Een opvolger van het researchprogramma CATO (CO<sub>2</sub> Afvang, Transport en Opslag), dat in 2008 afloopt.
- Een verkenning van de taakverdeling tussen private en publieke partijen, betreffende de verantwoordelijkheid voor het transport en de opslag van CO<sub>2</sub>, ook voor de lange termijn.
- De voorbereiding van de keuze van opslaglocaties en de totstandkoming van de vereiste CO<sub>2</sub>-infrastructuur.
- Een adequaat juridisch kader en een consequent en helder overheidsbeleid ten aanzien van CCS.
- Prikkels voor het toepassen van CCS. De belangrijkste: het *EU Emission*

*Trading Scheme* (EU ETS) en financiële arrangementen om de onrendabele top van grootschalige demo's te overbruggen.

- Maatschappelijk draagvlak voor (de medewerking aan) de demonstratieprojecten. De Taskforce fungeert voor een breed publiek als dé bron voor betrouwbare, feitelijke informatie over CCS.

#### De fasering

In het project wordt een aantal fasen onderscheiden, waarbij stap voor stap wordt gewerkt aan een industriebrede toepassing van CCS:

1. In 2009 moeten de randvoorwaarden voor CCS zo duidelijk zijn dat bedrijven en regionale partijen vanuit hun verantwoordelijkheid tot investeringsbeslissingen in grootschalige demonstratieprojecten kunnen komen.
2. Tot 2012 komen tenminste vier afvang- en twee opslagprojecten tot stand en wordt de innovatie van CCS doorgezet. De resultaten van deze fase dienen ter ontwikkeling van de grootschalige demonstratieprojecten.
3. Tussen 2012 en 2015 komen er twee grote demonstratieprojecten voor afvang en opslag.
4. Tussen 2015 en 2020 slaan de twee demonstratieprojecten op grote schaal CO<sub>2</sub> op en worden de leereffecten gebruikt ten behoeve van fase 5.
5. Vanaf 2020 wordt het potentieel van CCS volledig en industriebreed benut.

#### De randvoorwaarden

De belangrijkste randvoorwaarden die ingevuld moeten worden, zijn:

- Geschikte technologieën door een samenhangende portfolio van kleinschalige projecten.
- Duidelijkheid over de organisatie van de infrastructuur.
- Duidelijkheid over het juridische kader voor CCS.
- Financiële arrangementen.
- Maatschappelijk draagvlak.

Daarnaast hebben bijna alle gemeenten het akkoord op 25 maart 2008 ondertekend en VNO-NCW Noord en MKB Noord op 23 juni 2008. Het Energieakkoord wordt doorvertaald naar de provinciale en gemeentelijke energie- en klimaatprogramma's.

Noord-Nederland heeft een beleidsvisie 'Diepe ondergrond' opgesteld (2008), waarin CO<sub>2</sub>-opslag nadrukkelijk een plek krijgt. Drenthe wil de voortrekkersrol bij de ontwikkeling van kennis en innovatie voor de opslag van CO<sub>2</sub> in de bodem verder uitbouwen en wijst ondergrondse opslag van gevaarlijke stoffen af.

#### Energieakkoord

De doelen van het Energieakkoord zijn:

- De kabinetsdoelstellingen op het gebied van klimaat en energie helpen realiseren.
- De energiegerelateerde en energie-innovatieve activiteiten in Noord-Nederland versterken en bevorderen waardoor mede een bijdrage kan worden geleverd aan de economische ontwikkeling van Noord-Nederland.

Door de ambities in het Energieakkoord uit te voeren hebben de betrokken partijen de intentie om:

- 40 tot 50 PJ duurzame energie en 4 tot 5 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie in 2011 te realiseren in Noord-Nederland.
- 15 tot 20 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie na 2011 in Noord-Nederland te bereiken - waar mogelijk via CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag - rekening houdend met de omstandigheid dat CO<sub>2</sub>-afvang en -opslag zowel op nationaal als Europees vlak nog volop in ontwikkeling is.

Het akkoord richt zich op vijf pijlers. Een daarvan is schoonfossiele energie: de voorbereidingen voor en eventuele realisatie van CO<sub>2</sub>-opslag en het faciliteren van innovaties op dat terrein. Daarbij wordt onder meer gedacht aan de volgende projecten:

- Een 50 MW ZEPP-centrale in Drachten (on hold) en mogelijke

vervolgprojecten, gebruikmakend van het ZEPP-concept. De leervaringen zouden bij andere projecten kunnen worden benut.

- Het faciliteren en geschikt maken van de 1200 MW NUON Magnum-centrale voor CO<sub>2</sub>-opslag en realisatie van opslag vanaf 2013/2014.
- Het faciliteren en geschikt maken van de 1600 MW RWE-energiecentrale voor CO<sub>2</sub>-opslag en realisatie van opslag vanaf 2015/2016.
- Het faciliteren van de andere initiatieven met betrekking tot CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -(seizoens)opslag in Noord-Nederland, bijvoorbeeld in *aquifers*, gasvelden, zoutcavernes en zoals in de Stroomstudie Zuidoost-Drenthe wordt onderzocht;
- Onderzoek van de mogelijkheden om CO<sub>2</sub> nuttig te hergebruiken in de industrie (bijvoorbeeld Chemiepark Delfzijl) en de glastuinbouw.

Provinciale Staten van Groningen hebben zich in januari 2007 expliciet uitgesproken over de toepassing van CCS in Noord-Nederland en willen dat de Eemsdelta koploper wordt in de veilige opslag van CO<sub>2</sub>. Op 31 januari 2007 is hiertoe een motie aangenomen.

#### Motie CO<sub>2</sub>-opslag

"Provinciale Staten van Groningen, in vergadering bijeen op 31 januari 2007, overwegende dat:

- de vertegenwoordigers van Provinciale Staten in het Algemeen Bestuur van Groningen Seaports de Staten hebben verzocht een standpunt te formuleren over de mogelijke vestiging van twee kolencentrales in de Eemshaven;
- de capaciteit tot opwekking van elektriciteit in Nederland ontoereikend is;
- de vestigingsvoorwaarden in de Eemshaven in beginsel geen beletsel vormen voor de bouw van deze energiecentrales en bijdraagt aan de ontwikkeling van de Eemshaven tot energiehaven;

- uit het oogpunt van klimaatbeleid de uitstoot van CO<sub>2</sub> zeer sterk moet worden verminderd;
- in Noord-Nederland de fysieke, infrastructurele en organisatorische omstandigheden gunstig zijn om een aanvang te maken met grootschalige opslag van CO<sub>2</sub>;
- in Groningen overheden, bedrijfsleven en kennisinstellingen, in onder meer de organisatie *Energy Valley*, kennis ontwikkelen, bundelen en uitwisselen op het gebied van energiewinning, energiedistributie en duurzame energieopwekking;
- roepen het bestuur van Groningen Seaports en het College op om: de bouw van de twee centrales toe te staan, met inachtneming van de vestigings- en vergunningsvoorschriften en medewerking te verlenen aan de benodigde grondtransacties;
- te stimuleren dat afzonderlijke energiecentrales en het hele energiecluster in de Eemshaven als totaal, zo schoon mogelijk en met het hoogst mogelijke rendement opereren, gelet op de gunstige omstandigheden met kracht te streven naar en aan te haken op plannen van de rijksoverheid en de EU tot grootschalige afvang en opslag van CO<sub>2</sub> en daarmee te bevorderen dat de Eemshaven koploper wordt in de afvang en veilige opslag van CO<sub>2</sub>, zo mogelijk vanaf het moment dat de centrales in bedrijf komen.  
en gaan over tot de orde van de dag.”

Daarnaast hebben NUON, de provincie Groningen en het ministerie van VROM op 27 april 2007 een intentieovereenkomst getekend, waarin zij het volgende hebben afgesproken:

1. Samenwerking op het gebied van CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag. De rijksoverheid, de provincie Groningen en NUON willen hierdoor actief een bijdrage leveren aan het versnellen van de transitie naar een duurzame en efficiënte energievoorziening en het behalen van de doelstellingen uit het regeerakkoord tot reductie van CO<sub>2</sub>-emissies met 30% in 2020. Toepassingsgerichte research & development en het daad-

werkelijk realiseren van een grootschalig proefproject voor CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag staan daarbij centraal.

2. Gezamenlijk actief zoeken naar samenwerkingsverbanden met partijen in de gehele keten van CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag.
3. De rijksoverheid spant zich in het kader van de samenwerking in om de noodzakelijke bestuurlijke randvoorwaarden tot stand te brengen voor het faciliteren van CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag. Hierbij gaat het onder meer om de realisatie van een adequaat Europees wettelijke kader op dit gebied, het erkennen van CO<sub>2</sub>-opslag als CO<sub>2</sub>-reducerende maatregel binnen het EU ETS en het wegnemen van eventuele barrières in en het creëren van nationaal beleid en/of regelgeving.
4. De provincie Groningen spant zich in het kader van de samenwerking in om als regisseur op te treden om de verschillende partijen die in het proces van afvang, transport en opslag noodzakelijk zijn, te faciliteren en te ondersteunen. Dit betreft naast de vergunnings-technische voorwaarden het samenbrengen en organiseren van het samenwerkingsproces.
5. NUON spant zich in om de te ontwikkelen schone kolencentrale in de Eemshaven, NUON Magnum, CO<sub>2</sub> *capture-ready* voor te bereiden. Dat wil zeggen dat de centrale in een volgende fase de mogelijkheid heeft CO<sub>2</sub>-afvang technisch in te passen. Grootschalige CO<sub>2</sub>-afvang is op deze centrale onder de juiste condities vanaf 2013 realiseerbaar. Als eerste stap wil NUON in haar centrale in Buggenum een kleinschalig demonstratieproject voor CO<sub>2</sub>-afvang realiseren. In dit kader is het voor NUON van essentieel belang om met andere partijen samen te werken.

In november 2007 hebben Provinciale Staten van de provincies Drenthe, Friesland en Groningen een slotverklaring energie- en klimaatbeleid opgesteld over het effectief gestalte geven aan het Noord-Nederlandse energiebeleid. Met deze verklaring is de intentie uitgesproken om meer in overeenstemming en meer in gezamenlijkheid het energie- en klimaatbeleid vorm te geven.

## Potentiële ondersteuningsmiddelen

### Internationaal

#### ETP ZEP

De *Europese Technology Platforms* (ETP's) zijn bedoeld om Europese samenwerking op het gebied van langetermijnonderzoek en -ontwikkeling te bevorderen. *Zero emission fossil fuel power plants* (ZEPP's) vormen een van deze ETP's. Het doel is tien tot twaalf demonstratieprojecten in Europa te realiseren.

#### ETS

De opbrengsten uit de veiling van emissierechten (*Emission Trading Scheme*) zouden voor een deel gealloceerd kunnen worden voor CCS of klimaatbeleid, bijvoorbeeld verdeeld aan de hand van de *Trias Energetica* (besparen, duurzame energie en schoon fossiel - CCS).

### Nationaal

#### FES

Het Fonds Economische Structuurversterking werd in 1995 opgericht met de bedoeling de meevallers van de aardgasbaten in een apart fonds onder te brengen. De totale begroting van het FES bedraagt circa 2 miljard euro.

#### CATO-2

Het CATO-programma (CO<sub>2</sub> Afvang, Transport en Opslag) is het centrale kennisnetwerk voor CCS in Nederland. In dit programma is naar verwachting circa 25 miljoen euro beschikbaar.

### Innovatieagenda Energie

In de Innovatieagenda Energie is tot doel gesteld dat in 2020 twee groot-schalige demo's voor opslag van CO<sub>2</sub> zijn gestart. De prioriteit wordt bij *pre-combustion* en *oxy-fuel combustion* gelegd. Er is 30 miljoen euro voor het thema nieuw gas, waar CCS onder valt, beschikbaar.

### UKR

De UKR (Unieke Kansen Regeling) stimuleert projecten waarin Nederlandse marktpartijen en niet-marktpartijen samenwerken aan de transitie naar een duurzame energiehuishouding. De UKR 'Innovatieve afvang van CO<sub>2</sub>' stimuleert projecten die gericht zijn op de afvang van CO<sub>2</sub>. In de laatste tender was hiervoor een budget van ongeveer 32 miljoen euro beschikbaar.

### Regionaal

#### Koers Noord/OP EFRO

Om de regionale economie in Groningen, Friesland en Drenthe te versterken stelt het ministerie van Economische Zaken 80 miljoen euro beschikbaar voor de periode 2007-2010. Het Samenwerkingsverband Noord-Nederland (SNN) stelt bovenop dit bedrag nog eens 40 miljoen euro beschikbaar.

De subsidie van het ministerie van Economische Zaken is bestemd voor de versterking van de sectoren energie, watertechnologie, sensortechnologie en agribusiness. Naast het programma Koers Noord is voor de versterking van de noordelijke economie voor de komende programmaperiode (2007-2013) circa 250 miljoen euro beschikbaar vanuit het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO).

## 6.4 Wetgeving

Op 17 december 2008 zijn door het Europese Parlement wetsvoorstellen aangenomen met betrekking tot CCS. De belangrijkste afspraken zijn vastgelegd in een CCS Directive. De hiermee samenhangende CCS-Richtlijn en ETS-Richtlijn worden in de volgende paragrafen beschreven. Daarnaast komt de vergunningsprocedure voor CCS en ETS aan bod.

### 6.4.1 CCS-Richtlijn

Op 23 januari 2008 is door de Europese Commissie een eerste voorstel voor een CCS Directive gepubliceerd. Na een periode van 11 maanden is in december 2008 overeenstemming bereikt over de exacte inhoud van de CCS-Richtlijn.



De aangenomen teksten in deze richtlijn bieden de juridische basis voor CCS, omdat hierin onder meer vergunningplicht, MER-plicht, monitoring en toezicht worden geregeld. Enkele belangrijke afspraken uit de CCS-Richtlijn zijn:

- Er komen 300 miljoen credits beschikbaar uit de nieuwkomersreserve ter financiering van de twaalf benodigde grootschalige CCS-demonstratieprojecten. Afhankelijk van de CO<sub>2</sub>-prijs komt dit overeen met 6 tot 9 miljard euro.
- Nieuwe elektriciteitscentrales groter dan 300 MW moeten onder bepaalde voorwaarden ruimte reserveren om installatie van CO<sub>2</sub>-afvangtechnieken in de toekomst mogelijk te maken.

Vanuit de CCS Directive wordt voorafgaande aan een vergunningaanvraag een uitgebreide *site characterisation* en *assessment* vereist. In een *site assessment* moet de opslaglocatie worden geanalyseerd en gemodelleerd. Een *risk assessment* moet laten zien welke eventuele lekkagerisico's er zijn.

Relevant voor de realisatie van CCS in Noord-Nederland zijn:

#### Aansprakelijkheid op de lange termijn

- In de richtlijn is vastgesteld dat overdracht van een gevuld reservoir naar de staat kan plaatsvinden na een stabiele periode van minimaal twintig jaar. Onder bepaalde omstandigheden kan deze periode korter zijn.

#### Omzetten in Nederlandse wetgeving

- Een vergunningplicht vanuit de Europese CCS Directive zal waarschijnlijk via de Mijnbouwwet geregeld gaan worden, met als toezichthouder het ministerie van Economische Zaken (Staatstoezicht der Mijnen).

#### MER-procedure

- De CCS-Richtlijn wijst de volgende CCS-installaties aan als MER-plichtig:
  - afvang (meer dan 1,5 Mton per jaar);
  - transport (diameter groter dan 800 millimeter en een lengte groter dan 40 kilometer);
  - opslag.
- In het AMESCO-project (Algemene Milieu Effecten Studie CO<sub>2</sub> Opslag) is een MER voor opslaginstallaties voorbereid. Het doorlopen van een MER-procedure kost doorgaans circa 9 maanden, maar het kan langer duren als een onderwerp nieuw is of als er veel uiteenlopende belangen zijn.

#### Wm-vergunning

- De CCS-Richtlijn geeft aan dat een afvanginstallatie onder de IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) valt. Daarmee zal een afvanginstallatie vergunningplichtig zijn onder de Wet Milieubeheer.

#### Vergunningprocedure

- De vergunningprocedure voor een opslagvergunning zoals beschreven in de CCS-Richtlijn is afhankelijk van de wijze waarop deze vertaald wordt in de Nederlandse wetgeving. Eventueel gaat er nog een 'exploratievergunning' vooraf aan een uiteindelijke opslagvergunning. De vergunningaanvraag voor opslag moet onderbouwd worden met een uitgebreide *site assessment*. Beoordeling en goedkeuring van de vergunningaanvraag is de verantwoordelijkheid van de individuele lidstaat. Wel moet voor elke individuele vergunningaanvraag rekening gehouden worden met een termijn van zes maanden voor een review door de Europese Commissie.

#### Vergunningaanvraag moet ook een CCS-monitoringplan bevatten

- Deze monitoring is vooral gericht op de integriteit van de opslag en de detectie van eventuele lekkages.

#### 6.4.2 ETS-Richtlijn

Sinds 2005 is het emissiehandelssysteem (ETS) in Europa operationeel. Naast de afspraken voor de CCS-Richtlijn, is op 17 december 2008 ook overeenstemming bereikt over aanpassingen binnen de ETS-Richtlijn. Hierbij gaat het om aanpassingen van het emissiehandelssysteem, inclusief aanpassingen om CCS mogelijk te maken binnen het ETS. Deze aanpassingen zijn erg belangrijk, omdat hiermee zekerheid wordt gegeven over de financiering van CCS op termijn. De aangenomen aanpassingen komen erop neer dat vanaf 2013 CCS-activiteiten onder het ETS vallen, afvang-, transport- en opslaginstallaties een ETS-vergunning en -monitoringplan nodig hebben en elk jaar een monitoringrapportage zullen moeten indienen. De oorspronkelijke emittent die onder het ETS-systeem valt en CO<sub>2</sub> via een afvanginstallatie laat transporteren en opslaan, hoeft voor deze emissies géén emissierechten in te leveren. Hierdoor ontstaat er voor deze emittent een financieel voordeel dat op de lange termijn zorg moet dragen voor de financiering van CCS. Tevens is afgesproken dat tenminste 50% van de veilingopbrengsten uit het ETS aantoonbaar moeten worden ingezet voor klimaatbeleid of zaken gerelateerd aan klimaatbeleid.

Relevant voor de realisatie van CCS in Noord-Nederland zijn:

#### Biomassa

- CO<sub>2</sub> afkomstig van biomassa wordt binnen ETS als 0-emissie gezien, vanwege het kortcyclische karakter van deze emissies. In de huidige voorstellen (aanpassing ETS Directive) wordt de optie om CO<sub>2</sub> afkomstig uit biomassameestook af te vangen niet expliciet behandeld en is het onduidelijk of dit in aanmerking komt voor een financiële waardering. Dit is een omstrede issue. Uit milieuoogpunt maakt het immers niet uit waar de CO<sub>2</sub> vandaan komt die opgeslagen wordt. Het is van belang dat partijen worden aangemoedigd om zoveel mogelijk CO<sub>2</sub> af te vangen. Dit punt moet opgehelderd worden. Zowel NUON als RWE zijn voornemens om biomassa mee te stoken in de door hen geplande centrales in de Eemshaven.

#### Aansprakelijkheid lekverliezen opslag

- In het huidige voorstel worden lekverliezen die mogelijk kunnen ontstaan door lekkage van het opslagreservoir beschouwd als een emissie onder ETS. De opslaginstallatie zal in dat geval rechten moeten kopen ter compensatie van de lekkage.

#### Aanpassingen ETS zijn gericht op de periode na 2012

- Indien CO<sub>2</sub>-opslag eerder plaatsvindt, kan de Nederlandse overheid via een *opt-in* installaties bij de Europese commissie voordragen voor opname in het systeem.

#### Aanpassing Nederlandse Wetgeving emissiehandel

- Het Europese emissiehandelssysteem is wettelijk verankerd in de Wet Milieubeheer en in een aantal regelingen en AMvB's (Algemene Maatregel van Bestuur). De aanpassingen op Europees niveau moeten ook in de Nederlandse wetgeving worden doorgevoerd.

#### ETS-monitoringplan

- Een opslaginstallatie zal ook voor het ETS een ETS-monitoringplan moeten opstellen en implementeren. Dit plan betreft vooral de kwantificering van de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die geïnjecteerd wordt en de kwantificering van eventuele lekverliezen.

#### Prijzontwikkeling ETS onzeker

- De enige langetermijninkomstenbron voor CCS bestaat uit de waarde van de CO<sub>2</sub> die ontstaat door de waarde van emissierechten, op het moment dat de CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen. De prijs van CO<sub>2</sub> binnen het ETS

wordt bepaald door marktwerking. Doordat het systeem in ontwikkeling is (verandering van allocatie naar veiling, toetreden luchtvaartsector, veranderingen monitoring en verificatie, toelating projectgebonden emissierechten, ontwikkeling reductiedoelstellingen), is de prijsontwikkeling op langere termijn nog zeer onzeker. De verwachting is dat de prijs van CO<sub>2</sub>-rechten zal stijgen, maar tot welk niveau is onduidelijk. Meerdere financiële partijen hebben de mogelijke prijsontwikkeling van CO<sub>2</sub> onderzocht. De prijsranges die hieruit voortkomen worden in tabel 6.1 weergegeven.

Verschillen in prijsscenario's ontstaan vooral door inschatting van de hoeveelheid import van rechten afkomstig van *Joint Implementation*- en *Clean Development Mechanism*-projecten, en door de inschatting van inzet van gas- c.q. kolengestookte centrales. Betrokken energiebedrijven in Noord-Nederland geven aan de verwachtingen van Point Carbon het meest realistisch te vinden.

Tabel 6.1 Inschatting CO<sub>2</sub>-prijzen in euro per ton CO<sub>2</sub>

Financiële partij	ETS fase 2 2008-2012		ETS fase 3 2013-2020	
	CO <sub>2</sub> -prijs in euro/ ton CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub> -prijs in euro/ ton CO <sub>2</sub>	
	Min	Max	Min	Max
Fortis <sup>5</sup>	27	48	-	100
UBS <sup>6</sup>	25		40	
New Carbon Finance <sup>7</sup>	-		35	55
Point Carbon <sup>8</sup>	30		30	70

<sup>5</sup> Kris Voorspools, 'Special report: post 2012 ETS proposal – impact on Phase two price forecast', februari 2008

<sup>6</sup> Per Lekandrr, Sarah Comper, Alberto Gandolfini, USB investment research, 'EU emission trading scheme', 22 februari 2008

<sup>7</sup> New Carbon Finance, 'EU-ETS deep dive analysis', februari 2008

<sup>8</sup> Point Carbon, 'Updated fair price assessment, phase II EU ETS', 10 maart 2008

### 6.4.3 Inschatting vergunningenprocedure voor CCS en ETS

Op basis van de inschatting in tabel 6.2 is de minimale benodigde tijd voor het voorbereiden en doorlopen van een vergunningprocedure voor CO<sub>2</sub>-opslag circa 2,5 jaar (exclusief bodemprocedure). De eisen voor de *site assessment* staan beschreven in de CCS Directive. Bij opslag op land zal waarschijnlijk ook een Wm-vergunning noodzakelijk zijn. Voor transport en afvang zullen kortere doorlooptijden gelden, omdat er geen *site assessment* noodzakelijk is en er geen CCS-vergunning aangevraagd hoeft te worden. Voor afvang zal een Wm-vergunning (of aanpassing van een bestaande vergunning) nodig zijn. Ook transportleidingen vallen onder de Wet milieubeheer. Hiervoor wordt in 2008 een aparte AMvB Buisleidingen verwacht. Daarnaast valt CO<sub>2</sub>-opslag onder de Rijkscoördinatieregeling.

Tabel 6.2 Inschatting minimale doorlooptijd vergunningprocedure

Afvang en transport	2008				2009				2010				2011				2012			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
MER-procedure																				
VM-vergunningprocedure																				
ETS-vergunningprocedure																				

Opslag	2008				2009				2010				2011				2012			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Site assessment																				
MER-procedure																				
VM-vergunningprocedure																				
CCS-vergunningprocedure																				
ETS-vergunningprocedure																				

#### Noors beleid en wetgeving

In Noorwegen beseft men dat de energievraag door de verdere industrialisering de komende decennia sterk zal toenemen. Om aan deze energievraag te voldoen zijn er plannen voor de bouw van nieuwe centrales. Omdat de CO<sub>2</sub>-emissie in Noorwegen ruim boven de Kyoto-doelstelling ligt, waren maatregelen nodig. In Noorwegen is een nationaal programma (Klimit) opgesteld. Noorwegen is een CO<sub>2</sub>-tax gaan heffen, waardoor investeren in ondermeer afvang van CO<sub>2</sub> interessant werd. Noorwegen heeft in de regeringsverklaring van 2005 CCS sterk gepromoot.

Bovenstaande en de beschikbaarheid van het Sleipnerveld hebben ertoe geleid dat er een demonstratieproject loopt, waarbij CO<sub>2</sub> die vrijkomt bij de gaswinning, wordt opgeslagen in de *aquifer* onder de Noordzee.

Op Europees niveau staat een dergelijke CO<sub>2</sub>-tax een *level playing field* en een eerlijke ETS-markt in de weg.

Het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 7, beschrijft waarom Noord-Nederland dé locatie is om CCS op grote schaal aan te wenden. Daarvoor moet echter eerst aan een aantal essentiële randvoorwaarden worden voldaan. Deze worden kort uiteengezet. Ten slotte wordt verwezen naar een overzicht van te nemen stappen voor de implementatie van CCS in Noord-Nederland; per fase en per tijdsperiode.



## 7. ROUTE NAAR CCS IN NOORD-NEDERLAND



## 7. ROUTE NAAR CCS IN NOORD-NEDERLAND

Noord-Nederland is dé locatie om grootschalig CCS toe te passen. Er is politiek en bestuurlijk draagvlak, relevante partijen willen investeren, er is ruimte en er is opslagcapaciteit voorhanden. Maar de realisatie van CCS is kostbaar, zeker in de implementatiefase waarin relatief grote investeringen gedaan moeten worden in afvanginstallaties en transportcapaciteit. In dit hoofdstuk worden de stappen beschreven die doorlopen moeten worden om CCS in Noord-Nederland te realiseren.

### 7.1 Randvoorwaarden

Voordat partijen in Noord-Nederland gaan investeren moet aan een aantal essentiële randvoorwaarden worden voldaan voor zowel de initiële fase, de implementatie- als de marktgedreven fase. Essentiële randvoorwaarden zijn:

#### Beschikbare en betrouwbare technologie

- De afvangtechnieken zijn nog niet bewezen of moeten worden geoptimaliseerd:
  - *Post-combustion*: de keuze van het absorptiemateriaal om grootschalig CO<sub>2</sub> af te vangen en hiermee de hoeveelheid energie die nodig is voor het afvangproces te reduceren.
  - *Pre-combustion*: CO-shift en CO<sub>2</sub>-absorptie worden al meer dan vijftig jaar toegepast, optimalisatie van de technologie en ontwerp en voorbereiding voor grootschalige toepassing bij elektriciteitscentrales zijn nodig.
  - *Oxy-fuel combustion*: technologieoptimalisatie en verminderen van operationele risico's door operationele ervaring en opschaling van technologie zijn nodig.

#### Beschikbaarheid van opslaglocaties

- De komende jaren komen gasvelden beschikbaar die geschikt zijn voor CO<sub>2</sub>-opslag. Daarnaast kan gekeken worden naar opslag in *aquifers*. Door de stijgende olie- en gasprijzen wordt het tijdstip waarop de gasvelden beschikbaar komen voor de opslag van CO<sub>2</sub> vertraagd en mede bepaald door de opbrengsten uit CO<sub>2</sub>-opslag (CO<sub>2</sub>-prijzen). In sommige gevallen kunnen CO<sub>2</sub>-opslag en aardgaswinning elkaar versterken (EGR, *Enhanced*

*Gas Recovery*). Dit is maatwerk per locatie en dient per locatie onderzocht te worden.

- Voor grootschalige afvang van CO<sub>2</sub> zijn (clusters van) opslaglocaties met een grote capaciteit nodig op een zo kort mogelijke afstand van de puntbron(nen).

#### Wijziging Mijnbouwwet ten behoeve van CO<sub>2</sub>-opslag

“Het wetsvoorstel geeft de minister van EZ de bevoegdheid om delen van vergunningsgebieden ter beschikking te stellen aan derden voor opsporing, winning of opslag. Het gaat dan om gebieden waar de vergunninghouder zelf, ook na daartoe te zijn aangemaand, geen relevante activiteiten onderneemt. Hiermee wordt bewerkstelligd dat een niet-actieve vergunninghouder produceerbare of nog te exploreren gasvelden in zijn vergunningsgebied nodeloos lang bezet houdt.”... “Het wetsvoorstel dient er ook toe de mogelijkheden voor opslag van zowel gas als CO<sub>2</sub> in de mijnbouwwetgeving goed te regelen. Grootschalige opslag van gas om seizoensgerelateerde verschillen tussen vraag en aanbod in evenwicht te brengen, kunnen over tien tot vijftien jaar de balansrol van het Groningenveld overnemen. Daarnaast is een belangrijke gebruiksmogelijkheid van lege gasvelden het permanent in de ondergrond opslaan CO<sub>2</sub>.”

Bron [www.regering.nl](http://www.regering.nl)

#### Juridisch kader op Europees niveau

Wat uiteindelijk nodig is om tot een investeringsbeslissing te komen is:

- Vastlegging van heldere afspraken ten aanzien van locatiekeuze, monitoring en overdracht van verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden op de lange termijn.
- Implementatie van de CCS Directive in de Nederlandse wet- en regelgeving.

**Externe financiering op korte en lange termijn**

- Subsidiemogelijkheden initiële en implementatiefase. Ook in de implementatiefase is externe financiering noodzakelijk, omdat de grote investeringen in de afvanginstallatie en de opslag- en transportinfrastructuur nog niet in verhouding staan tot de opbrengst van de nog relatief kleine hoeveelheden opgeslagen CO<sub>2</sub> (EU ETS).
- Aanpassing ETS Directive met afvang, transport en opslag en de mogelijkheid tot overdracht van CO<sub>2</sub> ten behoeve van opslag. Opnemen van CCS in ETS moet zorgdragen voor de financiering van CCS op lange termijn.
- Waarderen van kortcyclische CO<sub>2</sub> afkomstig uit het meestoken van biomassa in het ETS zodanig dat de productie van duurzame energie en CCS niet onder druk komen te staan.
- Minimaliseren van de risico's voor de revenuen uit het emissiehandelsstelsel.
- Implementatie van de ETS Directive in de Nederlandse wet- en regelgeving (Wmb).

**Voldoende publieke acceptatie**

Een belangrijke taak van de rijksoverheid is om consistent, goed en breed te communiceren over onder meer de kansen, bedreigingen en veiligheid van CCS. De noodzakelijke publieke acceptatie, zeker van onshore projecten, moet groeien. De ervaringen die momenteel in het project Barendrecht worden opgedaan, zijn hierbij belangrijk. De publieke perceptie is sterk afhankelijk van:

- Uitgebreide informatie over CCS, in kleine stapjes (oorzaak-gevolgketen) weergegeven. Het brede publiek is nog niet geïnformeerd over CCS, er bestaat nog geen publieke opinie.
- Feitelijke informatie over voor- en nadelen. CCS moet niet worden gepromoot, maar:
  - De informatie moet bij voorkeur verstrekt worden door een wetenschappelijke partij of een milieuorganisatie, want zij worden als betrouwbaar gezien.
  - De overheid moet in de informatieverstrekking de regierol innemen.
  - Een samenwerking van partijen met verschillende belangen bij CCS wekt vertrouwen en maakt publieke communicatie effectiever.
  - Een bevestiging van publieke verwachtingen over motieven van het bedrijf (streeft naar winst) naast onverwachte motieven (vindt

milieu ook belangrijk). Het alleen verstrekken van strategische, sociaal wenselijke informatie wekt wantrouwen.

(Bron: D. Daamen, Universiteit Leiden)

Buren (omwonenden) hebben in het vergunningentraject veel invloed op het verloop van het project. In het project Barendrecht blijkt dat het voornemen om CO<sub>2</sub> onshore op te slaan tot bezwaren leidt van burgers die in de buurt van de opslaglocatie wonen. Communicatie over CCS ter beïnvloeding van de publieke perceptie en acceptatie is dus van wezenlijk belang voor de voortgang van projecten. Hiertoe kan, wanneer de plannen concretere vormen beginnen aan te nemen, bijvoorbeeld een symposium worden georganiseerd. Daarnaast is het belangrijk om lokaal met omwonenden in gesprek te gaan en te zorgen voor voldoende en onafhankelijke informatie.

**Politiek en bestuurlijk draagvlak**

- Consensus binnen het Kernteam CCS over het Plan van Aanpak CCS Noord-Nederland.
- Bestuurlijk draagvlak binnen decentrale overheden.

**Duidelijkheid over het beleid en de richting die de Rijksoverheid voor ogen heeft**

- Eenduidige communicatiestrategie.
- Duidelijkheid over toekomstig beheer opslaglocatie.
- Duidelijkheid welke partij hiervoor verantwoordelijk is.
- Heldere en uniforme afspraken over overdracht na abandonnering.

**7.2 Stappenplan**

Om CCS in Noord-Nederland goed te implementeren zijn verschillende stappen nodig.

In bijlage 3 wordt een eerste aanzet gegeven voor een nadere detaillering van de te doorlopen stappen tot de implementatiefase, met daarbij een inschatting van de periode waarin dit moet worden opgepakt en de relevante stakeholders.

In hoofdstuk 8, het laatste hoofdstuk, worden de conclusies van het rapport uiteengezet.





## 8. CONCLUSIES



## 8. CONCLUSIES

De conclusies van het rapport worden in dit hoofdstuk overzichtelijk weergegeven. Geconcludeerd kan worden dat Noord-Nederland bij uitstek de locatie is om CCS te implementeren. Maar om dit te laten slagen moet aan een aantal randvoorwaarden worden voldaan.

### Regio Noord-Nederland biedt kansen voor CCS

Noord-Nederland is dé regio in Nederland om CCS te realiseren, omdat:

- Noord-Nederland door de komst van grote CO<sub>2</sub>-puntbronnen (groter dan 0,5 Mton) en de aanwezigheid van geschikte opslaglocaties onshore (ca. 7,5 Gton) de gehele CCS-keten herbergt.
- Noord-Nederland door de diversiteit van de geplande demonstratie van afvangtechnieken (*pre-, post- en oxy-fuel combustion*) en de daaraan gerelateerde kennisontwikkeling een leidende positie inneemt.
- De op korte én lange termijn beschikbare onshore CO<sub>2</sub>-opslagmogelijkheden in Noord-Nederland de kans bieden om uit te groeien tot een Europees CO<sub>2</sub>-cluster en een belangrijke positie in te nemen in het (inter)nationale CO<sub>2</sub>-netwerk.
- Noord-Nederland dé gasrotonde van Nederland en Noordwest-Europa vormt en Gasunie zich binnen CCS Noord-Nederland als solide partner positioneert voor de CO<sub>2</sub>-infrastructuur.
- De verschillende ontwikkelingen op het gebied van hergebruik van CO<sub>2</sub> kansen bieden voor verdergaande hoogwaardige CO<sub>2</sub>-reductie binnen Noord-Nederland.

### Samenwerking relevante stakeholders vanaf het begin

Het initiatief om in Noord-Nederland CCS te gaan ontwikkelen wordt gedragen door een Kernteam, waarin alle essentiële partijen voor de CCS-keten vanaf het begin zijn vertegenwoordigd, zowel bedrijven (energieproductie, gastransport, gasproductie en opslag) als overheden en kennisinstututen. Voor de realisatie van de CCS-projecten zal een projectorganisatie moeten worden opgezet.

### Eén Noord-Nederlands Plan van Aanpak met alle onderdelen van de CCS-keten

De samenwerking binnen het Kernteam en het perspectief dat de regio biedt, leiden tot één Noord-Nederlands Plan van Aanpak CCS. Hierin zijn alle onderdelen van de CCS-keten (CO<sub>2</sub>-afvang, -transport, -opslag en -hergebruik) vertegenwoordigd. Het Kernteam CCS beschrijft het Plan van Aanpak in drie fasen:

- initiële fase (2010-2015);
- implementatiefase (2015-2020);
- marktgedreven fase (2020-2040 en verder).

Met de momenteel geplande projecten wordt in totaal maximaal circa 12,5 Mton CO<sub>2</sub> afgevangen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van alle drie de afvangtechnieken: *pre-combustion* (NUON), *post-combustion* (RWE) en *oxy-fuel combustion* (SEQ International).

Deze *full scale* projecten worden voorbereid in de initiële fase door pilotprojecten in onder meer Limburg, Duitsland en IJmuiden. De afgevangen CO<sub>2</sub> in de implementatiefase wordt zo (kosten)efficiënt mogelijk getransporteerd naar het dichtstbijzijnde veld. Onshore zijn hiervoor gasvelden in Noord-Nederland aanwezig, die vanaf 2014 beschikbaar komen en daarnaast kunnen *aquifers* mogelijk een bijdrage leveren. Offshore betreft dit op termijn het cluster van gasvelden in het NCP. Op lange termijn zal de capaciteit van een enkel gasveld in Noord-Nederland niet voldoende zijn en zal opgeschaald moeten worden naar een cluster van kleine onshore gasvelden en op termijn naar het Groningenveld of offshore, dan wel over de grens. Noord-Nederland wil synergievoordelen benutten en in de marktgedreven fase internationaal een koplopperspositie innemen. Zowel op het gebied van samenwerking (bijvoorbeeld met de *Liquefied Natural Gas-terminal*), de fysieke infrastructuur (CO<sub>2</sub>-rotonde van West-Europa) als wat betreft de export van kennis en technologie.

Naast de opslag van CO<sub>2</sub> zet Noord-Nederland in op het hergebruiken van CO<sub>2</sub>. Bijvoorbeeld in de chemische industrie (productie van methanol, soda en bicarbonaat) en in de glas tuinbouw. In de initiële fase wordt een begin gemaakt met het afvangen van CO<sub>2</sub> uit de bestaande elektriciteitscentrale van AkzoNobel/Essent (Delesto) en wordt deze CO<sub>2</sub> gevoed aan nabije industrieën. Ook start een project gericht op de productie van groene bouwstoffen uit algen.

### Kostprijs is gemiddeld en afvangpotentieel is groot

Op basis van de huidige projectvoornemens (NUON, RWE, SEQ International) is er in Noord-Nederland een afvangpotentieel van 12,5 Mton per jaar. Ieder project kent zijn eigen kostprijs. De ingeschatte reële kostprijs van de verschillende projecten varieert van 40 euro per ton CO<sub>2</sub> tot circa 60 euro per ton

CO<sub>2</sub>. Alle kostprijzen zijn inclusief opslag en transport onshore (NUON, RWE), dan wel inclusief transport, opslag, aardgaswinning en energieopwekking en exclusief de energieopbrengsten (SEQ International). Het totale CO<sub>2</sub>-afvangpotentieel over de gehele periode (2013-2052) bedraagt circa 450 Mton.

Uitgangspunten hierbij zijn:

- Afschrijvingstermijn van 30 jaar voor afvang en 40 jaar voor transport en opslag.
- WACC (gewogen gemiddelde kosten van het vermogen van het bedrijf) 9%, inflatie 2%.
- Nauwkeurigheid getallen circa 50%.
- Compressiekosten zijn meegenomen in de afvangkosten.

#### Investerings in CO<sub>2</sub>-afvang zijn niet gering

Het totale investeringsbedrag, *inclusief* onshore transport en opslag en twee demoprojecten bedraagt circa 2,2 miljard euro. Wanneer de investeringen op korte termijn worden beschouwd, zijn de kosten voor transport relatief belangrijk (in het licht van eenmalige investeringen). Daarbij valt de offshore variant duurder uit dan de onshore variant. Omdat de infrastructuur aangelegd wordt voor een lange periode en de capaciteit optimaal wordt benut door samenwerking tussen NUON en RWE, zijn de kosten voor transport relatief onbelangrijk (slechts 1% van het totaal). Voor CO<sub>2</sub>-afvoer van demoprojecten of ter overbrugging in de implementatiefase is een variant die gebruik maakt van transport per schip een serieuze optie.

#### De jaarlijkse kosten worden vooral bepaald door de kosten voor afvang

De jaarlijkse kosten voor het realiseren van een reductie van circa 12,5 Mton per jaar bedragen circa 592 miljoen euro per jaar. Deze worden voor het belangrijkste deel bepaald door de operationele kosten van de afvanginstallaties. De afschrijvingen van de investeringen en financieringskosten dragen voor minder dan 40% bij aan de jaarlijkse kosten. De operationele kosten van de CO<sub>2</sub>-afvang worden voornamelijk bepaald door de warmtevraag en het daarmee samenhangende rendementsverlies van de elektriciteitsproductie-eenheid.

#### Politiek draagvlak in Noord-Nederland aanwezig

De EU heeft de sterke politieke wil om CCS te introduceren. De betreffende regelgeving en financiële instrumenten worden in hoog tempo ontwikkeld (CCS Directive, ETS, EU-demoprogramma). In reactie hierop worden in verschillende EU-lidstaten de mogelijkheden verkend voor het opzetten van demonstratieprojecten. Ook in Nederland is sprake van een duidelijk politiek draagvlak, zowel op nationaal als op regionaal niveau. Noord-Nederland profileert zich als dé regio voor de realisatie van een demonstratieproject. Provinciale samenwerking is bekrachtigd in het Energieakkoord dat op 8 oktober 2007 met het Rijk is gesloten.

#### Essentiële randvoorwaarden noodzakelijk voor de realisatie van CCS in Noord-Nederland

##### Financiering

- CCS zal een onderdeel worden van het EU ETS. Op de middellange termijn moeten CCS-projecten economisch aantrekkelijk worden door de opbrengst van CO<sub>2</sub>-emissierechten. Er is niet één gemiddelde CO<sub>2</sub>-prijs te noemen om de investeringen terug te verdienen. Deze lopen per project uiteen tussen de 40 en 60 euro per ton CO<sub>2</sub>. Op dit moment is het onzeker hoe de CO<sub>2</sub>-prijs zich zal ontwikkelen. Analisten schatten in dat deze zowel in fase II als III van het EU ETS zal variëren tussen de 30 en 48 euro per ton<sup>1</sup>. De huidige prijs van CO<sub>2</sub> is veel te laag om de kosten te kunnen dekken. Een mogelijkheid om de risico's voor bedrijven te verminderen, is het verschaffen van duidelijkheid over financieringsinstrumenten. Hierbij gaat de voorkeur uit naar een investeringssubsidie gecombineerd met een onrendabele topvergoeding. Het overbruggen van het financieringsgat is een kritische succesfactor om te komen tot de realisatie van CCS.

##### Europese en nationale wetgeving

- Eind 2008 is op Europees niveau overeenstemming bereikt over relevante regelgeving met betrekking tot CCS (onder andere CCS Directive). De afspraken die hieruit zijn voortgekomen, vormen de basis voor

<sup>1</sup> Deutsche Bank mei 2008, Point Carbon juni 2008, Fortis januari 2008, UBS november 2007

heldere afspraken over de verantwoordelijkheden in de verschillende stadia van CCS bij de start van CCS-projecten. Een snelle implementatie van de Europese regelgeving in nationale regelgeving is hiervoor van groot belang. Op hoofdlijnen zijn de richtlijnen vastgesteld, maar de doorvertaling ervan naar de Nederlandse wetgeving moet nog verder worden uitgewerkt. Daarmee kan het te ontwikkelen juridisch kader op Europees niveau en de doorvertaling ervan naar de Nederlandse situatie mogelijk leiden tot vertraging van implementatie van CCS.

#### **Maatschappelijke acceptatie**

- Momenteel is bij het brede publiek nog weinig bekend over CO<sub>2</sub>-opslag en bestaat er nog geen uitgesproken publieke opinie. Door proactief in een vroeg stadium consistent, goed en breed te communiceren kunnen mogelijke gevoelens van onzekerheid en ongerustheid bij het publiek grotendeels worden voorkomen. Hiertoe dient een gezamenlijke communicatiestrategie te worden ontwikkeld.

#### **Beheersbare risico's CCS-keten**

- In alle schakels van de CCS-keten worden momenteel grote stappen gezet. De afvangtechnologieën zijn echter nog niet *full scale* gedemonstreerd in de elektriciteitsproductie, en transport van CO<sub>2</sub> is een relatief nieuwe tak van sport in Nederland (in het buitenland is hier al wel veel ervaring mee). Aandachtspunt hierbij is dat de verantwoordelijkheden en risico's voor de realisatie van de onderdelen bij verschillende partijen liggen en elk onderdeel cruciaal is voor een functionerende keten. Daarnaast ontstaat er bij de start van de CCS-projecten een onderlinge afhankelijkheid tussen de betrokken partijen. Er dienen goede afspraken gemaakt te worden over de spreiding van risico's in het geval een partij in de keten op enig moment in de tijd niet aan zijn verplichtingen kan voldoen.



# BIJLAGEN

# BIJLAGE 1. BEGRIPPENKADER

## Absorbens

Dit is een middel dat andere stoffen kan opzuigen of opnemen, en wordt gebruikt bij de CO<sub>2</sub>-afvangtechnologie *post-combustion*.

## AMESCO

Het AMESCO-project (Algemene Milieu Effecten Studie CO<sub>2</sub> Opslag) is een initiatief van een aantal partijen uit de energiesector en diverse overheden voor een studie rond CO<sub>2</sub>-opslag in de diepe ondergrond op land. Doel van dit project is het verschaffen van achtergrondinformatie over CO<sub>2</sub>-opslag in Nederland. De volgende vier vragen worden hierin beantwoord:

- Welke milieueffecten die verband houden met CO<sub>2</sub>-injectie en -opslag zouden kunnen optreden?
- Welke mogelijkheden bestaan er om milieubelasting en risico's te beperken en te minimaliseren?
- Welke bestaande aanverwante wetgeving is van toepassing op CO<sub>2</sub>-opslag in de diepe ondergrond?
- Welke leemten bestaan er in kennis en in de bestaande wetgeving ten aanzien van CO<sub>2</sub>-opslag?

## Aquifer

*Aquifers* zijn ondergrondse formaties die zout water bevatten. Men spreekt van een gesloten of begrensde *aquifer* als de waterhoudende grondlaag ingesloten ligt tussen ondoordringbare materialen (klei of zout).

## Capture-ready

Een *capture-ready*-kolencentrale is voorbereid op het afvangen van CO<sub>2</sub>. Dat wil zeggen dat de eventuele kosten om de centrale aan te passen voor CO<sub>2</sub>-afvang en het in de toekomst plaatsen van een afvanginstallatie zoveel mogelijk worden beperkt.

## CATO/CATO-2

Het CATO-programma (CO<sub>2</sub> Afvang, Transport en Opslag) is het centrale kennisnetwerk voor CCS in Nederland. Doelstelling van CATO is het identificeren of en hoe CCS kan bijdragen aan een duurzaam energiesysteem in Nederland vanuit economisch, technisch, sociaal en ecologisch perspectief

en tevens onder welke voorwaarden CCS kan worden geïmplementeerd in het Nederlandse energiesysteem.

## CCS

CCS staat voor *Carbon Capture and Storage*; het afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub>, die ontstaat bij energieopwekking, in de diepe ondergrond. CCS is een methode om de CO<sub>2</sub>-emissie te reduceren van grote statische bronnen, zoals energiecentrales. CCS kent drie elementen: het afvangen, transporteren en opslaan van CO<sub>2</sub>.

## CCS Directive

Richtlijn van de Europese Commissie (EC) met regels ten aanzien van afvang, transport en de permanente opslag van CO<sub>2</sub>. Op 18 december 2008 is op Europees niveau overeenstemming bereikt over de exacte inhoud van de CCS Directive.

## CO<sub>2</sub>

Bij de verbranding van organisch materiaal worden, met behulp van zuurstof, CO<sub>2</sub> en water gevormd. Daarbij komt energie in de vorm van warmte vrij waarmee bijvoorbeeld elektriciteit kan worden opgewekt.

## CO<sub>2</sub>-afvang

Om CO<sub>2</sub> te kunnen opslaan, moet deze eerst worden afgescheiden van de rookgassen. Er bestaan verschillende technologieën waarmee CO<sub>2</sub> kan worden afgevangen. Het doel is een gasstroom met een zuiverheid van 85 tot 95% CO<sub>2</sub> te bewerkstelligen die geschikt is voor transport en opslag. Voor de afvang van CO<sub>2</sub> is relatief veel energie nodig.

## CO<sub>2</sub>-ANN

Samenwerkingsverband van Essent, NUON, RWE en Wintershall, dat de mogelijkheden onderzoekt om CO<sub>2</sub> op te slaan in *aquifers* in Noord-Nederland.

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

CO<sub>2</sub> kan op verschillende manieren geologisch worden opgeslagen, zoals in lege gas- en olievelden, in diepe kolenlagen of in *aquifers*. Daarnaast kan CO<sub>2</sub> worden



opgeslagen op de bodem van diepe oceanen en door binding aan mineralen. Bij opslag in gas- en olievelden kan CO<sub>2</sub> in sommige gevallen worden gebruikt voor *enhanced oil and gas recovery* (EOR/EGR). Hierbij wordt de CO<sub>2</sub>-druk gebruikt om de winning van olie en gas te versnellen.

### CO<sub>2</sub>-transport

De geconcentreerde CO<sub>2</sub> kan vloeibaar of gasvormig naar de opslaglocatie worden getransporteerd. Voor transport moet de CO<sub>2</sub> worden gecompri-meerd om het volume te reduceren en om drukverliezen tijdens transport te compenseren. Afhankelijk van de transportdruk kan het nodig zijn op de opslaglocatie de CO<sub>2</sub> nog verder te comprimeren tot de vereiste injectiedruk. Naast transport per pijpleiding kan CO<sub>2</sub>-transport plaatsvinden met (tank) schepen, treinen en trucks.

### Energieakkoord

De provincies Drenthe, Friesland, Groningen en Noord-Holland hebben op 8 oktober 2007 het Energieakkoord Noord-Nederland met de Rijksoverheid ondertekend. In dit energieakkoord zijn de volgende vijf strategische thema's benoemd en nader uitgewerkt:

- energiebesparing in de gebouwde omgeving, glastuinbouw en industrie;
- duurzame energie;
- biotransportbrandstoffen en duurzame mobiliteit;
- schoonfossiele energie;
- kennis en innovatie.

De deelnemende partijen hebben de ambitie om in 2011 40 tot 50 PJ duurzame energie en 4 tot 5 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie te realiseren. Na 2011 moet 5 tot 20 Mton CO<sub>2</sub>-emissiereductie gerealiseerd zijn.

### Energy Valley

*Energy Valley* wordt gevormd door de provincies Drenthe, Friesland, Groningen en de Kop van Noord-Holland. *Energy Valley* heeft als doel de economie en werkgelegenheid te versterken door energieactiviteiten in het noorden van Nederland te stimuleren. De regio beschikt over de fysieke mogelijkheden en

faciliteiten en een positief ondernemersklimaat om nieuwe energieactiviteiten tot bloei te laten komen. De aanwezige energiesector biedt prima aanknopingspunten voor de realisatie van een duurzame energie-economie. De ambitie is de *Energy Valley* regio uit te laten groeien tot een internationaal toonaangevende energieregio door een integrale inzet op conventionele energieactiviteiten, kennis & innovatie en energietransitie. De Stichting *Energy Valley* fungeert daarbij als aanspreekpunt en intermediair voor bedrijven, overheidsinstanties en kennisinstellingen.

### EU ETS

De *European Union Emission Trading Scheme*, het Europees emissiehandelssysteem voor de handel in broeikasgassen emissierechten. Deze emissiehandel vindt plaats tussen bedrijven in de zware industrie die veel CO<sub>2</sub> uitstoten. De werking van het ETS is vastgelegd in een Europese Richtlijn. Sinds 18 december 2008 is CCS opgenomen in het ETS.

### FES

In Nederland gaat ruim 40% van de aardgasbaten naar het FES (Fonds Economische Structuurversterking). Dit fonds financiert investeringsprojecten om de economische structuur te versterken.

### GrASp

*Gas Research And Sustainability Programme*, een meerjarig toegepast publiek-pri-vaat onderzoekprogramma van RuG, Gasunie, Hanzehogeschool, Essent, ECN, TU Delft en Kiwa/Gastec. GrASp beoogt de ontwikkeling, innovatieve toepas-sing en vermarkting van kennis op het gebied van aardgas en andere duur-zame gassen een zodanige impuls te geven dat Nederland een internationale topositie blijft innemen op het gebied van innovatieve toepassing van (aard) gas en van aardgaskennis.

### Koers Noord en OP EFRO

In Koers Noord zijn vier pieken (sleutelgebieden) van nationaal belang gede-finieerd. Deze pieken zijn energie, water, sensor(systeem)technologie en agri-business (Groene *Life Sciences*). De ambitie bij energie is om Noord-Nederland uit te bouwen tot een belangrijke *energy mainport* op Europees en mondiaal

niveau. Verder is de ambitie om Noord-Nederland een sleutelpositie te laten innemen op het terrein van duurzame energie en nummer één te laten worden op het gebied van handel, transport en opslag van gas en CO<sub>2</sub>.

Het Operationeel Programma Noord is het Europese programma dat het SNN uitvoert ten behoeve van de economische versterking van het Noorden. Vanuit het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling (EFRO) ontvangt Noord-Nederland financiële steun van de Europese Commissie in de periode 2007-2013. Voor de nieuwe programmaperiode 2007-2013 zet de EU met haar regionaal beleid in op het versterken van het concurrentievermogen, economische groei, innovatie en duurzame ontwikkeling. Om deze doelen te verwezenlijken heeft de EU vanuit haar regionaal beleid diverse doelstellingen vastgesteld. Noord-Nederland richt zich op de doelstelling 'regionaal concurrentievermogen'.

#### **Megaton**

In de rapportage worden de hoeveelheden CO<sub>2</sub> uitgedrukt in Megaton (Mton).  
1 Mton = 1.000.000 ton = 1.000.000.000 kg.

#### **NOGEPA**

Nederlandse Olie en Gas Exploratie en Productie Associatie.

#### **Rotterdam Climate Initiative**

Het *Rotterdam Climate Initiative* is het klimaatprogramma van Rotterdam. Het programma startte in 2006 en heeft tot doel in 2025 50% minder CO<sub>2</sub> uit te stoten dan in 1990. Het fundament van het RCI bestaat uit vijf pijlers. Een van de pijlers is *Energy Port*, waaronder de doelstelling 'ontwikkeling van Rotterdam als de CO<sub>2</sub>-hub (knooppunt CO<sub>2</sub>-afvang, -transport en -opslag) van Noordwest-Europa' is geformuleerd.

#### **STEG**

Een stoom- en gascentrale of afgekort STEG-centrale is een elektriciteitscentrale waarbij twee turbines worden aangedreven. De eerste turbine is een gasturbine en wordt aangedreven door het verbranden van aardgas of door vergassing van steenkool en/of biomassa. De tweede turbine, de stoomturbine, wordt aangedreven door stoom, die wordt verhit door de warmte van de afgassen van de gasturbine.

#### **UKR**

De UKR (Unieke Kansen Regeling) stimuleert projecten waarin Nederlandse marktpartijen en niet-marktpartijen samenwerken aan de transitie naar een duurzame energiehuishouding. De nadruk bij de UKR ligt op versnelde markt-introductie van technieken die bijdragen aan deze energietransitie.

## BIJLAGE 2 INTERNATIONALE PROJECTEN CCS

Naam	Locatie	Omvang	Beschrijving
Snohvit	Noorwegen, Barentssee	0,7 Mton/jaar. Totaal 20 Mton	Injectie van CO <sub>2</sub> in aardlaag grenzend aan aardgaswinning
Mongstad	Noorwegen	1 Kton/jaar (pilot). Prognose: 1,5 Mton/jaar	Volledig operationeel vanaf 2014
Sleipner West	Noorwegen, offshore	2800 ton/jaar. Gerealiseerd 10 Mton. Totaal 1-10 Gton	Eerste offshore CCS-plant ter wereld
Nordjyland Power Station	Noorwegen	1,8 Mton/jaar	Operationeel in 2013
Karsto	Noorwegen	1 Kton/jaar	Besluit in 2009, operationeel in 2012
CO <sub>2</sub> Sink Ketzin	Noorwegen	0,3 ton/jaar	Pilot (3 jaar): 0,3 Kton/jaar. Consortium van 14 landen en onderzoekinstellingen
Schwarze Pumpe Pilot Plant	Duitsland	onbekend	Aanvang in 2008. CO <sub>2</sub> afkomstig van centrale (start met 30 MW oplopend tot 25-350 MW)
RECOPOL	Polen	3 Kton/jaar	Door EU ondersteund onderzoeks- en demonstratieproject CO <sub>2</sub> -opslag in steenkoollagen
Brindisi Power Plant	Italië	1 à 1,5 Mton/jaar	Operationeel vanaf 2012
K12-B	Nederland	20 Kton/jaar	CO <sub>2</sub> -opslag in oud gasveld (vanaf 2005)
In Salah	Algerije	1,2 à 1,7 Mton/jaar	Operationeel vanaf 2004. Opslag in leeg gasveld. Een van de grootste ter wereld
Abu Dhabi	Verenigde Arabische Emiraten	1,7 Mton/jaar. Totaal 17 Mton	Definitief besluit bouw in 2009, operationeel in 2012
Tianjin	China	onbekend	Bij nieuw te bouwen kolengestookte centrale. Operationeel in 2015
NZEC Project	China	onbekend	Samenwerking van Groot-Brittannië en China. Plant gereed in 2014
Zero Gen	Australië	onbekend	CO <sub>2</sub> -opslag van twee geplande centrales
Hazalwood PCC Pilot Project	Australië	0,1 à 0,2 ton/jaar	Pilot eindigt in 2008
Gorgon Project	Australië	3,3 Mton/jaar	Operationeel in 2010 bij nieuw te bouwen LNG-installatie

Naam	Locatie	Omvang	Beschrijving
Moomba	Australië	1 Mton/jaar (testfase) oplopend naar mogelijk 20 Mton/jaar	Aanvang (testfase) in 2010
Callide Oxy-fuel Project	Australië	17.000 ton/jaar gedurende 3 jaar	Gepland in 2011
Shell Quest Project	Australië	1,2 Mton/ jaar	Oxy-fuel, gepland 2014
Spectra CCS Plant	Canada	1 Mton/jaar	Op korte termijn twee testboringen. Injectie in aquifers
Bow City Power Project	Canada	onbekend	Gekoppeld aan nieuwe 1000 MW kolengestookte centrale. Oplevering 2014
Boundary Dam Power Station	Canada	1 Mton/jaar	Operationeel in 2015 bij kolengestookte centrale
Weyburn	Canada	2 Mton/jaar. Totaal 20 Mton	CO <sub>2</sub> -injectie in bestaand olieveld sinds 2000
Antelope Valley Station	Verenigde Staten, North Dakota	1 Mton/jaar	Operationeel in 2012 bij bestaande kolengestookte centrale
Hydrogen Energy California Project	Verenigde Staten, Californië	2 Mton/jaar	Operationeel in 2014 bij nieuw te bouwen centrale

Bronnen Scottish Centre for Carbon Storage ([www.geos.ed.ac.uk/sccs/storage/storageSites.html](http://www.geos.ed.ac.uk/sccs/storage/storageSites.html)), 18 augustus 2008  
 Bijdrage DHV aan MNP brochure, 'CO<sub>2</sub>-opslag in Nederland', (DHV, reg.nummer A9309.01.001, augustus 2007, concept)  
 E.H. Lysen, D. Jansen, S. van Egmond, 'Afvang en opslag van CO<sub>2</sub>: vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van fossiele brandstoffen om klimaatveranderingen tegen te gaan'

## STAPPENPLAN CCS NOORD-NEDERLAND

Periode	Stap	Toelichting	Wie gaat het doen?
2009	Tussenevaluatie Kernteam CCS	Evaluëren samenwerking afgelopen periode en bepalen inzet komende periode	Kernteam CCS
2009	Intentieverklaring/ samenwerkings- overeenkomst	Samenwerken om barrières weg te nemen op gebied van CO <sub>2</sub> -afvang, -transport en -opslag. Afspraken over basisprincipes	Kernteam CCS
2009	Integratie Noord-Nederland in Nederlands Plan van Aanpak	Positioneren NNL-demo met oog op financiering, beleid en wetgeving	Kernteam CCS
2009	Vervolgfase CCS Noord-Nederland fase 2	Hernieuwde samenwerking in meer formele en geïntegreerde vorm	Kernteam CCS
2009	Communicatiestrategie, voorlichting inwoners, NGO's etc.	In samenwerking met het Rijk en RCI één eenduidige communicatiestrategie opzetten en deze vertalen naar een communicatieplan Noord-Nederland. Betrekken communicatiebureau. Overleg starten met maatschappelijke organisaties	Onder trekker-schap van het Rijk (EZ en VROM) samen met SenterNovem Kernteam CCS, RCI
2009	Helderheid (financiële) randvoorwaarden voor CCS	Duidelijkheid over de beschikbare financiële, beleidsmatige en regelgevende randvoorwaarden voor de CCS-demo's	EU, Rijk, regionale en lokale overheden
2009	Politiek besluit financiële bijdragen CCS	Duidelijkheid over de beschikbare financiële middelen voor de CCS-demo	Rijk, EU
2009-2010	Samenwerking buitenland	Eerste globale verkenning mogelijkheden samenwerking Duitsland, Noorwegen ( <i>North Sea Basin Taskforce</i> ). Studiereis naar geslaagd CCS-project	Rijk
2009-2010	(Externe) financiering implementatiefase vastleggen	Subsidies/bijdragen aanvragen op Rijks- en provinciaal niveau. Vaststellen financieringsmodel	Marktpartijen
2009-2010	Aanwijzen en vastleggen opslaglocatie Noord-Nederland en opstarten van het geschikt maken van het veld voor opslag inclusief transport	Er moet een definitieve keuze worden gemaakt voor de opslaglocatie en de voorbereidingen moeten worden getroffen om daadwerkelijk te kunnen opslaan, zodat de businesscases van de aanbieders van CO <sub>2</sub> definitief kunnen worden doorgerekend. Afspraken met Rijk over overdracht en beheer geabandonneerde opslaglocaties	EU en Rijk (wijzen aan) Gasunie, NAM/ Wintershall, NUON, RWE, CO <sub>2</sub> ANN en eventuele andere partijen
2009-2010	Winningsvergunningen SEQ in Drachten en locatiekeuze gasvelden Harlingen, Zuidoost-Drenthe	Ontwikkelen businesscases <i>oxy-fuel combustion</i> in Noord-Nederland	SEQ, EZ

Periode	Stap	Toelichting	Wie gaat het doen?
2009-2015	Optimaliseren afvangtechniek	Pilotprojecten	RWE, NUON, SEQ
	Innovatie op het gebied van CO <sub>2</sub> -hergebruik	Pilotprojecten	AkzoNobel, BioMCN, Brunner Mond
	Kennisontwikkeling CCS	Kennis samenbrengen uit de programma's en pilotprojecten (o.a. CATO-2, GrASp (economische en juridische aspecten CCS transport en opslag), Barendrecht	RuG, GRASP, Taskforce CCS
	Kansen voor EGR in Noord-Nederland	Onderzoek naar de mogelijkheden voor EGR in Noord-Nederland en de beschikbaarheid van gasvelden voor CO <sub>2</sub> -opslag	NAM
	Kansen CO <sub>2</sub> -aanvoer per schip	Haalbaarheid betere benutting transport en opslagsysteem	Rijk, Gasunie, NAM overige CO <sub>2</sub> -bronnen
2011	Leidingtracé Eemshaven - Delfzijl met aansluiting naar Z, O, W gereed	Leidingtracé geschikt om (o.a. CO <sub>2</sub> -) leidingen in te leggen. De tracéstudie (door UFO in opdracht gegeven aan Gasunie) wordt in 2008 afgerond	UFO (organisator leidingenstraat Eemshaven - Delfzijl)
2010-2012	Sluitend Plan van Aanpak demo/marktgedreven fase	Investeringsbeslissingen NUON en RWE investeringsbeslissingen Gasunie en NAM afspraken met Rijk over overdracht en beheer geabandonneerde opslaglocaties langlopende contracten voor CO <sub>2</sub> -afvang, -transport en -opslag	NUON, RWE, NAM, Gasunie
2010-2011	Start met vergunningaanvraag en MER-procedure	Procedure heeft een doorlooptijd van 2 tot 3 jaar	RWE, NUON, Gasunie, NAM (of andere opslagpartij)
Na 2013	Start realisatie CCS	Vanaf 2013 starten de eerste CCS-projecten	NUON, RWE, Gasunie, NAM (of andere opslagpartij)

