

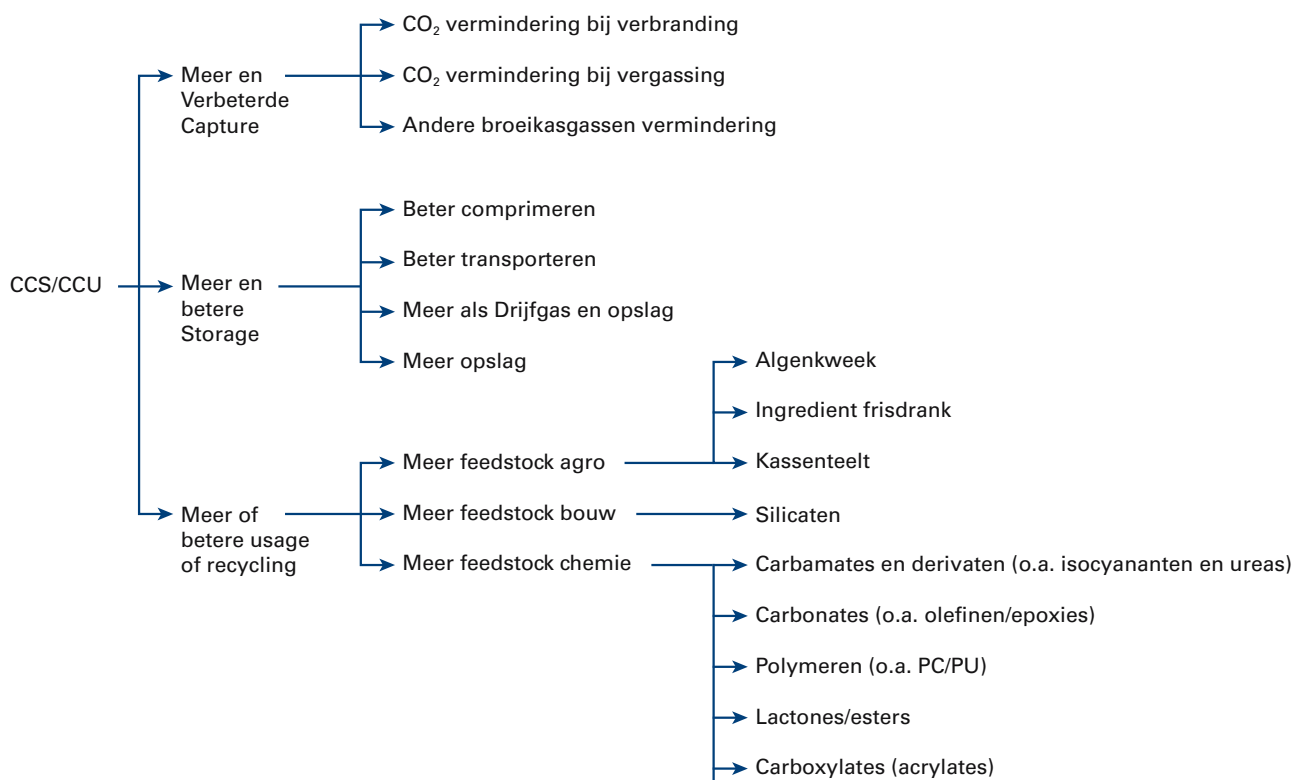
8. Oplossingsrichting 6: CCS/CCU

8.1 WAT IS HET?

Carbon Capture and Storage (CCS) is het afvangen en opslaan van koolstofdioxide (CO₂). Carbon Capture Usage (CCU) staat voor het gebruiken van CO₂ als grondstof. In de literatuur wordt CCU ook vaak aangeduid als CCR (Carbon Capture Recycling).

Daar waar in dit hoofdstuk afvangen van CO₂ staat moet feitelijk CO₂-equivalenten gelezen worden. De rest heeft natuurlijk daadwerkelijk alleen met CO₂-moleculen te maken. In de inleiding is het overzicht van de andere broeikasgassen en hun equivalenten al weergegeven (zie tabel 1).

De oplossingsboom voor CCS en CCU ziet er dan als volgt uit.



FIGUUR 79 CCS- en CCU-opties voor de chemie (oplossingsboom 6)

Verbeteren afvang van CO₂

De drie belangrijkste systemen om CO₂ af te vangen, zijn⁴⁹⁾:

- Afvangen van CO₂ na verbranding (post combustion capture), uit rookgassen die ontstaan

na het verbranden van (fossiele, maar ook bio)brandstoffen, zoals olie, gas en kolen. Dit is technisch het eenvoudigst en goedkoopst, omdat de CO₂ sterk geconcentreerd is⁵⁰⁾.

49) www.vrom.nl.

50) Er is een kanttekening te maken omdat bij sommige processen dit niet altijd geldt. Bij veel raffinaderijen en krakers is CO₂ verdund in rookgas aanwezig en komt uit tientallen schoorstenen. De infrastructuur om deze stromen te verzamelen kan relatief duur zijn en het proces om CO₂ te concentreren vraagt ook om energie.

- Afvangen van CO₂ na vergassing van zowel fossiele als biobased grondstoffen. Hierbij ontstaat een mengsel van waterstof (H₂) en koolstofdioxide (CO₂), waarna afscheiding van de CO₂ mogelijk is.
- Bij gebruik van aardgas als grondstof, bijvoorbeeld bij de productie van ammoniak, komt zuiver CO₂ vrij (verbranding aardgas feedstockdeel om waterstof te produceren). Deze zuivere CO₂ zou relatief gemakkelijk en goedkoop kunnen worden opgeslagen of in vloeibare vorm via een pijpleiding naar een storage kunnen worden getransporteerd.

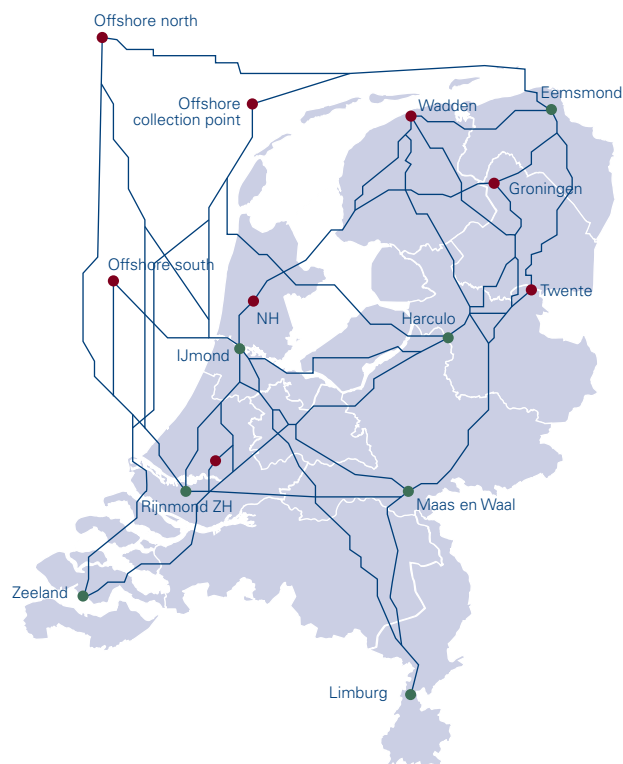
Bij andere vormen van broeikasgasvermindering denken we met name aan het afvangen van N₂O en CFK's binnen de chemische processen. Een groot deel van de huidige gerealiseerde emissievermindering van de chemie is reeds uit deze oplossingsrichting voortgekomen. Een analyse van de huidige innovatiepijplijn leert echter dat op dit gebied niet veel meer grote bijdragen te verwachten zijn. Uitdagingen liggen vooral in oplossingen voor CO₂-afvang met lagere concentraties.

Verbeteren comprimering CO₂

Na het afvangen wordt CO₂ getransporteerd naar een geschikte locatie via leidingen of mogelijk in de toekomst voor grote afstanden per schip. CO₂ wordt eerst samengeperst door een compressor tot een vloeistof (let wel: daar is energie voor nodig, met name voor kleinschalige installaties). Uitdagingen liggen vooral in energetisch slimmere oplossingen met vriendelijke hulpstoffen.

Verbeteren transport CO₂

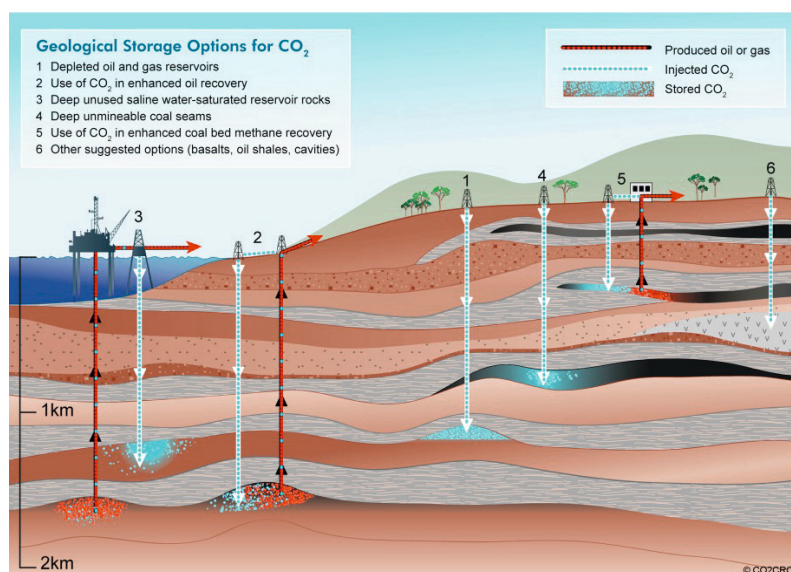
Dit betreft het verbeteren van transporttechnologie en transportmogelijkheden. In Nederland ligt een uitgebreid netwerk van pijplijnen waarlangs transport mogelijk is. Transport kan ook per schip en in tankwagens plaatsvinden. Uitdagingen liggen hier vooral in integrale ketenoplossingen.



FIGUUR 80 netwerk van pijplijnen in Nederland (bron: proefschrift Machteld van de Broek UU)

Verbeteren opslag CO₂

Na transport wordt CO₂ diep onder de grond ingebracht, vaak twee tot drie kilometer diep, onder voor gas ondoordringbare grondlagen. Dit kunnen bijvoorbeeld lege gas- en olievelden zijn. CCS wordt gezien als een tijdelijke maatregel (75 tot 100 jaar) die nodig is voor de overgangsfase naar een duurzame samenleving. Van nu naar 'clean' en vanaf daar naar 'green'.



FIGUUR 81 opslagopties voor CO₂ (bron: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3305891/>)

Verbeteren CCU-oplossingen⁵¹⁾

De verdiepende studie naar CCU-oplossingen is uitgevoerd door SPSS en te vinden op de website van de routekaart.

CO₂ kan later wellicht weer als grondstof gebruikt worden voor de fabricage van materialen of als grondstof in agrofood. Met name op dit deel inzetten is van belang voor het imago van de chemie, niet alleen in Nederland maar in de gehele wereld. Het hergebruik van CO₂ wordt utilization (U) of recycling (R) genoemd. Er bestaan vele toepassingen van hergebruik van CO₂. Het huidige (her)gebruik in de wereld bedraagt momenteel 80 Mton CO₂ en het is de verwachting dat de vraag naar CO₂ zal groeien naar 140 Mton in 2020 (bron: verdiepende studie).

In Nederland wordt momenteel circa 0,5 Mton CO₂ hergebruikt in de glastuinbouw en voor een aantal processen in de foodindustrie en voor reinigingsproducten. De bekendste projecten zijn OCAP (0,4 Mton hergebruik in de glastuinbouw) en Multicore (CO₂-leiding in de haven van Rotterdam, 0,1 Mton).

CO₂ kan als grondstof (CCU of CCR) in meerdere ketens worden gebruikt:

- Agrofood: bijvoorbeeld frisdrank, maar ook als groeistof in kassenteelt en algenteelt. Hierna volgen twee iconen op dit gebied.

51) Gedeelte over CCU-oplossingen is tot stand gekomen met medewerking van SPSS.

ICONEN: CCU-TUINBOUW YARA

- De beschikbaarheid van zuivere CO₂ is onmisbaar voor de glastuinbouw. Het is een belangrijke productiefactor.
- Op de meeste bedrijven wordt in de CO₂-behoefte voorzien door WKK-installaties. Als er aardwarmte wordt gewonnen, loopt de productie van CO₂ op het eigen bedrijf terug. Die moet dan van elders komen.

Rewards

- CO₂ als grondstof voor groei
- Vermijden verbranden fossiele grondstof voor louter CO₂

Risks

- Te weinig beschikbare tuinbouw in NL voor alle CO₂
- Gesloten kassen?

Resources

- Projectafhankelijk

FIGUUR 82 CO₂ leveren aan de tuinbouw (icoon)**ICONEN: CCU-ALGEN EXXON MOBILE**

- Bedrijvigheid neemt toe: bio Fuel systems, Aurore algae, Solix, Algenol, MBD energy
- Exxon doet R&D op dit onderwerp in de USA
- Seabotic China plant/Penglai: 300 ton algen/jaar 6,9 miljoen jaar investering
- Van broeikasgas is groeigas.

Rewards

- CO₂ als grondstof voor groei
- Biobased fuels en materialen
- 3^e generatie oplossing

Risks

- Opschalen
- Business cases
- Landuse
- Alleen zonnige gebieden?

Resources

- Projectafhankelijk

FIGUUR 83 CO₂ als voeding voor algen (icoon)

- Bouw: bijvoorbeeld cement. In de CCS-roadmap van EIA⁵²⁾ wordt dit ook als een serieuze optie geormerkt. Calciumcarbonaat (= kalk) als bouw materiaal. De meeste

CO₂ ter wereld is opgeslagen als calciumcarbonaat in geologische kalklagen.

- Energiesector: methanol in brandstoffen bijmengen kan een grote impact hebben en niet alleen door een iconische waarde van de oplossing.

52) Energy Technology Perspectives 2008, Scenarios & Strategies to 2050, EIA, 2008.

KLAPPER: CCU-METHANOL



- Synthese met waterstof, 1:2 met koperkatalysator
- 5 MW benodigd voor 5 miljoen liter methanol
- Installaties in IJsland, Japan en Korea
- Korea capaciteit 3000 ton per dag, 1,17 miljard Euro
- Japan capaciteit: 100 ton/jaar, 11 miljoen Euro, zonneenergie

Rewards

- CO₂ als grondstof
- Well-to-wheel voordelen:
- 1,9 MJ ipv 2,14 MJ 148 vs 164 gram CO₂

Risks

- Goedkope energie nodig voor de business case
- Toxiciteit methanol

Resources


- Projectafhankelijk

FIGUUR 84 CO₂ als grondstof voor methanol (klapper)

- Chemie, om de koolstof weer op een nuttige manier uit te zetten. Op dit moment ontstaan er allerlei mogelijkheden, die op hun toepasbaarheid voor de Nederlandse chemie moeten worden beoordeeld en natuurlijk ook op hun commerciële mogelijkheden. Het gaat om:
 - carbamates en derivaten (onder andere isocyanaten en ureas)
 - carbonates (onder andere olefinen/epoxies)
 - polymeren (onder andere PC/PU)
 - lactones/esters
 - carboxylates (acrylates)
 - barnsteen, één van de vier C's is afkomstig van CO₂, de andere drie C's uit suiker.

N.B. enhanced oil recovery zien wij als CCS en niet als CCU.

ICONEN: CCU-POLYMEREN DSM



- Bayer /RWV which just started its pilot plant in Chempark Leverkusen, Germany, producing polyurethanes using carbon dioxide as feedstock.
- Novomer, which is currently working with DSM on CO₂-based polycarbonate resins

Rewards

- CO₂ als grondstof

Risks

- Business case

Resources

- Projectafhankelijk

FIGUUR 85 CO₂ als grondstof voor polymeren (icoon)

Afbakening chemie en CCS

Wat CCS betreft, is de afbakening van belang. De meeste CCS-units en -infrastructuur zullen bij energiebedrijven worden gebouwd, waar op grote schaal CO₂ kan worden afgevangen (bijvoorbeeld bij het vergassen van kolen met een geconcentreerde stroom CO₂). Binnen de chemiesector kan CCS worden toegepast bij on-site energieopwekking (meestal in een WKK unit) en in specifieke processen, maar dat gaat vaak om een joint venture met een energiebedrijf. In dat geval kan CO₂-afvang slechts gedeeltelijk worden toegeschreven aan de chemie.

Kortom, het gaat bij CCS en de chemie om die projecten die vanaf een puntbron naar de dichtstbijzijnde grid getransporteerd zouden moeten worden. Op het projectenlijstje van de chemie komt een aantal investeringsprojecten vanaf een plant naar een aansluiting op een grid.

Bij CCU gaat het er met name om welke mogelijkheden bij de huidige en toekomstige chemie in Neder-

land passen. Niet alle mogelijkheden zijn toepasbaar in de Nederlandse context omdat niet alle mogelijke producten ook op Nederlands grondgebied gefabriceerd worden. De Nederlandse chemie kan hier in de toekomstplannen natuurlijk wel rekening mee houden.

In Nederland wordt momenteel circa 0,5 Mton CO₂ hergebruikt. Het bekendste voorbeeldbedrijf is OCAP waarbij circa 0,4 Mton CO₂ in geconcentreerde vorm wordt afgevangen van de Shell-raffinaderij en Abengoa, en via een uitgebreid transportnetwerk wordt getransporteerd naar glastuinbouwers in het Westland.

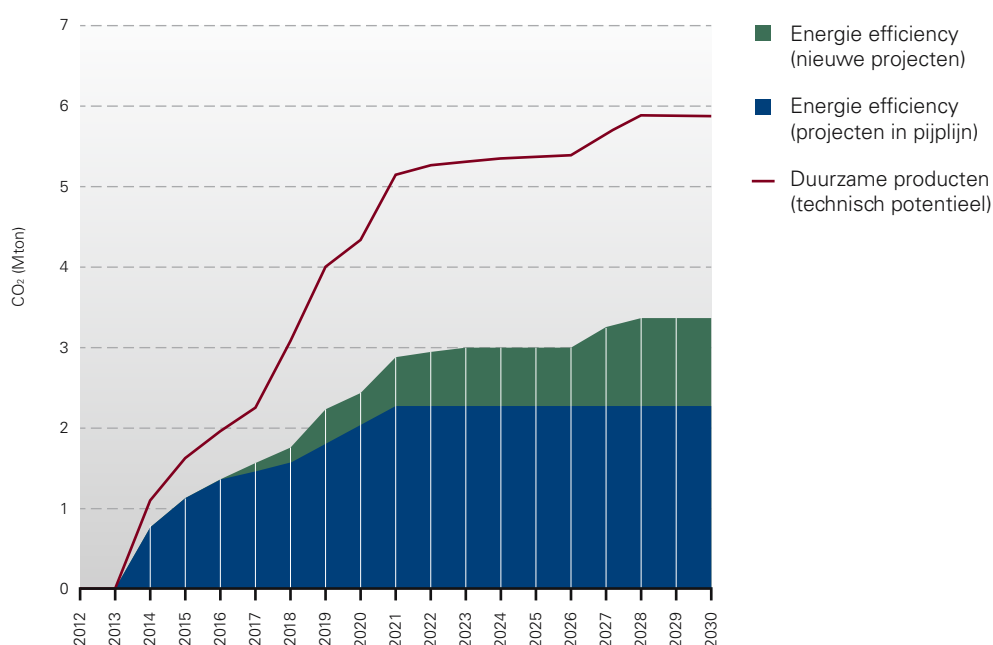
Op dit moment zijn de locatie van Chemelot en Dow de grootste CO₂-producenten vanuit de chemie. Daarnaast kent de Nederlandse chemie een tweetal plants met salpeterzuurbereiding. Hierbij komt lachgas als bijproduct vrij.

Ook het PPS-programma CATO II is in dit opzicht een belangrijk project (zie bijlage 8⁵³). Vanuit CATO II zijn twee grote projecten meegenomen bij de inschatting van de innovatiepijplijn.

53) De bijlagen zijn te vinden in een apart bijlagendocument.

8.2 WAT IS DE POTENTIE?

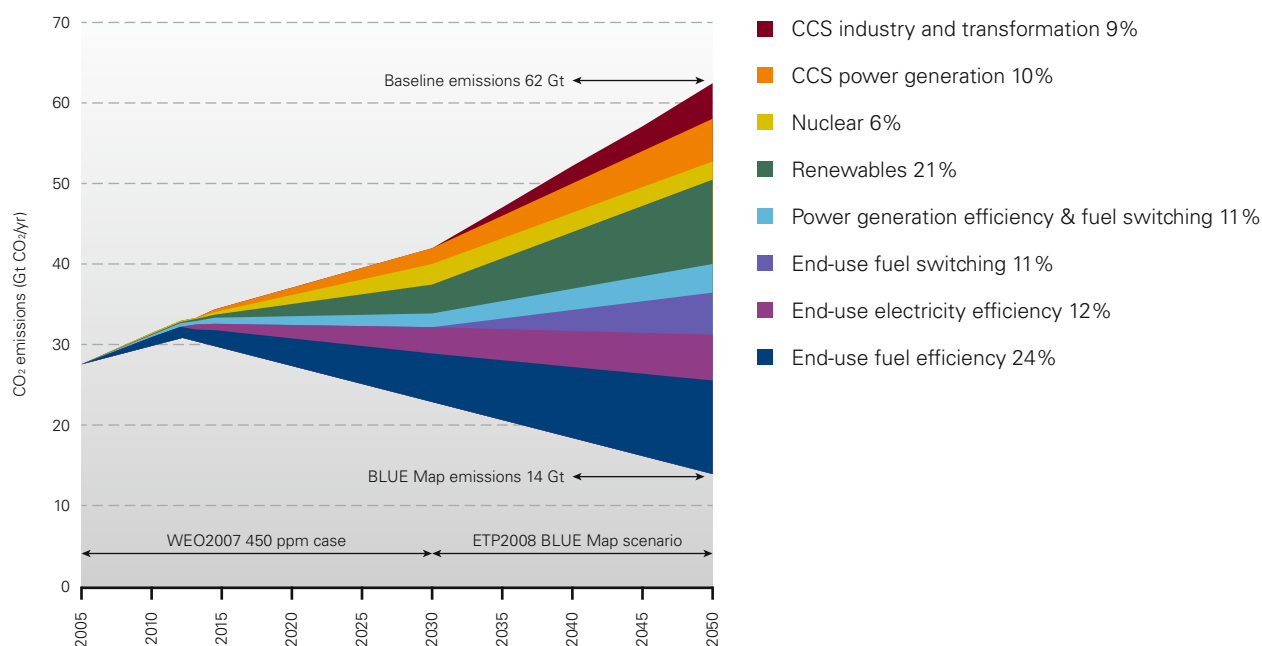
Inventarisatie van de innovatiepijplijn leverde het volgende beeld op. Momenteel wordt al 0,4 miljoen ton CO₂ opgeslagen en getransporteerd voor gebruik in de Nederlandse kasteelt (CCU). De potentie van projecten in de pijplijn is 4,6 Mton CO₂ en voor nieuwe projecten 2,1 Mton CO₂.



FIGUUR 86 ingeschatte potentie oplossingsrichting CCS/CCU

Potentie volgens andere bronnen

CCS zal een belangrijke bijdrage moeten leveren in het oplossen van het broeikasgasprobleem volgens de langetermijnroadmap van IEA.



FIGUUR 87 EIA-roadmap broeikasgassen⁵⁴⁾

54) Energy Technology Perspectives 2008, Scenarios & Strategies to 2050, EIA, 2008.

CCS is een techniek die veel in de wereld wordt toegepast. Wereldwijd zijn er zo'n 5.000 putten waarin CO₂ wordt opgeslagen (hoewel in veel gevallen primair om olie naar boven te drijven, enhanced oil recovery).

Nederland heeft een goede uitgangspositie vanwege de grote opslagcapaciteit (in bijvoorbeeld lege gas- of olievelden), de aanwezige benodigde technische kennis (er is bijvoorbeeld al ervaring met aardgasvelden opgedaan), en omdat de middelen aanwezig zijn om CCS uit te voeren. Ook is in Nederland het grootste R&D-project op het gebied van CCS ter wereld gehuisvest onder leiding van TNO. Dit komt door de traditioneel aanwezige kennis op het gebied van gas.

Met uitzondering van het Groningen-gasveld is ongeveer 1.600 miljoen ton opslagpotentieel in de gasreservoirs aanwezig. Ter vergelijking: een grote kolencentrale stoot per jaar ongeveer 5 miljoen ton CO₂ uit. Het Groningen-gasveld alleen heeft een CO₂-opslagpotentieel van ongeveer 7.500 miljoen

ton als het veld eenmaal aan het eind van zijn productie gekomen is.

Het bekendste project is CCS in Barendrecht. In november 2009 besloten de ministers van VROM en EZ om door te gaan met de voorbereidingen voor CO₂-opslag in deze gemeente. Dit moet gefaseerd gebeuren; in de eerste fase (2012-2015) zal 0,8 miljoen ton CO₂ worden opgeslagen en komt er een grondige analyse. In de tweede fase (vanaf 2015) zal 9 miljoen ton CO₂ worden opgeslagen. Dit project is op veel weerstand gestuit. Eind 2010 besloot minister Verhagen tot het stopzetten van dit CO₂-opslagproject.

Een ander CCS-project was Noord-Nederland. Het kabinet had drie (bijna) lege gasvelden aangewezen waar bedrijven (mogelijk) CCS konden toepassen: Boerakker (Groningen), Eleveld (Drenthe) en Sebaldeburen (Groningen). Ook dit project is recentelijk stopgezet.

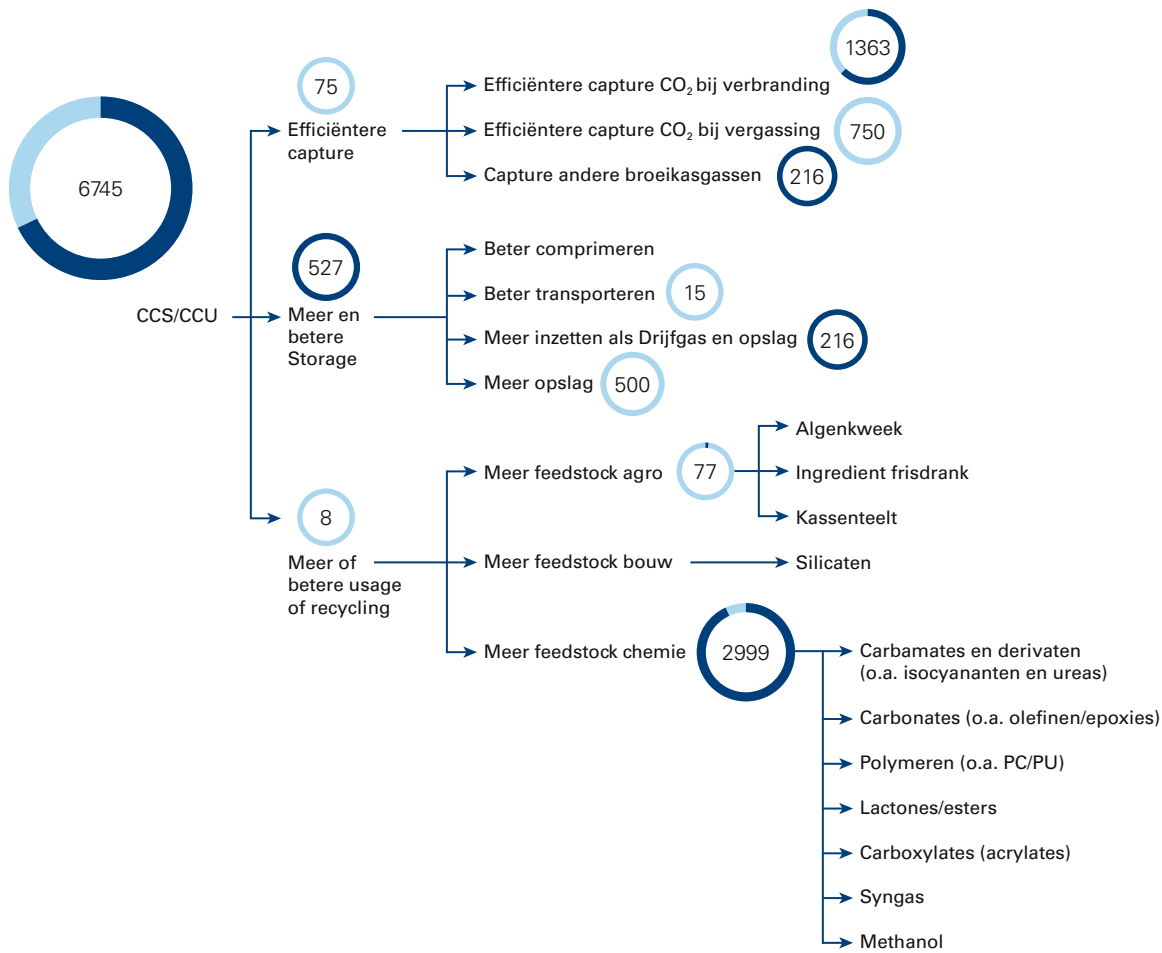
Op dit moment staan er in Nederland enkele belangrijke grid- en opslagprojecten op stapel:

- Een majeur project wordt uitgevoerd door EON en EDF Suez. Hier wordt een nieuw grootschalig opslagproject op zee voorbereid, ROAD geheten (dit project valt binnen het Rotterdam Climate Initiative (RCI)). Het rapport 'CCS in Rijnmond 2009' stelt vast dat er in 2025 capaciteit zal zijn om jaarlijks 20 miljoen ton CO₂ op te slaan tegen € 40 tot € 70 per ton CO₂, mits Kyoto-afspraken blijven staan. Een Europese subsidie (EEPR) van € 180 miljoen en een Nederlandse subsidie van € 150 miljoen is gehonoreerd om 1,1 miljoen ton CO₂ per jaar af te vangen bij een kolencentrale van E.ON op de Maasvlakte.
- Op zee loopt sinds 2004 met succes een kleinschalig opslagproject in het zogenaamde K12-B-veld. In dit gasveld wordt CO₂ gescheiden van het gas en wordt het weer geïnjecteerd in het gasveld⁵⁵). In 2009 was er 60.000 ton CO₂ opgeslagen.
- Ook lopen er enkele projecten bij chemische en energieplants. Onder andere bij Chemelot, hoewel dit tijdelijk is stopgezet.

Indien CO₂-beprijzing ook buiten Europa op grote schaal zou worden toegepast, zal dit leiden tot een hogere prijs van CO₂ waardoor het aantal CCS-projecten ook sterk zal toenemen. De kostprijs voor CCS ligt bij veel projecten tussen de € 50 tot € 60 per ton CO₂; indien de prijs van CO₂ daar in de buurt komt, zijn projecten steeds rendabeler. Overigens bestaat een groot deel van deze kostprijs uit energiekosten voor het comprimeren en transporteren.



55) www.k12-b.nl.



Legenda

grote cirkel linkerzijde
De totale potentie in Kton CO₂ van de oplossingsrichting. Dit zijn alle kleinere cirkels rechts in de oplossingsboom bij elkaar opgeteld.

Kleine cirkels rechterzijde
Potentie in Kton CO₂ per deel van de oplossingsboom. Dit zijn dus geen uitsplitsingen van voorgaande kleine cirkels.

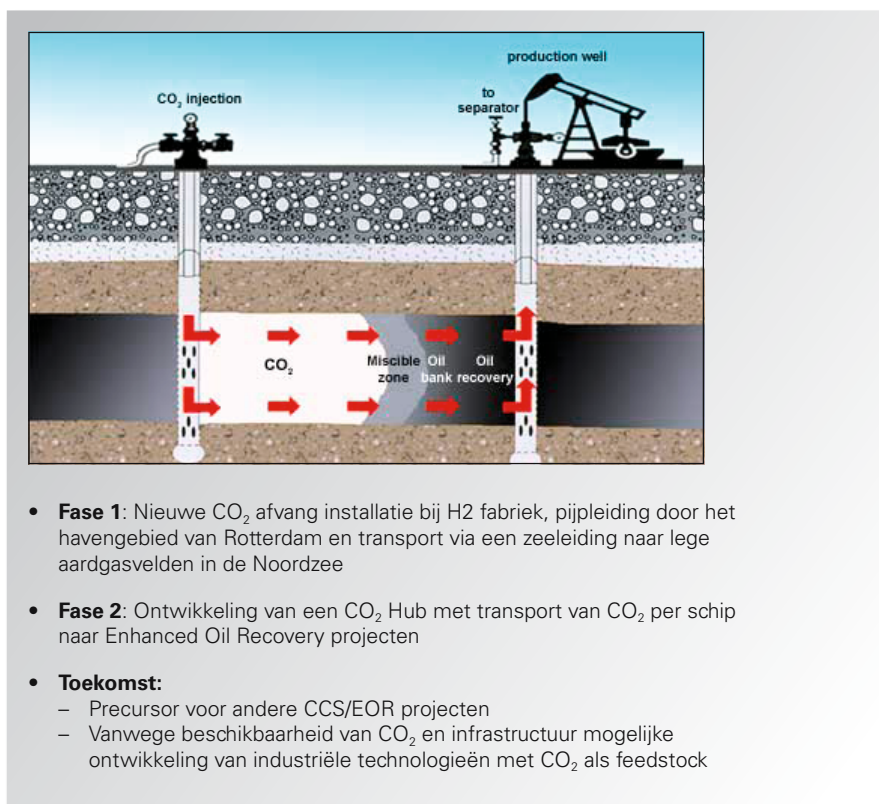
Donker blauw
Aandeel van de potentie door projecten in de pijplijn.

Licht blauw
Aandeel van de potentie door nieuwe projecten.

FIGUUR 88 *gekwantificeerde oplossingsboom CCS/CCU (oplossingsboom 6)*

In figuur 86 is de analyse weergegeven van de potentie van de lopende projecten (donkerblauw) en de nieuwe projecten (lichtblauw) in de pijplijn. De projecten zijn hierbij geordend naar de verschillende oplossingsrichtingen. Uiteraard is duidelijk dat de huidige inspanningen op 'klassieke' CCS-onderwerpen gericht zijn. Er is ook een grote potentie bij het verbeteren van de technologie van het afvangen van CO₂. Vanuit de chemie is een grote potentie te verwachten van het project bij Airliquide (zie onderstaande klapper).

KLAPPER: OPSLAG CO₂



Rewards

- 0,5 miljoen ton/jaar CO₂

Risks

- Lange termijn aansprakelijkheden voor opgeslagen CO₂, met name klimaatschade
- Implementatie van de subprojecten van de gehele keten dienen perfect op elkaar aan te sluiten
- CCS beleid vanuit Europa biedt nog te weinig ondersteuning voor verdere ontwikkeling van CCS

Resources

Fase 1:

- NER300 subsidie programma
- Ondersteuning Nederlandse overheid
- Ondersteuning Air Liquide

Fase 2:

- Nieuwe business case na implementatie van fase 1

FIGUUR 89 opslag CO₂ (klapper). Bron Airliquide

Potentie CCU⁵⁶⁾

Deelconclusie is dat de grootste potentie ligt op het gebied van CCU. Er is reeds een groot (geheim) project bij een bedrijf in de pijplijn genoteerd en verder is de potentie van CCU op dit moment nog onderwerp voor een verdiepende studie. Met andere woorden, het rode deel in de potentiebepaling zal waarschijnlijk verder groeien. De meeste technieken die voor de chemische industrie relevant zijn, zullen pas op de langere termijn commercieel ingezet kunnen worden. Kijkend naar de periode tot 2030, dan zijn voor de Nederlandse chemische industrie de volgende hergebruikstechnieken belangwekkend (voldoende volwassen en economisch interessant):

56) Dit gedeelte is afkomstig uit de verdiepende studie van SPPS.

TECHNIEK	PRODUCT	POTENTIE MAXIMAAL CO ₂ - GEBRUIK*	TRL- LEVEL**	DUURZAAMHEID	
				OPSLAG PERMANENT	EMISSIE T.G.V. TOEPASSEN TECHNIEK**
Algemeen (geen feedstock/energie voor de chemische industrie)					
Directe inzet CO ₂ in delfstoffenwinning (EOR, EGR en ECBM***)	Fossiele brandstoffen (methaan/ kolen)	>1 Gton	9	Alleen bij ECBM	Matig
Inzet CO ₂ in kassenteelt	Gewassen	1,5 Mton	9	Nee	Matig
Directe inzet CO ₂ in frisdrank/food en superkritische oplosmiddelen	N.v.t.	0,1 Mton	9	Nee	Matig
CO ₂ als grondstof voor algen	Biobrandstoffen in combinatie met chemicaliën en food/feed	1,8 Mton	4-5	Nee	Matig
CO ₂ als grondstof voor anorganische materialen	Bouwmaterialen (cement, toeslagmateriaal)	1,5 Mton	6-7	Ja	Matig
Feedstock/energie voor de chemische industrie					
Omzetten CO ₂ tot brandstof	Methanol, syngas, biodiesel e.d.	2 Mton	6-7	Nee	Hoog
CO ₂ als grondstof voor (organische) chemicaliën	Verbeteren ureumopbrengst	1 Mton	9	Nee	Hoog
	Overige chemicaliën (met name carboxylaatrouten)		4-5	Product-afhankelijk	
CO ₂ als grondstof voor polymeren	Polycarbonaten en polyolen (carbonaatrouten)		5-6	Product-afhankelijk	

TABEL 15 hergebruikmogelijkheden en potentie CCU

* De potentie is gebaseerd op theoretische mogelijkheden van een techniek, vertaald naar de Nederlandse situatie. Dit betekent dat er in vergelijking met de gekwantificeerde oplossingsboom nog meer mogelijke opbrengsten zijn in de toekomst, met name richting bouw en agrofood.

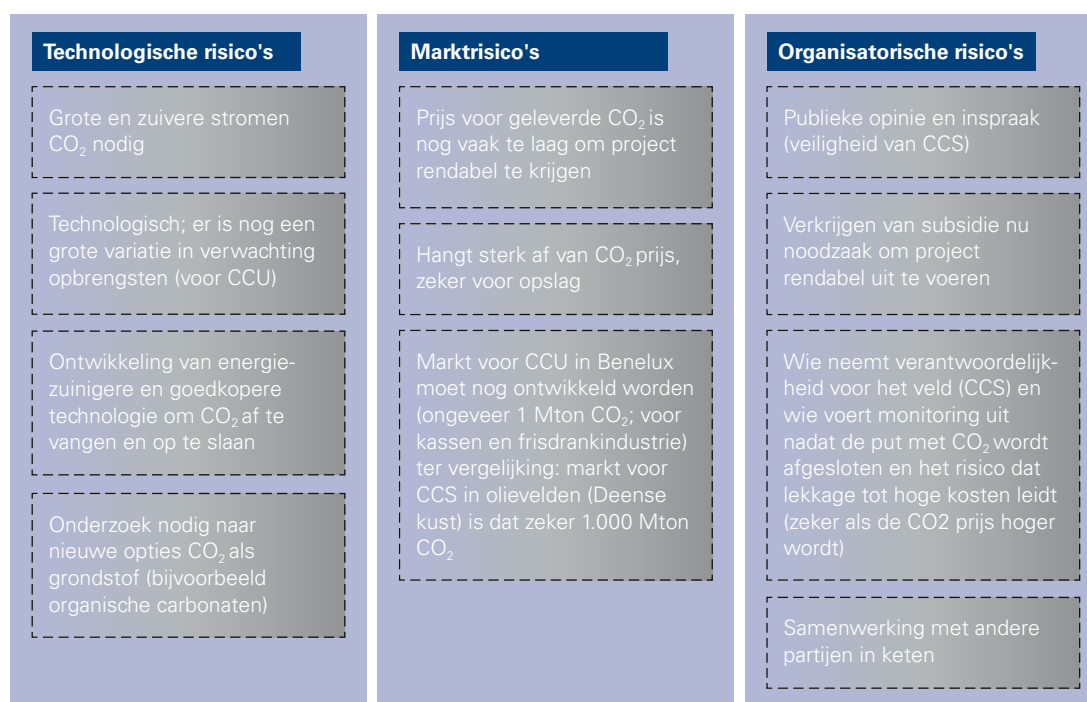
** Dit TRL-level is onder andere gebaseerd op het al dan niet bestaan van demonstratieprojecten (prototypen/pilot plants) ergens in de wereld. Een hoog TRL-level van bijvoorbeeld 6-7 geeft aan dat een techniek het laboratorium ontstegen is en op commerciële schaal getest en verder ontwikkeld gaat worden. Dit wil echter niet altijd zeggen dat een

techniek op korte termijn levensvatbaar is of kan concurreren met bestaande technieken of producten.

*** Verklaring afkortingen: EOR = enhanced oil recovery; EGR = enhanced gas recovery; ECBM = enhanced coalbed methane recovery.

8.3 RISICO'S EN RANDVOORWAARDEN

Hieronder volgt een overzicht van de verschillende soorten risico's die zijn genoemd bij het inventariseren van de innovatiepijplijn en het genereren van nieuwe innovatieprojecten:



FIGUUR 90 risico's oplossingsrichting CCS/CCU

Deels kunnen bedrijven individueel deze risico's managen. Echter, een deel van de risico's kan ook collectief opgepakt worden. Dat noemen we randvoorwaarden. Die randvoorwaarden zijn in de volgende tabel weergegeven. Tevens is aangegeven welk risico wordt beïnvloed door het realiseren van de randvoorwaarde.

RANDVOORWAARDE	OPLOSSINGSRICHTING	WIE BETROKKEN?
Veiligheid en communicatie (invloed op risico 8)	<p>Veiligheid van transport en opslag aantonen en communiceren is essentieel</p> <p>Stakeholders voldoende ruim kiezen en laten participeren in besluitvorming (overheid) publieksvoorlichting (bedrijf). Niet op bedrijfsniveau neerleggen maar overheid als trekker samen met public affairs chemiebedrijven. Taak voor de overheid waar het gaat om milieu-/maatschappelijke redenen. Taak voor het bedrijf om de werkgelegenheid, winstgevendheid, etc. te etaleren</p> <p>Breng communicatie naar stakeholders vroeg in projecten. Laat (na studie) mogelijke rol van CCS naar laag-CO₂-producten zien om clean en green op dezelfde acceptatie te krijgen. Laat zien dat CCS niet per se met kolen gecombineerd hoeft te worden, maar dat dit ook met andere (chemische) producten mogelijk is. Dit kan het debat openen</p>	Overheid, chemische industrie en andere ketenspelers, VNCI, communicatiebureau
Onderzoek nieuwe opties voor opslag (invloed op risico 8 en 10)	<p>Gebruik maken van logische en bestaande mogelijkheden</p> <p>Ontwikkel modellen waarmee tijdvenster voor benutten oude gasvelden is te vergroten, liability issues</p>	Kennisinstellingen en experts
Verantwoordelijkheid nemen (de emitter heeft een verantwoordelijkheid voor het verantwoord opslaan van de CO ₂ . Vergroot de kennis in de industrie rondom opslag) (invloed op risico 10 en 11)	<p>Partnerships zijn nodig voor een efficiënte CCS industrie met helderheid over acceptatie van liabilities en grenzen daaraan. Doorwerking van 'eigenaarschap' in de tijd beperken (overheid en georganiseerd bedrijfsleven (ZEP). Wat gebeurt er als een bedrijf ophoudt te bestaan</p> <p>Primair starten met elektriciteitsproducenten, 'lokale' markt, hier zijn wellicht standaards te ontwikkelen. Daarnaast verantwoordelijkheid individuele bedrijven</p> <p>Harmonisatie van regelgeving. Level playing field. Anderzijds kan het ook business opportuniteiten opleveren. Misschien moeten emitters een gezamenlijk fonds oprichten om verantwoordelijkheid rond CCS te dragen</p>	Chemie neemt voortouw
Ontwikkel modellen waarmee tijdvenster voor benutten oude gasvelden is te vergroten, liability issues (invloed op risico 10 en 11)	<p>Deze modellen moeten ontwikkeld worden door de industrie maar de wet- en regelgeving (staatstoezicht op de mijnen) dient hiertoe wel te worden aangepast. Ook zou de overheid fiscale maatregelen t.b.v. mature fields kunnen overwegen</p> <p>Om deze modellen te ontwikkelen, is juridische kennis benodigd van de RUG (gespecialiseerd in ondergrond & recht) waarbij verschillende scenario's van samenwerking dienen te worden uitgewerkt</p>	Chemische industrie, VNCI, experts uit bedrijven en kennisinstellingen
Werk actief met andere sectoren aan langetermijnvisie op CO ₂ (waaronder CCS) (invloed op risico 11)	<p>Vertaling maken van roadmaps 2050 naar CCS invulling vanuit relevante industriesectoren door brancheorganisaties met EL&I. VNCI/chemische industrie kan hier proactief om tafel zitten met andere partijen die met CCS bezig zijn. Zij hebben chemie nog niet voldoende op de radar. VNCI kan i.s.m. VNO een internationaal verankerde langetermijnstrategie ontwikkelen. Revitaliseren nationaal platform CCS om de CCS-optie voor de chemische industrie op de langere termijn beschikbaar te maken</p>	Chemische industrie, aanvullende partijen VNCI, VNO-experts uit bedrijven en kennisinstellingen

RANDVOORWAARDE	OPLOSSINGSRICHTING	WIE BETROKKEN?
Onderzoek mogelijkheden van het betrekken van verzekeringsmaatschappijen bij veiligheidsissues (invloed op risico 8, 10 en 11)	Verzekeraars moeten polis ontwikkelen met overheid als terugvaloptie (terrorismeclausule). Verzekeraars zijn goed in inschatting van de risico's, kunnen samen met de industrie optrekken	Chemische industrie, verzekeraars
Aansluiten op (inter) nationale CCU roadmaps; technisch en economisch potentieel VNCI/Catoll niet of nauwelijks meegenomen. (invloed op risico 4)	Het gaat over het gezamenlijk vaststellen van doel (-80% CO ₂) en weg daar naartoe met rol voor CCS en CCU (en andere mitigatiemogelijkheden). Industrie kan hier prima initiatief voor nemen en in later stadium voorleggen aan overheid. Duidelijk internationaal perspectief. Push van product routekaart en bijbehorende randvoorwaarden in EU-/NL-context (VNCI/Cefic)	VNCI, Cefic
Demoprojecten met overheid (invloed op risico 1, 2, 3, 4 en 8)	Verhoog betrokkenheid maatschappelijk veld via NGO's. Samenwerking met kennisinstellingen is belangrijk voor 'neutrale' demonstratie. R&D: niet alleen focus op kans, maar ook op effect. Onderzoek de realiteitswaarde van risicomodellering en van de mogelijkheden om nieuwe veiligheidsmaatregelen mee te wegen in het model. Onafhankelijke partij met grote credibility: na onderzoek naar breed gedragen ontwerpstandaard, een realistische en transparante demo. Nieuwe Amvb buisleidingen (voor o.a. high pressure CO ₂ -transport) al drie jaar pending. Lobby voor redelijke richtlijnen Sluit aan bij Euroscops (EU programma met 7 onshore opslag pilot projecten, ook in Duitsland!). VCI (Duitsland) heeft roadmap ontwikkeld. Start samen met Engelse Duitse, Franse en Belgische collega's een gezamenlijke discussie.	NGO's, VCI, VNCI, Cefic, chemische industrie
Chemicals based CO ₂ capture kan een grote industrie worden. Hiervoor zijn NI Chemical Engineering Process capaciteiten nodig (invloed op risico 10 en 11)	Chemie moet zelf voortouw nemen en zou een fundamentele onderzoekslijn moeten worden in Topsector Chemie. Clean tech delta en aangesloten bedrijven investeren in competences en IP-positie opbouwen. Actief participeren in ontwikkelingen (technologie) CCS chain	Chemie, kennisinstellingen

TABEL 16 randvoorwaarden oplossingsrichting CCS/CCU

8.4 CONCLUSIE

CCS is een belangrijke oplossingsrichting voor de chemie richting 2030, hoewel bij de huidige CO₂ prijzen de projecten niet rendabel zijn. Ook moeten de ontwikkelingen op het gebied van CCU nauwlettend in de gaten gehouden worden en is het van belang in te zetten op verdere uitbouw van deze oplossingsrichting, zowel in potentie als imago. Een eigen NL CCU roadmap is hierbij van belang en die

roadmap inbrengen in CATO III is een optie om chemie meer op dit spoor te zetten. De tijdfactor is belangrijk: zowel voor de window of opportunity voor velden op de Noordzee als voor langlopende liability-afspraken.