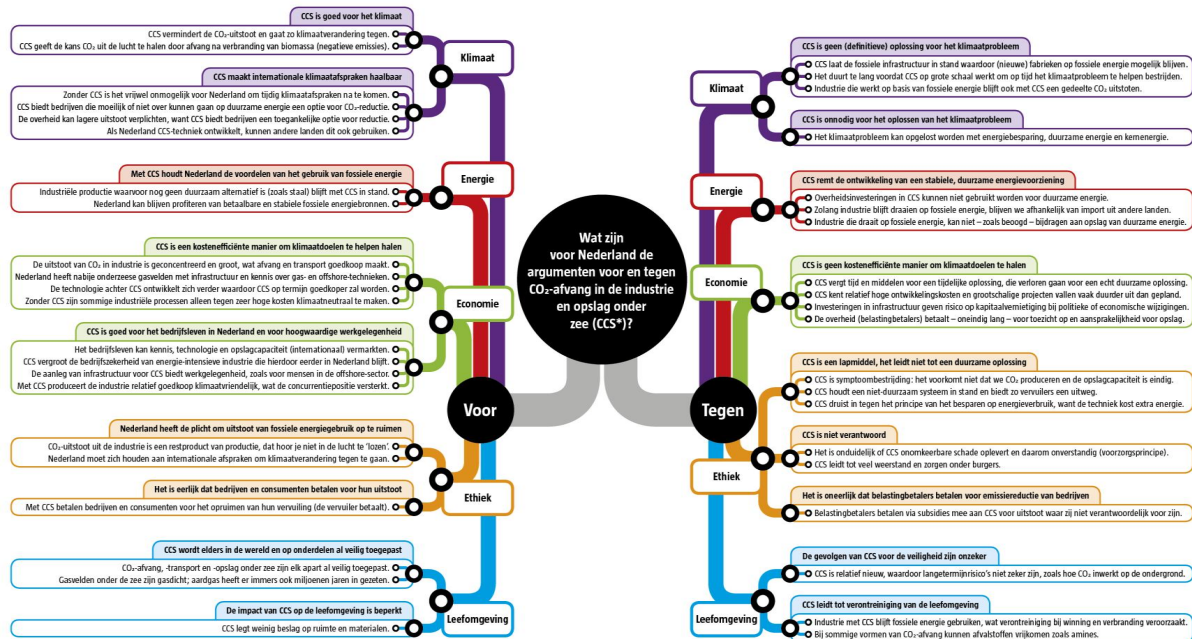


Routekaart CCS

CO₂-afvang en -opslag, een ongemakkelijk maar onmisbaar onderdeel van de energietransitie

Argumentenkaart CO₂-afvang en -opslag (CCS*)



Over deze kaart

*CCS staat voor Carbon Capture and Storage, het afvangen, transporteren en opslaan van CO₂ in de volkomend meest CO₂-opslag gemeenschap. CCS wordt toegepast bij fabrieken die draaien op fossiele brandstoffen of biomassa gebruiken, om te voorkomen dat de CO₂ die daarbij vrijkomt in de atmosfeer terecht komt. Bij verbranding van biomassa (plantenrijk materiaal) komt, zonder afvang, eveneens CO₂ in de atmosfeer als er eerder is uitgehaald door de groei van planten. Door CO₂ af te vangen bij verbranding neutraliseert er dus CO₂ uit de atmosfeer (negatieve emissies). Op deze kaart kijken we naar een specifieke toepassing van CCS: de

afvang van CO₂ uit de industrie (bij fabrieken en dus niet bij elektriciteitscentrales) en opslag van CO₂ onder de zee (in lege gasvelden). Deze toepassing is in lijn met de ambities van het huidige kabinet. De kaart gaat uit van het bestaan van een klimaatprobleem en van de internationale afspraken om uitstoot van broeikasgassen terug te dringen zoals afgesproken in Parijs in 2015. De belangrijkste afspraak is dat we de opwarming van de aarde beperken tot ruim onder 2 graden met het streven naar 1,5 graden. Dat betekent dat de industrie haar CO₂-uitstoot in de

atmosfeer vrijwel geheel moet stoppen. Op deze kaart gaan we ervanuit dat Nederland maatregelen neemt om aan de Klimaatafspraken van Parijs te voldoen, inclusief de financiële gevolgen. CCS is één van de opties om - in combinatie met andere maatregelen - de klimaatdoelen te realiseren. Deze kaart is een herziening van de Argumentenkaart CCS uit 2010 die ontstond uit de discussie over een andere toepassing van CCS, namelijk de afvang bij kolen- en gascentrales en opslag onder land. Deze kaart is gemaakt op basis van literatuuronderzoek en discussies met een brede groep deskundigen. Wij danken de deskundigen voor hun bijdrage.

Hans Warmenhoven, Margriet Kuijper,
Jan Paul van Soest, Harry Croezen, en
Nanda Gilden

5 maart 2018

Colofon

Dit rapport is in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat samengesteld door De Gemeynt, CE Delft en Margriet Kuijper Consultancy. Het rapport is tot stand gekomen met steun van TNO en het CATO programma en in nauwe samenwerking met een groot aantal belanghebbenden die op verschillende momenten input hebben geleverd.

Publicatienummer: Pb2018-001

© De Gemeynt Coöperatie U.A.

Maart 2018

De Gemeynt Coöperatie U.A.

Elsbosweg 53

7381 BJ Klarenbeek

T 055 301 26 92

www.gemeynt.nl

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	11
2. De positie van CCS in de transitie	13
2.1 Internationaal perspectief	13
2.2 Nationaal perspectief	14
2.3 Discussie	16
2.4 Conclusie	16
3. Toepassingsgebieden van CCS	17
3.1 Vraagstelling	17
3.2 Huidige bronnen	17
3.3 Nieuwe bronnen	18
3.4 Primaire bronnen	19
3.5 Conclusies	21
4. Randvoorwaarden voor implementatie	22
4.1 Probleemstelling	22
4.2 Realisatie eerste opstartprojecten	22
4.3 Organisatie transport- en opslaginfrastructuur	23
4.5 Juridisch aspecten	29
4.6 R&D-programma	31
4.7 Maatschappelijk draagvlak	32
5. De routekaart	35
5.1 Het proces	35
5.2 Organisatie van de CCS-implementatie	36
Bijlage I: Procesbeschrijving routekaart	38
Bijlage II: Achtergrondinformatie over relevante bronnen.....	40
Bijlage III: Literatuurlijst organisatie en juridisch	45
Bijlage IV: Knelpunten juridische regelingen	48
Bijlage V: Argumentenkaart	52

Samenvatting

Inleiding

Uit vrijwel alle (mondiale) scenario's komt naar voren dat het halen van de klimaatdoelstelling (klimaatakkoord, Parijs 2015) om de opwarming te beperken tot maximaal 2 graden niet mogelijk is zonder de inzet van de optie CO₂-afvang en -opslag (CCS: Carbon Capture and Storage). Deze optie roept echter ook veel discussie op. De vraag is hoe CCS in Nederland tot ontwikkeling kan komen, gegeven de verschillende belangen en gegeven de maatschappelijke discussie die volop speelt. De voorliggende routekaart beantwoordt die vraag.

Bij de start van het routekaartproces zijn drie uitgangspunten meegegeven:

- CCS zal met name geïntroduceerd worden bij de industrie;
- Opslag vindt alleen plaats onder zee;
- Er wordt nog geen rekening gehouden met mogelijke im- of export van CO₂.

Deze routekaart CCS is, op verzoek van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), ontwikkeld door een consortium bestaande uit De Gemeeynt, CE Delft, Margriet Kuijper Consultancy. Het proces om te komen tot de routekaart is ondersteund vanuit het CATO-programma en TNO met kennis en expertise. In deze routekaart staat op hoofdlijnen wat het langetermijnperspectief voor CCS is in Nederland en welke stappen er op de korte termijn genomen moeten worden om te zorgen dat de optie ook tot ontwikkeling kan komen.

De inhoud van de routekaart is vormgegeven in nauwe samenspraak met een groot aantal stakeholders, experts, industrie, maatschappelijke organisaties (NGO's: Niet-Gouvernementele Organisaties), overheden, en anderen, die in verschillende fases zijn betrokken bij het proces. Hier en daar wordt gerefereerd aan de mate waarin de betrokken partijen de in de routekaart gemaakte keuzes ondersteunen. Daarbij worden geen namen of organisaties genoemd omdat dat niet expliciet is getoetst; de uiteindelijke inhoud van de routekaart is dan ook de volledige verantwoordelijkheid van de auteurs.

Snelle CO₂-reductie vergt inzet CCS

Een van de voornaamste redenen waarom CCS in veel studies een onmisbaar element is in de transitie naar vergaande CO₂-emissiereducties, is dat er binnen delen van de industrie geen betaalbare alternatieven zijn waarmee snel genoeg de benodigde emissiereducties kunnen worden gerealiseerd. Die snelheid is een cruciale factor. Om binnen het zogeheten Carbon Budget te blijven dat voortvloeit uit de in Parijs vastgestelde klimaatdoelen, moeten de emissies vooral snel naar beneden. Eenzelfde reductie is voor het klimaat op korte termijn veel meer waard in 2020 dan later, in 2040 bijvoorbeeld. Binnen de industrie kan de benodigde snelle afname van de emissies in 2030 niet gerealiseerd worden met enkel efficiencyverbetering en de inzet van duurzame energie.

CCS heeft voor deze kortere termijn de potentie van 'veel en snel': grote volumina CO₂-reductie die in relatief korte tijd te halen zijn. Dat is gezien de urgentie van het klimaatprobleem noodzakelijk. Daarnaast geven veel studies aan dat het om de

tweegradendoelstelling niet te overschrijden nodig is om op termijn negatieve emissies te realiseren. Ook daarvoor is CCS een onontbeerlijke optie.

Sommige partijen geven aan dat de technische ontwikkelingen in de industrie snel gaan en dat het dus mogelijk is dat er al sneller aantrekkelijke alternatieven komen voor CCS. De meeste partijen zien echter wel dat de mogelijkheid dat andere opties zich snel ontwikkelen geen reden is om CCS niet verder in ontwikkeling te brengen. Immers, innovaties zijn onzeker en kosten in het algemeen veel tijd¹. Alleen al uit oogpunt van risicomanagement zal er een alternatief voorhanden moeten zijn voor als de innovaties waarop wordt gehoopt niet of niet tijdig succesvol en betaalbaar zijn.

Categorisering om prioriteiten voor CCS te bepalen

De mate waarin CCS binnen de Nederlandse context toegepast kan worden staat wel ter discussie. Momenteel bedraagt de emissie van grote bronnen in Nederland waar CCS in theorie zou kunnen worden toegepast (industrie en energiecentrales) 85 Mton per jaar. Om te beoordelen bij welke bronnen met prioriteit aan CCS zou moeten worden gewerkt is een drietal criteria geformuleerd:

- De mate waarin verwacht wordt dat bedrijfstakken waarin CCS mogelijk is tot 2050 nog perspectief hebben binnen een klimaatneutrale economie;
- De mate waarin er voor de betreffende bedrijfstakken alternatieve maatregelen zijn om de CO₂-emissies terug te dringen;
- De kosten van toepassing van CCS versus alternatieven.

Op basis van discussies met experts en stakeholders hierover wordt geconcludeerd dat er binnen Nederland met CCS gestart zou moeten worden met drie groepen CO₂-bronnen:

- I. Industriële bronnen die nog een langetermijnperspectief hebben, en waarvoor er tot 2050 geen of onvoldoende alternatieven zijn voor CCS.
- II. Industriële bronnen die tot 2050 weliswaar een afnemend perspectief hebben, maar voorlopig nog een aanzienlijke rol zullen vervullen en dus nog een aanzienlijk hoeveelheid CO₂ zullen emitteren, terwijl er geen of onvoldoende alternatieven zijn voor CCS.
- III. Een meer toekomstgerichte groep bronnen die ingezet kan worden om de transitie naar vergaande emissiereductie verder door te zetten. Het gaat dan om de ontwikkeling van klimaatneutrale waterstof op basis van aardgas, waarbij de CO₂ opgeslagen wordt (pre-combustion CCS) en om het realiseren van negatieve emissies met CCS.

In tabel S1 worden de drie groepen weergegeven.

¹ Innovatiebeleid in tijden van maatschappelijke uitdagingen, Frenken en Hekkert, 2017

Tabel S1: Primaire bronnen voor de inzet van CCS

		Mton/jaar Gem 2013- 2016	Jaarlijkse kosten M€ minimaal	Jaarlijkse kosten M€ maximaal	Kosten afvang €/ton
Groep I	Staalproductie Specifieke bedrijven chemie	12	600	780	50-65
Groep II	Raffinaderijen, stoomkrakers H ₂ -productie, NH ₃ -productie, AVI's	32	1.600	2.700	20-85
Groep III	Productie "blauwe" waterstof uit aardgas (pre-combustion CCS), creatie van negatieve emissies door toepassing van CCS gekoppeld aan biomassa-inzet.	Nog niet te bepalen.			

Voor de bedrijven in groep I en groep II geldt dat deze bronnen nog geruime tijd veel CO₂ zullen blijven emitteren en dat er geen alternatieven zijn voor CCS waarmee de emissies voldoende snel en in voldoende omvang teruggebracht kunnen worden. Bij groep II kan, omdat deze activiteiten een afnemend perspectief hebben, de zorg ontstaan dat toepassing van CCS leidt tot een lock-in. Die vraag speelt bijvoorbeeld bij raffinaderijen, die als gevolg van alternatieve energiedragers in de transportsector een afnemende rol zullen gaan vervullen. Het beleid als gevolg waarvan de vraag naar fossiele brandstoffen afneemt, en die dus ook de toekomst van de raffinaderijen bepaalt, zal echter niet beïnvloed worden door de mate waarin er bij raffinaderijen CCS wordt toegepast; er is dan geen sprake van een lock-in.

De derde groep bestaat uit potentiële nieuwe bronnen. Denk aan centrale waterstofproductie uit aardgas, waarbij de CO₂ wordt afgevangen en opgeslagen (pre-combustion CCS). De waterstof (H₂) kan vervolgens voor diverse energetische functies ingezet worden. Door centraal waterstof te produceren en door toepassingen en H₂-infrastructuur te ontwikkelen wordt voorgesorteerd op latere "groene" waterstof uit duurzame energie. Deze is nu nog veel duurder, maar op termijn zullen de kosten ervan wel dalen. Via deze benadering met centraal geproduceerde waterstof die later door groene waterstof wordt vervangen kunnen ook kleinere energiegebruikers en wellicht back-up elektriciteitscentrales met zeer beperkte draaiuren gebruik maken van CO₂-opslag. Door CCS te koppelen aan de inzet van biomassa als energiedrager, bijvoorbeeld in de vorm van groen gas, kunnen negatieve emissies gerealiseerd worden. Dat kan zowel bij de mogelijke inzet van biogene energiedragers als grondstof voor de industrie als wanneer deze brandstoffen worden benut voor elektriciteitsproductie. De snelheid waarmee en de mate waarin deze opties ingezet worden is afhankelijk van de keuzes die breder in het transitiebeleid worden gemaakt.

Deze drie groepen zouden, omdat het gaat om "no regret" opties, de basis moeten vormen voor de uitrol van CCS en dus ook voor de inrichting van de aan te leggen transport en opslag infrastructuur. Dat betekent niet automatisch dat de totale emissies van deze groepen middels CCS afgevangen worden. Los van CCS zullen, autonoom en op basis van duurzaamheidsbeleid, de emissies al afnemen. Als het beleid in het licht van 'Parijs' wordt aangescherpt blijft van belang dat het zich vooral blijft richten op het ontwikkelen en implementeren van andere opties die een meer duurzame oplossing bieden, zodat de noodzaak om CCS in te zetten zo klein mogelijk is.

De keuze voor deze drie groepen neemt niet weg dat, als er eenmaal een basis ligt voor CCS in de vorm van werkende ketens van afvang-transport-opslag, ook andere bronnen, als dat voor hen het gunstigst is, CCS zouden kunnen gaan toepassen. Dat is mede afhankelijk van beleidskeuzes en de snelheid waarmee voor deze bronnen alternatieve maatregelen goedkoper worden.

In deze analyse is niet expliciet gekeken naar de mogelijkheden voor het nuttig gebruik van CO₂, CCU (Carbon Capture and Utilization). Vooralsnog lijkt het potentieel voor nuttig gebruik van CO₂ nog niet voldoende om de grote hoeveelheden CO₂ die afgevangen moeten worden te kunnen verwerken. Wel is er een aantal interessante ontwikkelingen die onder andere binnen het CO₂-smart grid² worden uitgewerkt. Bij de uitrol van CCS zal met deze ontwikkelingen rekening gehouden moeten worden, zodanig dat er een koppeling kan worden gemaakt vanuit de CCS-infrastructuur met de toekomstige afnemers van CO₂.

Aanpassing randvoorwaarden is noodzakelijk

Het is duidelijk dat CCS niet 'vanzelf' toegepast zal gaan worden. De huidige randvoorwaarden zijn onvoldoende aantrekkelijk voor (markt)partijen om in CCS te investeren. In de routekaart is een aantal randvoorwaarden benoemd waaraan voldaan zal moeten worden om CCS toegepast te krijgen:

- Aanwezigheid van partijen die de benodigde transport- en opslaginstructuur gaan ontwikkelen en beheren. Zolang die infrastructuur er niet is zullen er ook geen partijen zijn die gaan investeren in de afvang, noch in het openhouden van gasvelden waarin CO₂ kan worden opgeslagen.
- Praktijkervaring met de hele CCS-keten. Weliswaar zijn er geen technische belemmeringen voor de toepassing van CCS, maar binnen de Nederlandse context is nog nooit in de praktijk een CCS-keten van afvang - transport - opslag gerealiseerd. Zoals bij alle nieuwe ontwikkelingen zullen de kosten voor eerste projecten relatief hoog zijn, waarna de kosten voor verdere projecten snel kunnen dalen.
- Een business case voor de toepassing van CCS. Die is er nu niet; daarvoor zijn de huidige CO₂-prijzen veel te laag en de verwachte prijsstijgingen zijn daarvoor in de komende jaren ook onvoldoende en te onzeker.
- Een passende juridische context voor de toepassing van CCS. Er is nu een aantal wetten en regels die nog knelpunten opleveren. Er worden nu van partijen die investeren in CCS nog hoge, haast onbeperkte financiële zekerheden gevraagd, die een belangrijke belemmering zijn voor partijen om in CCS te stappen.
- Een passend R&D-programma dat de verdere implementatie van CCS en de daaraan gerelateerde aspecten van CCU ondersteunt.
- Gerichtte aandacht voor de brede maatschappelijke acceptatie van CCS waarbij onder andere ingegaan wordt op de vragen die er zijn bij verschillende stakeholders over alle aspecten van CCS.

² www.bloc.nl/nl/bloc-works/co2-smart-grid/

Voor de kortere termijn zijn de volgende drie randvoorwaarden kritisch:

1. Ontwikkeling van een financieel instrument waarmee een overzienbaar aantal (twee tot vier) eerste CCS-projecten kunnen worden gerealiseerd. Dit instrument zou zich specifiek moeten richten op het realiseren van projecten binnen de groepen I en II zoals die eerder gedefinieerd zijn. Dit instrument zou de vorm kunnen krijgen van een CCS-specifieke financiële regeling. De financiering van dit soort projecten kan worden afgebouwd als de eerste CCS-ketens zijn gerealiseerd en CCS zich verder kan ontwikkelen onder een generiek CO₂-instrument, zie punt 3, voor de industrie.
2. Zorgdragen dat er partijen komen die de verantwoordelijkheid op zich nemen voor het realiseren van de noodzakelijke transport- en opslaginfrastructuur. Omdat de financiële risico's voor deze partijen betrekkelijk hoog zijn en deze risico's in belangrijke mate bepaald worden door het overheidsbeleid, ligt het voor de hand om deze rol neer te leggen bij geschikte publieke partijen. Mocht daar niet voor worden gekozen dan zal de overheid randvoorwaarden moeten creëren waardoor het voor marktpartijen aantrekkelijk wordt te investeren in infrastructuur, wat betekent dat de risico's weggenomen en/of financieel afgedekt moeten worden. Het beeld bij de routekaart is wel dat de publieke route het best begaanbaar is. Ongeacht welke route gekozen wordt zal geborgd moeten worden dat de lange termijn risico's voor de partijen die de verantwoordelijkheid voor de opslag op zich nemen beperkt worden.
3. Ontwikkeling van een generiek instrument gericht op het terugdringen van de CO₂-emissies binnen de industrie. Daarmee wordt bedoeld een instrument dat alle CO₂-reducties in de industrie ondersteunt, inclusief CCS. In eerste instantie zal het waarschijnlijk moeten gaan om een tender-achtig instrument. Uit de inschrijvingen op de generieke tender blijkt dan wel in hoeverre CCS inderdaad een optie is die de belofte van 'veel en snel' kan waarmaken, of dat andere opties CCS aftroeven. Het beoogde instrument moet op lange termijn zekerheid bieden voor het financieren van de onrendabele top zolang de CO₂-prijzen nog laag zijn. Parallel hier aan moet gekeken worden hoe in Nederland, mogelijk samen met omringende landen, een minimum CO₂-prijs kan worden gerealiseerd die er voor zorgt dat de bedrijven zelf zo veel mogelijk bijdragen en de kosten van de subsidieregeling dus beperkt blijven en op termijn ook nul worden. Dit is met name belangrijk omdat vooral de milieuorganisaties veel bezwaren hebben tegen subsidies voor CCS. Zo'n soort generiek CO₂ instrument moet niet leiden tot verdere uitholling van het ETS, waterbedeffect³. Dat kan voorkomen worden door, voor de gerealiseerde emissiereducties, emissierechten op te kopen uit het ETS.

Hoewel de laatste randvoorwaarde niet CCS-specifiek is, is het wel heel belangrijk dat deze zo snel mogelijk ingevuld wordt. Aan de ene kant omdat het, als dit instrumentarium ingevoerd is, voor de industrie onontkoombaar is dat men de emissies terug moet gaan dringen en dat vergroot ook de bereidheid om mee te werken aan de eerste CCS projecten en zal daarmee ook prijsverlagend werken. Maar ook omdat de beschikbaarheid van een generiek instrument alle stakeholders het vertrouwen geeft dat investeringen in de

³ Omdat alle deelnemers aan het ETS onder een gezamenlijk emissieplafond opereren leiden emissiereducties bij het ene bedrijf niet tot een afname van de totale emissies omdat het plafond niet verandert. De ruimte die vrijkomt door de reducties bij dat ene bedrijf kunnen namelijk benut worden door andere bedrijven.

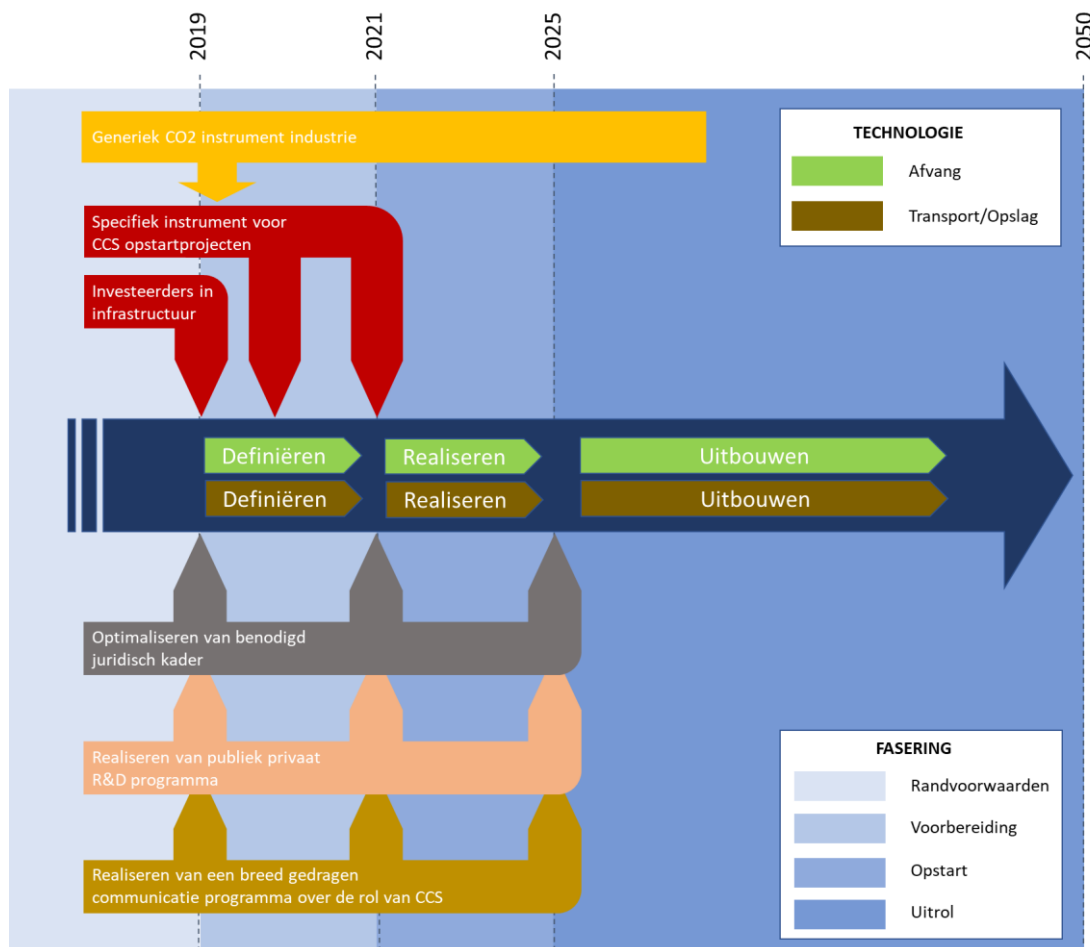
opstartprojecten ook gevolgd zullen worden door bredere toepassing en het niet bij een enkel project blijft.

Op basis van het routekaarttraject is geconcludeerd dat er juridisch geen onoverkoombare belemmeringen zijn voor de realisatie van de eerste CCS-projecten. Er zijn echter wel verschillende juridische aspecten die moeten worden verbeterd om de financiële risico's voor de betrokken spelers acceptabel te krijgen.

Stapsgewijze aanpak uitrol CCS

In onderstaand figuur S1 staat de routekaart schematisch weergegeven. In het schema staan naast de hier boven genoemde kritische randvoorwaarden ook de noodzaak van de opzet van een gezamenlijk R&D-programma, de verdere optimalisatie van de juridische context alsook de noodzaak te werken aan communicatie over CCS opgenomen. In het schema wordt ook een indicatie gegeven van de timing van de realisatie van de CCS-projecten en de afhankelijkheid van deze realisatie van de kritische randvoorwaarden.

Figuur S1: Routekaart CCS



De figuur laat zien dat de realisatie van de eerste CCS-projecten wordt voorzien in de periode 2021-2025. De projecten die nu al voorbereid worden zullen eerder in die periode operationeel zijn terwijl de relatief nieuwe projecten wat meer tijd nodig zullen hebben. Hoewel de routekaart daar geen kwantitatieve uitspraak over doet is het beeld dat, indien de noodzakelijke randvoorwaarden tijdig worden ingevuld, CCS ook in 2030 al een substantiële bijdrage kan leveren aan het terugdringen van de emissies. Wel is het daarvoor noodzakelijk dat er geen verdere tijd verloren gaat, en dus een voortvarende start wordt gemaakt in 2018.

De uitvoering van deze routekaart vraagt om een nauwe samenwerking tussen de overheid, die de noodzakelijke randvoorwaarden moet invullen, de consortia rond de eerste concrete CCS-projecten die in onderlinge afstemming invulling moeten geven aan de eerste CCS-ketens, en de gehele gemeenschap rond CCS die gezamenlijk moet communiceren over de rol van CCS binnen de transitie. Gezien de complexiteit van het proces, de twijfel die weer makkelijk de kop op kan steken rond CCS, en de hoge aanloopkosten die er mee gemoeid zijn, is een hechte samenwerking tussen al deze partijen cruciaal voor een succesvolle implementatie. De samenwerking kan zich, zoals eerder gezegd, gesteund weten door de kennis dat zonder CCS de doelstellingen van het mondiale klimaatakkoord niet haalbaar zijn.

De voorliggende routekaart kan als input dienen voor het proces dat moet leiden tot een nationaal klimaatakkoord in 2018. Gezien de urgentie van het klimaatprobleem verdient het aanbeveling om niet op de uitkomst van dit onderhandelingsproces te wachten voordat begonnen wordt met de invulling van een aantal CCS specifieke randvoorwaarden.




1. Inleiding

Binnen het beleid gericht op het beperken van klimaatverandering is CO₂-afvang en -opslag (CCS) één van de meer controversiële opties. Aan de ene kant tonen vele studies aan dat het een onvermijdelijke optie is binnen ieder scenario dat leidt naar nul CO₂-emissies, aan de andere kant wordt CCS gezien als een “end of pipe” oplossing die duur is, veel energie kost, de fossiele industrie in het zadel houdt en de ontwikkeling van werkelijk duurzame opties in de weg staat. Maar al te makkelijk kan als gevolg van deze spreiding aan standpunten een patstelling ontstaan waardoor de optie niet of veel te laat tot ontwikkeling komt. Dat risico speelt vooral bij een technologie als CCS, omdat het een optie is die meteen vraagt om relatief grootschalige investeringen in apparatuur en infrastructuur.

Hoewel er dus veel bezwaren tegen CCS zijn laten vrijwel alle wetenschappelijke studies zien dat het een onontkoombare optie is als de opwarming van de aarde onder de 1,5 tot 2 graden Celsius moet worden gehouden, zoals in het Parijse klimaatakkoord is afgesproken. Over deze gedachtegang zijn de meeste partijen het wel eens. Het zijn meestal andere argumenten dan deze die naar voren komen als de uitrol van CCS wordt besproken: hoe verhoudt CCS zich (bij inzet in Nederland) tot andere reductieopties, naar welke opties gaan, gegeven beperkte budgets, de financiële middelen, waarvoor is maatschappelijk en politiek draagvlak, wie betaalt voor de verschillende opties de rekening?

Er is brede overeenstemming dat CCS in Nederland alleen succesvol kan worden ingevoerd als er een breed draagvlak bestaat voor de optie en de specifieke rol die de optie krijgt binnen de energietransitie. Daarom heeft het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK), mede naar aanleiding van de energiedialoog die in 2016 is gevoerd, de opdracht gegeven tot het opstellen van een breed gedragen CCS Routekaart voor Nederland. De doelstelling was om binnen een breed stakeholderproces met name te kijken naar de niet technische barrières en te zoeken naar een breed gedragen visie op wat de rol van CCS binnen de transitie zou kunnen zijn, en welke stappen er ondernomen moeten worden om te zorgen dat deze rol ook gerealiseerd kan worden. De routekaart is mede gebaseerd op een voorstudie die begin 2017 is uitgevoerd⁴.

Bij de start van het routekaartproces zijn drie uitgangspunten meegegeven:

-  CCS zal met name geïntroduceerd worden bij de industrie;
-  opslag vindt alleen plaats onder zee;
-  er wordt nog geen rekening gehouden met mogelijke im- of export van CO₂.

De routekaart is opgesteld door De Gemeeynt in samenwerking met CE Delft en Margriet Kuijper Consultancy met inhoudelijke steun van het CATO-programma en TNO. De inhoud van de routekaart is vormgegeven in nauwe samenspraak met een groot aantal stakeholders, experts, industrie, maatschappelijke organisaties (NGO's: Niet-Gouvernementele Organisaties), overheden, en anderen, die in verschillende fases op verschillende manieren zijn betrokken bij het proces.

⁴ Routekaart CCS, verkenning, De Gemeeynt Coöperatie U.A., 2017

In bijlage I staat een lijst met betrokken partijen en wordt globaal beschreven welke stappen zijn gezet om te komen tot dit resultaat. De schrijvers van de routekaart hebben er steeds naar gestreefd te komen tot een afgewogen beeld van de resultaten van de stakeholdergesprekken en de relevante literatuur. Hier en daar wordt gerefereerd aan de mate waarin de betrokken partijen de in de routekaart gemaakte keuzes ondersteunen. Daarbij worden geen namen of organisaties genoemd omdat dat niet expliciet is getoetst. Hoewel de inhoud van de routekaart dus in belangrijke mate is bepaald door alle betrokken partijen moet het wel duidelijk zijn dat de verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit document volledig ligt bij de auteurs.

Deze routekaart bestaat uit de volgende onderdelen:

- Hoofdstuk 2, een korte beschrijving over het belang van CCS binnen de transitie. Dit hoofdstuk is gebaseerd op recente literatuur over het belang van CCS op mondiale schaal en binnen Nederland, en op een discussiebijeenkomst met een aantal experts en stakeholders;
- Hoofdstuk 3 analyseert welke bronnen in aanmerking komen voor de toepassing van CCS;
- Hoofdstuk 4 gaat in op de noodzakelijke randvoorwaarden voor de invoering van CCS in Nederland;
- Hoofdstuk 5 is de routekaart zelf, waarin staat welke acties op de langere en kortere termijn genomen moeten worden om te zorgen dat CCS succesvol geïmplementeerd kan worden.

Mede in verband met het opstellen van deze routekaart heeft het CATO-programma een herziene argumentenkaart voor CCS opgesteld die ook op de voorkant van deze rapportage staat, zie ook bijlage V.

2. De positie van CCS in de transitie

2.1 Internationaal perspectief

Binnen de internationale gemeenschap die zich bezighoudt met de noodzakelijke stappen om te zorgen dat de opwarming van de aarde beperkt blijft tot de in Parijs afgesproken doelen is het belang van CCS nagenoeg onweersproken. In het in 2014 verschenen vijfde assessment report van het IPCC⁵ wordt het belang van CCS en ook BECCS (inzet van biomassa gekoppeld aan CCS om daarmee negatieve emissies te bereiken) als onderdeel van de totale mitigatiestrategie duidelijk neergezet. In dit rapport wordt ook aangegeven dat het realiseren van de beoogde emissiedoelen aanzienlijk duurder wordt als deze opties niet of beperkt inzetbaar worden.

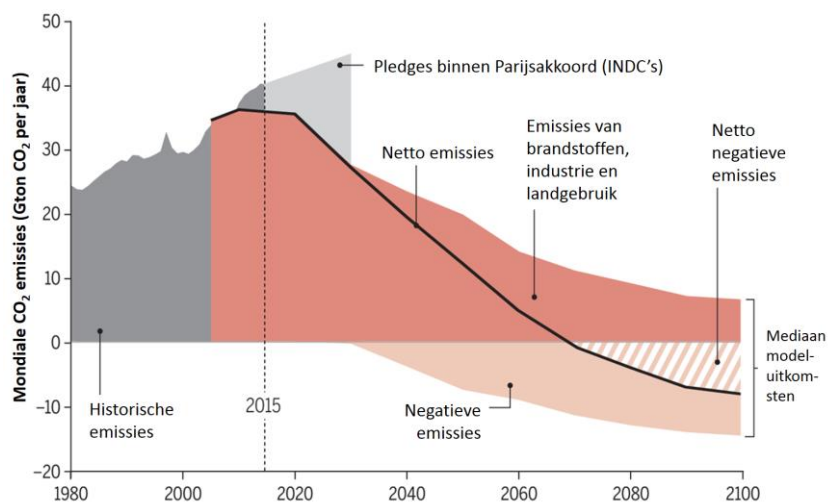
Een belangrijke drijfveer voor de inzet van CCS is het zogeheten carbon budget, de totale (cumulatieve) CO₂-emissie die nog uitgestoten mag worden om onder een bepaald opwarmingsniveau te blijven. In het laatste rapport van het IPCC werden 900 scenario's gepresenteerd⁶ die zijn doorgerekend met 30 Integrated Assessment Models (IAM's). Op basis van 76 scenario's kon worden afgeleid dat de cumulatieve hoeveelheid CO₂-emissies die nog uitgestoten mag worden door de mensheid, het zogenaamde 'Carbon Budget', ligt tussen 600 en 1200 miljard ton, ofwel 17 tot 33 keer de huidige mondiale CO₂-emissies⁷. Dit vereist dat in de tweede helft van deze eeuw de antropogene broeikasgasemissies (in CO₂-equivalenten) in evenwicht moeten zijn met de opname daarvan, zie figuur 1.

⁵ Climate Change 2014, Synthesis Report, Summary for Policymakers, IPCC 2014

⁶ Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Edenhofer et al, IPCC 2014

⁷ Integrated Assessment: Back to the Future. Inaugural Lecture., D. Van Vuuren, Utrecht: Universiteit van Utrecht 2015

Figuur 1: Noodzakelijke ontwikkelingen van de mondiale CO₂-emissies in verband met de Parijs-doelstellingen⁸.



De figuur laat zien dat de huidige plannen om Parijs te halen ruim onvoldoende zijn, maar ook dat, omdat er altijd bronnen van broeikasgassen zullen blijven, met name in de landbouw, het onvermijdelijk is dat er op grote schaal 'negatieve emissies' worden gecreëerd: het actief verwijderen en vastleggen van CO₂ uit de atmosfeer. Dit zou vanaf 2030 ingezet moeten worden en op mondiale schaal moeten groeien tot zo'n 20 Gton CO₂ per jaar in 2100 (de mediaan van de modeluitkomsten), wat gelijk is aan bijna de helft van de huidige mondiale CO₂-emissies.

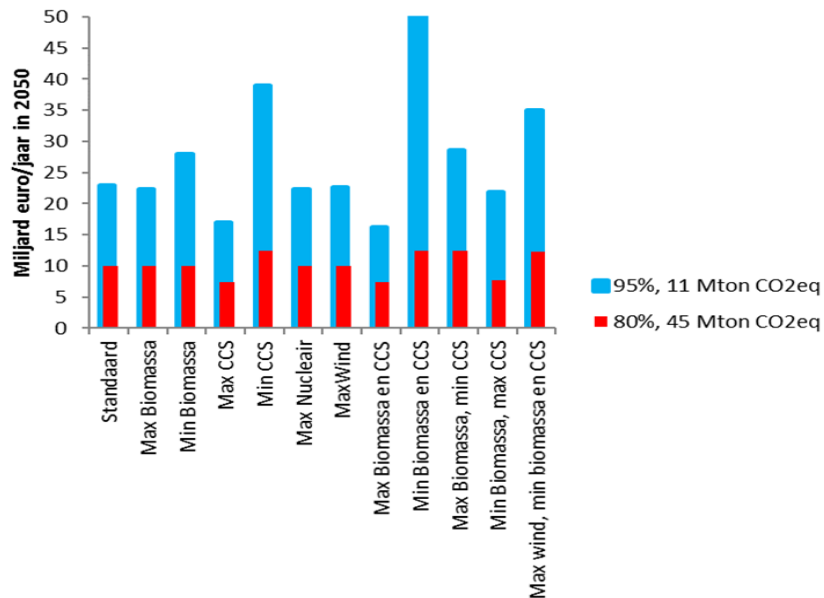
2.2 Nationaal perspectief

De analyse van het belang van CCS binnen de transitie in Nederland is in belangrijke mate ontleend aan een uitgebreide studie van het PBL⁹ en aan de toelichting daarop tijdens een, in het kader van het routekaartproces georganiseerde, specifieke CCS-nut en noodzaak-sessie met andere experts, overheden (nationaal en lokaal), bedrijven en NGO's. In de PBL-studie uit 2017 worden de klimaatdoelen voor 2050 verkend en vertaald in korte termijnacties. Het gaat hier om een integrale studie die alle Nederlandse bronnen onderzoekt en bekijkt welke kosteneffectieve maatregelenpakketten ingezet kunnen worden binnen Nederland om 80 respectievelijke 95%-emissiereductie in 2050 te kunnen realiseren. Daarbij is ook gekeken wat de beelden voor 2050 betekenen voor wat er al in 2030 moet gebeuren. Figuur 2 laat de resultaten van de studie zien. In de figuur staan per scenario de nationale kosten per jaar in 2050.

⁸ The trouble with negative emissions', Anderson en Peters, Science, 2016

⁹ Verkenning klimaatdoelen, Ros en Daniels, PBL 2017

Figuur 2: Additionele jaarlijkse nationale kosten voor het realiseren van vergaande emissiereductie in 2050, in miljarden euro per jaar; Ros en Daniels, PBL 2017.



In het PBL-model is een twaalftal scenario's doorgerekend die met name verschillen in de mate waarin verschillende mitigatieopties beschikbaar zijn. De opties op basis waarvan de scenario's werden gedefinieerd zijn: de maximale omvang van de inzet van biomassa, de maximale omvang van de inzet van CCS, de maximale inzet van nucleair en de maximale omvang van de inzet van wind.

De figuur laat zien dat de kosten van de verschillende 95%-scenario's behoorlijk verschillen, en dat de kosten van de scenario's waarin de inzet van CCS beperkt is hoger zijn dan de scenario's waarin er wel ruimte is voor CCS. De studie laat ook zien dat negatieve emissies door CCS in combinatie met biomassa een belangrijke bijdrage kunnen leveren tegen relatief lage kosten. De verklaring voor deze "dominante" positie voor CCS zit hem niet in de kosten van CCS versus duurzame energie. De productie van duurzame energie wordt heel goedkoop, de kosten van het gehele systeem dat er voor nodig is om deze goedkope elektrische energie benutbaar te krijgen in de industrie is echter wel erg duur en complex. Een nageschakelde technologie als CCS is dan al snel goedkoper en kan, omdat deze geen ingrepen in de primaire processen vergt, ook sneller geïmplementeerd worden.

Wat betreft CCS wordt in het PBL-rapport geconcludeerd dat het realiseren van vergaande emissiereducties veel duurder wordt zonder CCS en dat een 95% reductie zelfs niet haalbaar is zonder CCS. Verder wordt geconcludeerd dat CCS met name moet worden toegepast bij de industrie en bij de inzet van biogene brandstoffen, niet in de elektriciteitsopwekking. CCS is dus ook geen directe concurrent van de inzet van wind en zon.

2.3 Discussie

Tijdens de discussie naar aanleiding van de toelichting op het PBL-rapport werden een aantal inhoudelijke kanttekeningen geplaatst waarvan de belangrijkste betrekking hadden op de gehanteerde aannames. In de studie wordt er vanuit gegaan dat de vraag naar producten, met uitzondering van energie, gelijk blijft, dat de inzet van wind gemaximaliseerd is, en worden de meest innovatieve opties op het gebied van CO₂-benutting niet meegenomen. Als er andere uitgangspunten worden gehanteerd zou de positie van CCS in het eindplaatje anders zijn. Dat werd door de onderzoekers van PBL beaamd; zij gaven echter aan dat in hun studie over het algemeen zeker geen conservatieve inschattingen worden gedaan. Als ontwikkelingen van diverse innovatieve opties veel sneller gaan dan in de studie is aangenomen zou dat opmerkelijk zijn. Daarbij werd ook aangetekend dat uit studies van de Universiteit Utrecht blijkt dat het minstens 15 jaar duurt voordat een innovatief idee succesvol op de markt komt. Bij dit soort scenario's is het goed om daarmee rekening te houden. Uit de discussie blijkt ook dat een aantal van deze innovatieve opties uitgaan van het nuttige gebruik van CO₂. Dat zou betekenen dat als deze opties succesvol zijn een groot deel van de investering in de CCS-keten, namelijk het deel afvang en transport, nog steeds nuttig gebruikt kunnen worden.

2.4 Conclusie

Uiteindelijk is de vraag gesteld in hoeverre er op basis van de discussie over de verschillende aannames die gehanteerd kunnen worden en de invloed daarvan op de model resultaten nog twijfels zijn of er nu geïnvesteerd zou moeten worden in de implementatie van CCS langs de lijnen die later in deze routekaart geschetst worden. Het merendeel van de aanwezigen is er van overtuigd dat het van belang is wel te gaan investeren in CCS. Het beeld is dat we de optie in ieder geval tot ontwikkeling moeten brengen om ervoor te zorgen dat we CCS kunnen benutten om emissies snel terug te dringen daar waar dat nodig is. Indien de alternatieve opties sneller tot ontwikkeling komen dan verwacht zal de uiteindelijke inzet van CCS waarschijnlijk geringer zijn dan verwacht. Er moet dus voor gezorgd worden dat de inzet van CCS de ontwikkeling en implementatie van dit soort opties niet in de weg loopt.

3. Toepassingsgebieden van CCS

3.1 Vraagstelling

In het vorige hoofdstuk is de argumentatie beschreven rond nut en noodzaak van CCS in de transitie in algemene zin. De vraag blijft wel in welke mate CCS moet worden toegepast en bij welke CO₂-bronnen precies. Het is zeker niet mogelijk om daarvoor nu een blauwdruk te schetsen tot 2050, de uiteindelijke rol van CCS wordt bepaald door vele factoren zoals de ontwikkeling van verschillende industriële sectoren en de snelheid van de ontwikkeling van alternatieve opties, waarover nu nog geen helderheid is. In dit hoofdstuk wordt daarom geschetst wat de potentiële bronnen zijn waar CCS kan worden toegepast, welke overwegingen er gehanteerd kunnen worden om te bepalen waar wel en geen CCS toe te passen en wat op basis van de discussie voor Nederland waarschijnlijk de eerste bronnen zijn waar CCS toegepast moet gaan worden.

In deze analyse is met name gekeken naar de aan te sluiten bronnen; de technische aspecten en potentiëlen van transport en opslag zijn niet aan de orde gesteld. Deze zijn wel uitgebreid geanalyseerd in een studie van EBN en Gasunie¹⁰. Deze studie concludeert dat er meer dan voldoende opslagcapaciteit in de Nederlandse offshore gasvelden is om alle CO₂ op te slaan die de komende decennia realistisch gezien kan worden afgevangen. Verder concludeert deze studie dat er geen technische belemmeringen zijn op het gebied van transport en opslag.

3.2 Huidige bronnen

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de jaaremissies van grote(re) industriële bronnen en energiecentrales in Nederland, verdeeld naar regio en naar sector. De achterliggende emissiecijfers zijn overgenomen uit het emissieoverzicht van de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa)¹¹ voor 2013 – 2016 en hebben betrekking op bedrijven en energiecentrales waar gemiddeld meer dan 50.000 ton/jaar aan CO₂ wordt geëmitteerd. Voor voedingsmiddelenindustrie, bouwmaterialenindustrie en papierindustrie vertegenwoordigen de getoonde emissies, omdat alleen de bronnen groter dan 50.000 ton worden meegenomen, een deel van de totale door de sector gegenereerde emissies.

¹⁰ Transport en opslag van CO₂ in Nederland, EBN en Gasunie 2017

¹¹ www.emissieautoriteit.nl

Tabel 1: CO₂-emissies volgens de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa) bij bedrijven en energiecentrales met CO₂-emissies groter dan 50.000 ton/jaar (alle cijfers in Mton/jaar)

	R'dam, Rijnmond	Zeeland, Sloe en Kanaalzone	Moerdijk, Dordrecht	Chemelot	Delfzijl, Eemshaven	Noordzeekanaal, Amsterdam	Overige locaties, niet geclusterd	Totaal
Raffinaderijen	9,3	1,5						10,8
Stoomkrakers		2,7	2,0	1,7				6,4
Productie H ₂ en NH ₃	1,5	3,7		1,6				6,8
Overige chemie	1,9	0,4	0,1	0,8	0,4	0,1	0,5	4,2
Basismetalaalindustrie						12,1		12,1
Bouwmat. + glasindustrie			0,1				0,5	0,5
Papierindustrie						0,1	0,7	0,9
Voedingsmiddelenindustrie	0,2	0,2	0,1			0,2	0,7	1,4
Totaal Industrie	12,8	8,5	2,3	4,1	0,4	12,5	2,4	43,1
STEG	3,0	2,4	0,6		1,4	1,0	1,3	9,7
Conventionele centrales	7,9		3,5		8,3	3,8		23,5
Totaal E productie	10,8	2,4	4,1		9,7	4,8	1,3	33,2
AVI's	1,6		1,8		0,3	1,2	3,4	8,2
Totaal	25,2	10,9	8,2	4,1	10,4	18,4	7,2	84,5

Bij al deze bronnen kan in principe CCS toegepast worden.

3.3 Nieuwe bronnen

Productie blauwe waterstof

Naast de bestaande bronnen is het ook mogelijk om CCS in te zetten bij de productie van "blauwe" waterstof¹². Dat is waterstof die is geproduceerd uit aardgas waarbij de resulterende CO₂ meteen wordt afgevangen en opgeslagen zodat klimaatneutraal waterstof ontstaat. Wat betreft de technologie is dit niet anders dan pre-combustion CCS, maar dan niet verbonden aan een specifiek productieproces. De resulterende H₂ kan via een transportnetwerk naar diverse gebruikers getransporteerd worden die dit als grondstof of als brandstof kunnen inzetten.

Over deze opzet wordt door verschillende partijen nagedacht. Statoil in Noorwegen overweegt bijvoorbeeld om op grote schaal blauwe waterstof te gaan produceren in

¹² <https://www.berenschot.nl/actueel/2017/november/co2-vrije-blauwe-waterstof/>

Noorwegen en dit, ook in Nederland, als klimaatneutraal product te gaan verkopen. De blauwe waterstofroute heeft een aantal voordelen:

- Hiermee wordt, indien zij overgaan op de stook van H₂, de afvang van CO₂ ook toegankelijk voor kleinere CO₂-bronnen, waar eigen CCS niet haalbaar is, die nog geen alternatief hebben voor aardgas.
- Back-up elektriciteitsproductie waarvoor gewone CCS te duur is zou wel kunnen draaien op de blauwe waterstof.
- Met de benodigde H₂-infrastructuur wordt voorgesorteerd op een later stadium wanneer veel "groene" waterstof beschikbaar komt die geproduceerd wordt uit duurzame elektriciteit. Hierdoor kan er dus ook geen lock-in ontstaan: zodra groene waterstof goedkoper wordt dan blauwe zal de blauwe waterstof verdrongen worden.

Al met al leidt de invoering van blauwe waterstof waarschijnlijk tot een flexibeler systeem dat de basis creëert voor de verdere verduurzaming van het energiesysteem. De mate waarin dit zal worden toegepast is zowel afhankelijk van technologische ontwikkeling als van beleidskeuzes die in de toekomst worden gemaakt.

Biobased economie en negatieve CO₂-emissies

Naast genoemde ontwikkelingen kunnen nog CO₂-emissies op basis van biomassa ontstaan bij vergisting of vergassingsprocessen. Afvang van deze emissies en eeuwigdurende geologische opslag van deze emissies zouden een 'negatieve emissie' van CO₂ opleveren, waarbij netto koolstof uit de biosfeer wordt afgevoerd. Daarnaast zou de huidige toepassing van fossiele energie als brandstof of grondstof in de industrie ook vervangen kunnen worden door biomassa. Als in die gevallen ook CCS wordt toegepast ontstaan ook negatieve emissies.

Een inschatting van deze mogelijke negatieve emissie is echter niet goed te maken, aangezien de mate waarin biomassa gebruikt gaat worden voor bijvoorbeeld groengasproductie of als grondstof sterk afhankelijk is van de beschikbaarheid van duurzame biomassa en van betreffende beleidsontwikkelingen en stimuleringsregelingen. Het is echter wel duidelijk dat het daar waar in de industrie biomassa rechtstreeks of als groen gas wordt toegepast zo mogelijk ook CCS toegepast zou moeten worden omdat daarmee een maximaal CO₂-effect bereikt zou worden.

Een nog heel dure manier om negatieve emissies te realiseren is door Direct Air Capture (DAC) ontwikkeld: de CO₂ wordt dan direct uit de lucht verwijderd om opgeslagen te worden. Dit heeft twee grote voordelen: DAC is op elke locatie toe te passen (hoeft niet op al drukke industrieterreinen) en het is mogelijk een standaard technologie toe te passen die vergaand geoptimaliseerd kan worden en waarvan de kostprijs door massaproductie gereduceerd kan worden. Het grote nadeel is dat het op dit moment nog heel erg duur is.

3.4 Primaire bronnen

Binnen het routekaartproces is uitgebreid stilgestaan bij de criteria die gehanteerd zouden kunnen worden om te bepalen welke bronnen in eerste instantie aangesloten zouden kunnen worden op CCS. De belangrijkste criteria waarover gesproken is zijn:

- de mate waarin verwacht mag worden dat de bronnen ook op de langere termijn nog perspectief hebben, met andere woorden is het de verwachting dat de activiteit ook na de transitie nog een plaats heeft in het productiesysteem;
- zijn er alternatieve maatregelen waarmee de betreffende sector vergaande emissiereducties kan realiseren.

Natuurlijk spelen ook de kosten van de verschillende maatregelen een rol, als er goedkopere maatregelen zijn dan hebben die altijd de voorkeur, maar dat zal ook automatisch gebeuren.

Op basis van de discussie over de criteria en de gegevens zoals die zijn opgenomen in bijlage II zijn er verschillende groepen van bronnen voor de inzet van CCS onderscheiden, zie tabel 2.

Tabel 2: Groepen bronnen voor toepassing van CCS

		Mton/jaar Gem 2013- 2016	Jaarlijkse kosten M€ minimaal	Jaarlijkse kosten M€ maximaal	Kosten afvang €/ton
Groep I	Staalproductie Specifieke bedrijven chemie	12	600	780	50-65
Groep II	Raffinaderijen, stoomkrakers H ₂ -productie, NH ₃ -productie, AVI's	32	1.600	2.700	20-85
Groep III	Productie "blauwe" waterstof uit aardgas (pre-combustion CCS), creatie van negatieve emissies door toepassing van CCS gekoppeld aan biomassa-inzet.	Nog niet te bepalen.			
Groep IV	Overige industrie	7	546	1.024	78-146

De eerste groep is in feite een 'no-regret' groep, deze activiteiten hebben op de lange termijn nog veel perspectief en met de inzet van alternatieve maatregelen kan geen voldoende emissiereductie gerealiseerd worden. Het gaat hier met name om de staalproductie bij Tata Steel in IJmuiden. Voor nu is er vanuit gegaan dat de staalproductie ongeveer op het huidige niveau blijft, maar CO₂-emissies kunnen op de langere termijn afnemen door energiebesparing en procesinnovatie (Hisarna-proces).

In de tweede groep zitten processen die nauwelijks alternatieven hebben voor CCS, die ook nog geruime tijd voor markten zullen produceren, en waarbij de toepassing van CCS niet tot een lock-in zal leiden. Het gaat dan primair om AVI's en de raffinaderijen. Het is wel zo dat verwacht mag worden dat deze activiteiten op termijn af gaan nemen als gevolg van de transitie. Dat gaat echter niet snel en om de nog aanzienlijke emissies terug te dringen bieden alternatieven voor CCS onvoldoende perspectief. In groep drie zitten de eerder beschreven nieuwe bronnen zoals waterstofproductie.

In de eerste twee groepen kan CCS worden toegepast tegen specifieke reductiekosten onder €100/ton CO₂, en zijn er niet of nauwelijks risico's op een lock-in-effect.

Groep 3, nieuwe bronnen/waterstof, is een aparte categorie.

Groep 4 tenslotte is de restcategorie, waarin alle bedrijven/sectoren zitten die niet in de eerste twee groepen zitten. Het gaat dan onder meer om kleinere bedrijven met

aardgasgestookte installaties, en energiecentrales op kolen en gas. Kolengestookte centrales vallen in groep 4 omdat CCS geen optie is als deze centrales in 2030 moeten sluiten. Gascentrales vallen in groep 4 omdat CCS waarschijnlijk te duur wordt als gascentrales steeds meer als back-up met beperkte bedrijfstijd gaan draaien. Dat laatste kan pas met zekerheid geconcludeerd worden als er meer duidelijkheid is over de kosten van alternatieve manieren om leveringszekerheid te garanderen.

3.5 Conclusies

Zoals eerder aangegeven is het niet mogelijk nu te bepalen wat de uiteindelijk rol van CCS zal zijn bij het terugdringen van de totale CO₂-emissies. Maar gezien het belang van een snelle reductie van de emissies is het wel van belang nu te beginnen met de implementatie om er daarmee voor te zorgen dat CCS een concreet inzetbare optie wordt. De conclusie hier is daarom dat het voor de uitrol van CCS goed is in eerste instantie uit te gaan van bronnen uit de groepen I, II en III zoals die in paragraaf 3.4 staan beschreven. Dat betekent dat met name de basismetaal, de afvalverbranders, de waterstofproductie, de ammoniakproductie en de raffinaderijen zouden moeten worden aangesloten. Dit betekent ook dat er in eerste instantie primair naar de regio Groot-Rotterdam (inclusief Zeeland) en Amsterdam moet worden gekeken bij de uitrol van CCS.

Indien de eerste uitrol van CCS wordt gebaseerd op deze groepen en dus ook de transport- en opslaginfrastructuur hierop wordt gedimensioneerd ontstaat wel een nieuwe situatie. Doordat er dan een CO₂-infrastructuur ontstaat worden de kosten/baten-plaatjes voor het aansluiten van allerlei andere bronnen waarschijnlijk gunstiger, en worden ook de lock-in-risico's kleiner. In hoeverre deze bronnen dan ook aangesloten kunnen worden hangt vooral af van de keuzes die gemaakt worden op het gebied van de instrumentatie. In welke mate CCS ook ingezet gaat worden bij de productie van blauwe waterstof en het realiseren van negatieve emissies is afhankelijk van toekomstige beleidskeuzes binnen de energietransitie als geheel.

In deze analyse is niet expliciet gekeken naar de mogelijkheden voor het nuttige gebruik van CO₂, CCU (Carbon Capture and Utilization). Vooralsnog lijkt het potentieel voor nuttig gebruik van CO₂ niet voldoende om de grote hoeveelheden CO₂ die afgevangen moeten worden te kunnen verwerken. Wel is er een aantal interessante ontwikkelingen die onder andere binnen het CO₂-smart grid¹³ worden uitgewerkt. De huidige benutting van CO₂ in de glastuinbouw en de ambities van de AVI's om die CO₂ te gaan leveren kunnen in de start-up-fase van CCS wel een bijdrage leveren aan de business case voor CCS. Partijen in de chemie zijn vooral ook geïnteresseerd in CCU omdat men voorziet dat er op langere termijn geen fossiele koolstof beschikbaar zal zijn voor de productie. Bij de uitrol van CCS zal met deze ontwikkelingen rekening gehouden moeten worden, zodanig dat er een koppeling kan worden gemaakt vanuit de CCS-infrastructuur met mogelijke toekomstige afnemers van CO₂.

¹³ www.bloc.nl/nl/bloc-works/co2-smart-grid/

4. Randvoorwaarden voor implementatie

4.1 Probleemstelling

Het is duidelijk dat CCS niet 'vanzelf' toegepast zal gaan worden. De huidige randvoorwaarden zijn onvoldoende aantrekkelijk voor (markt)partijen om in CCS te investeren. In de routekaart is een aantal randvoorwaarden benoemd waaraan voldaan zal moeten worden om CCS toegepast te krijgen:

- Aanwezigheid van partijen die de benodigde transport- en opslaginfrastructuur gaan ontwikkelen en beheren. Zolang die infrastructuur er niet is zullen er ook geen partijen zijn die gaan investeren in de afvang, noch in het openhouden van gasvelden waarin CO₂ kan worden opgeslagen.
- Praktijkervaring met de hele CCS-keten. Weliswaar zijn er geen technische belemmeringen voor de toepassing van CCS, maar binnen de Nederlandse context is nog nooit in de praktijk een CCS-keten van afvang - transport - opslag gerealiseerd. Zoals bij alle nieuwe ontwikkelingen zullen de kosten voor eerste projecten relatief hoog zijn, waarna de kosten voor verdere projecten snel kunnen dalen.
- Een business case voor de toepassing van CCS. Die is er nu niet; daarvoor zijn de huidige CO₂-prijzen veel te laag en de verwachte prijsstijgingen zijn daarvoor in de komende jaren ook onvoldoende en te onzeker.
- Een passende juridische context voor de toepassing van CCS. Er zijn nu een aantal wetten en regels die nog knelpunten opleveren. Er worden nu nog hoge, haast onbeperkte financiële zekerheden gevraagd, die zijn een belangrijke belemmering voor partijen om in CCS te stappen.
- Een passend R&D-programma dat de verdere implementatie van CCS ondersteunt.
- Gerichte aandacht voor de brede maatschappelijke acceptatie van CCS.

In de onderstaande paragrafen staan deze kritische randvoorwaarden verder uitgewerkt.

4.2 Realisatie eerste opstartprojecten

Zolang er nog geen eerste CCS-projecten draaien is het niet haalbaar om CCS onder te brengen in een meer generiek beleidsinstrument gericht op het terugdringen van CO₂-emissies. Eerst moet er binnen de Nederlandse context ervaring worden opgedaan met alle aspecten van CCS, niet zozeer technisch, het gaat immers om bewezen technologie, maar vooral juridisch, organisatorisch en maatschappelijk. Gedacht zou kunnen worden aan het realiseren van 2 tot 4 projecten waarmee alle componenten van CCS in de praktijk binnen de Nederlandse context worden beproefd. Op basis van de conclusies van hoofdstuk 3 kan gesteld worden dat er waarschijnlijk opstartprojecten zouden moeten komen rond de basismetaal in IJmuiden en rond de raffinage in Rotterdam. Relevante partijen in die regio zouden moeten worden uitgenodigd om concrete projecten te definiëren waarbij aandacht wordt besteed aan de volgende aspecten:

- de kosten van het project en de dekking daarvan, waarbij optimaal gebruik zou moeten worden gemaakt van beschikbare Europese regelingen;

- maximaal leereffect voor de bredere uitrol, gezamenlijk dekken de projecten alle elementen van de CCS-keten;
- maximale bijdrage aan de bredere uitrol, projecten vormen een eerste stap in de richting van verdere uitrol;
- draagvlak voor de aansluiting van de betreffende bronnen, bij voorkeur uit de groepen I en II;
- maximaal huidig en toekomstig CO₂-effect;
- projecten kunnen op termijn ook bijdragen aan het realiseren van negatieve emissies.

De overheid zou de mogelijkheid moeten hebben om financieel bij te dragen aan de snelle realisatie van deze projecten. De projecten zouden gezien de financiële omvang gezamenlijk gefinancierd moeten worden door de betrokken marktpartijen, Nederlandse overheid en de EU.

De bereidheid van partijen om aan dit soort opstartprojecten mee te doen kan negatief beïnvloed worden door de vraag of ze niet later, bij de verdere uitrol van CCS, gunstigere voorwaarden kunnen krijgen. Aan dit punt moet ook aandacht besteed worden bij het vormgeven van een regeling voor de opstartprojecten.

4.3 Organisatie transport- en opslaginfrastructuur

Vraagstelling

Een belangrijke kwestie is hoe transport- en opslag van CO₂ het best georganiseerd kunnen worden. Deze vraag is relevant omdat het bij alle studies en projecten rond CCS duidelijk is geworden dat de opslag en het transport niet opgepakt zal worden door de zelfde partij die de afvang doet. Voorts is het, voor het op efficiënte wijze realiseren van CCS, ook van belang dat er een partij is die een coördinerende rol speelt en zorgt voor een optimale opzet van de infrastructuur, gezien de aan te sluiten bronnen en opslaglocaties. Verder is uit voorgaande ervaringen duidelijk geworden dat transport en opslag geregeld moeten zijn voordat partijen overwegen om CO₂ af te vangen. Het goed organiseren van deze functies is dus een noodzakelijke randvoorwaarde voor de realisatie van de in de vorige paragraaf genoemde opstartprojecten en de verdere uitrol.

De vraag die in deze paragraaf beantwoord wordt is welke opties er zijn voor het organiseren van deze functies. Hierbij is gebruik gemaakt van de vele onderzoeken en rapporten die de laatste jaren zijn verschenen over dit onderwerp (zie bijlage III).

Opties en afwegingen

Op hoofdlijnen zijn er twee opties voor het organiseren van het transport en opslaginfrastructuur:

- De private optie: in dit geval zouden marktpartijen de verantwoordelijkheid voor het opzetten en opereren van de infrastructuur op zich nemen. Dat zou één partij kunnen zijn, maar ook een aantal samenwerkende partijen al of niet verenigd in een joint venture. Er zijn veel relevante voorbeelden van dit soort constructies. In de Rotterdamse haven worden verschillende pijpleidingen beheerd door

commerciële partijen. Ook de gaswinning en het offshore-transport wordt volledig door marktpartijen beheerd;

- De publieke optie: in dit geval wordt transport en opslag door de overheid of een door de overheid gemandateerde semipublieke organisatie uitgevoerd (al dan niet in partnership met private partijen en al dan niet met commerciële uitbesteding van een significant deel van de werkzaamheden). Deze optie is bijvoorbeeld gekozen bij windenergie, 'stopcontact op zee'.

Er zijn natuurlijk tussenvormen en varianten mogelijk maar voor deze routekaart zijn deze principieel verschillende opties op hoofdlijnen voldoende.

De betrokken stakeholders hebben geconcludeerd dat er onder het huidige beleid en de regelgeving nog veel barrières en 'market-failures' zijn waardoor investeringen in open access CO₂-infrastructuur zeer onwaarschijnlijk en onaantrekkelijk zijn voor marktpartijen. Verschillende onderzoeken en analyses zijn al gedaan in Nederland, het VK en de EU. De belangrijkste redenen die daarin aangegeven worden komen goed met elkaar overeen, en zijn als volgt samen te vatten (zie Bijlage III, referenties Organisatie: 1,2,3,4,5,6,8,12a, 13):

- Er is nog geen markt voor de transport- en opslagservices; investeringen zouden dus vooruit moeten lopen op de marktvraag.
- Hierdoor is er ook een 'coördinatiebarrière': voor het besluit om CO₂ te gaan afvangen (FID, Final Investment Decision) is zekerheid nodig over de transport- en opslagservices (en de kosten), maar de opslaginfrastructuur heeft zekerheid nodig over de hoeveelheid CO₂ die opgeslagen moet gaan worden. In de praktijk is gebleken dat dit moeilijk af te stemmen is; met name speelt de vraag wie de relatief hoge pre-FID-kosten voor transport en opslag zou moeten betalen (ook als een project niet door gaat).
- Ketenrisico's zijn groot en moeilijk af te dekken bij projecten met één bron en één opslaglocatie. Dit is een vergelijkbaar probleem als bij warmteprojecten waar maar één bron en/of één gebruiker op aangesloten is. Dit probleem neemt snel af als er meerdere bronnen en opslaglocaties worden aangesloten, maar dat is weer moeilijker voor de besluitvorming (zie 'coördinatiebarrière' hierboven).
- Mogelijke onbeperkte verplichtingen en aansprakelijkheden ten gevolge van de huidige regelgeving met betrekking tot lekkages vanuit een opslaglocatie (zie ook paragraaf 4.5, juridisch).

Indien er de voorkeur aangegeven zou worden om de transport- en opslaginfrastructuur door commerciële bedrijven te laten opzetten en beheren zouden deze knelpunten op zodanige wijze moeten worden weggenomen door de implementatie van een aantal beleidsinstrumenten die er voor zorgen dat dit een interessante activiteit wordt voor marktpartijen.

Vanuit deze inzichten heeft een werkgroep tijdens het routekaarttraject de voor- en nadelen van verschillende organisatiemodellen besproken. Na discussie in de werkgroep bleek er een behoorlijke consensus te zijn dat zeker in de start-up-fase de bouw van de infrastructuur (transport en opslag) het best door de overheid of semipublieke organisaties kan worden aangestuurd. De redenen daarvoor waren divers. In het verleden is zowel in Nederland (Barendrecht, ROAD) als in het VK geprobeerd deze rol bij marktpartijen neer te leggen via tenders en/of subsidieregelingen. Dat is niet gelukt. De belangrijkste oorzaken hiervan waren, zoals hierboven al genoemd, zaken als beleidsonzekerheid, regelgevingsonzekerheid, risicodeling, financiering, en (ontbreken van) maatschappelijk draagvlak voor CCS. Deze oorzaken kunnen gedeeltelijk worden weggenomen door de

opslag en transport in ieder geval initieel bij de overheid neer te leggen. Dat is ook niet ongebruikelijk voor infrastructuurprojecten met een maatschappelijk nut en relatief hoge voorinvesteringen zoals ook bij het stopcontact op zee voor wind op zee en bij warmtenetten gedaan is, en in het verleden bij afvaldiensten en riolering¹⁴.

Andere redenen voor een primair publieke transport- en opslagorganisatie zijn:

- Efficiëntie van opslag: gebruik van de meest optimale velden eerst, optimalisatie van de verdeling van de injectie over de verschillende velden door één coördinerende partij.
- Efficiëntie van transport: een kleine extra investering in de capaciteit (diameter) van de pijpleidingen kan later veel kosten besparen (zie laatste paragraaf van dit hoofdstuk). Dit soort voor-investeringen worden zelden of niet gedaan door marktpartijen als de ontwikkeling van de markt onzeker is zoals voor CCS.
- De belangrijkste risico's voor commerciële partijen liggen in onzekerheid over beleid (ondersteuning en/of verplichting voor CCS in de toekomst) en regelgeving. Als marktpartijen gevraagd worden deze risico's te nemen dan zal dat resulteren in prijzen die veel hoger liggen dan de daadwerkelijke kosten (zoals gebleken is in de eerdere VK- en NL- projecten¹⁵. Door de uitvoering neer te leggen bij de partij die zelf het meeste invloed heeft op de risico's (de overheid) kunnen de uiteindelijke tarieven voor CO₂-transport en -opslag waarschijnlijk lager gehouden worden.
- Door besluitvorming over transport- en opslagservices los te koppelen van besluiten over (individuele) afvangprojecten is het risico van vertragingen (wachten op elkaar) aanzienlijk minder. En kunnen in feite de 'first movers' aan de afvangkant uiteindelijk voordeel behalen. Daarmee kan het in plaats van een risico juist een kans worden om als een van de eerste partijen CO₂ te gaan afvangen.
- Het betreffende bedrijf (die de eerste transport en opslaginfrastuctuur aanlegt) zal hoogstwaarschijnlijk een tijdlang een monopolie krijgen. Om die reden en gezien de publieke cofinanciering zal deze activiteit daarom afdoende gereguleerd moeten worden. De combinatie van regulering ('kosten plus') en grote risico's (buiten eigen controle) maakt dat er voorlopig waarschijnlijk weinig interesse/competitie zal zijn vanuit marktpartijen.
- Maatschappelijke onrust zal mogelijk minder zijn wanneer organisaties met bredere doelstellingen (waar het publiek belang zwaar aan tilt) de uitvoering op zich nemen dan wanneer het alleen door marktpartijen wordt uitgevoerd. In de eerste jaren zal er immers veel gecommuniceerd moeten worden over veiligheid van transport en de resultaten van monitoring van de effectiviteit van ondergrondse opslag. Ook de keuze van de opslaglocaties zou bij voorkeur door overheden verdedigd moeten worden, is in het verleden gebleken (Barendrecht, Noord-Nederland, kernenergie).

Opvallend bij deze discussie was dat ook marktpartijen die potentieel een rol zouden kunnen spelen bij het transport en opslag en dus baat zouden hebben bij een marktbenadering, deze conclusies steunden. Daarbij is ook even stilgestaan bij de positie van de OCAP-pijpleijn, een CO₂-pijpleijn die op commerciële basis beheerd wordt. De eigenaar van deze pijpleijn kan zich echter voorstellen dat, indien er een grootschalig CO₂-netwerk wordt geïmplementeerd met meerdere aangesloten bronnen en afnemers, het een

¹⁴ Zie bijlage III, referentie I.11

¹⁵ Zie bijlage III, Ref I.5 pg 61

optie wordt om ook deze pijplijn onder te brengen bij het publieke netwerk (en alleen de lokale distributie in private handen te houden).

De belangrijkste zorg met betrekking tot een primair publieke transport- en opslagorganisatie betreft de kosteneffectiviteit: hoe kan voorkomen worden dat er onnodig hoge tarieven ontstaan door beperkte marktwerking en een monopolie van het transport- en opslagbedrijf? Dat is een valide punt dat verdere uitwerking behoeft. Op hoofdlijnen kan dit risico afgedekt worden door onder andere regulering die onder meer transparantie van tariefopbouw voorschrijft, net als voor andere door de overheid aangestuurde infrastructuur. Opgemerkt moet worden dat deze regulering er ook zal moeten komen als gekozen wordt voor een "markt"-oplossing omdat er ook dan sprake zal zijn van een monopoliepositie, in elk geval in de aanloopperiode. Ook zou gekeken moeten worden of een publieke route staatssteun problemen met zich mee zou kunnen brengen.

Het is belangrijk te benadrukken dat het mandateren van een publieke organisatie als 'market maker'¹⁶ voor CCS *niet* betekent dat die organisatie alles zelf ook moet doen en uitvoeren. Het is zeer wel mogelijk dat een groot deel van het werk weer verder (commercieel) uitbesteed wordt aan competente marktpartijen. Bij dit soort aanbestedingen zal kosteneffectiviteit uiteraard een belangrijk gunningscriterium zijn. Veel van dit soort mogelijke publiek-private hybride business modellen zijn recent uitgebreid onderzocht in het VK (zie ref 13 in Bijlage III). De in dit rapport benoemde voor- en nadelen van verschillende opties zijn grotendeels ook van toepassing voor CCS in Nederland. Verder zal een publieke CO₂ 'afvaldienst' natuurlijk altijd nog in concurrentie zijn met andere technieken om CO₂-uitstoot te reduceren en CO₂-hergebruik te bevorderen.

Dimensionering

Bij de uitrol van de transport en opslaginfrastuctuur moet ook gekeken worden naar de voor- en nadelen van over-dimensionering van de infrastructuur voor de eerste paar bronnen die aangesloten worden. Voordelen van over-dimensionering zijn: makkelijker opschalen van de opstart- naar de uitbouwfase (door overcapaciteit van de leiding) en lagere kosten per ton CO₂ in de build-up-fase. Genoemde nadelen zijn: grotere up-front investering, mogelijke maatschappelijke weerstand tegen (vermeende) risico van lock-in, financiële 'regret' als de start-up-fase niet, of niet in de verwachte mate, zou worden gevolgd door een build-up-fase.

Uit verdere gesprekken met experts en uit de Gasunie/EBN-studie en andere studies bleek dat de enige extra investering die meteen nodig is om grotere volumes aan te kunnen in de toekomst de meerprijs is van een grotere diameter pijpleiding. Omdat we hier vooral nog over kleine afstanden praten zijn dit zeer beperkte meerkosten, minder dan een paar procent van de totale CCS-ketenkosten. Compressoren zijn schaalbaar en ook de

¹⁶ Het Zero Emission Platform Europe (ZEP) heeft enkele jaren geleden de term 'Market Maker' geïntroduceerd (Referenties Organisatie: 1,2,3). Een Market Maker is in feite verantwoordelijk voor het creëren en coördineren van een efficiënte markt vooruitlopend op de ontwikkeling van een daadwerkelijke markt voor CO₂-transport en opslagservices. Dit kan op verschillende manieren georganiseerd worden (zie I.3 pg 17 bv).

opslaglocaties offshore zijn in grote mate schaalbaar (meer velden worden tegelijk ingezet bij grotere volumes). De 'regrets' bij het niet opschalen na een eerste fase zijn daarom ook zeer klein, en onvoldoende om een lock-in risico te vormen. De algemene conclusie was dus: in principe niet overdimensioneren in de start-up-fase (compressoren, opslaglocaties), met uitzondering van de pijpleiding (diameter).

Conclusies

Op basis van de geconsulteerde literatuur en de discussies in de werkgroep wordt geconcludeerd dat het de voorkeur heeft om een aantal geschikte publieke organisaties te mandateren om een centrale rol te spelen bij het transport en opslag van CO₂. In principe is het hiervoor voldoende als publieke partijen (overheid/staatsdeelnemingen) het mandaat krijgen om een proactieve rol te vervullen met betrekking tot de uitrol van CCS. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat de betrokken publieke organisaties voorinvesteren in de infrastructuur, en de kosten hiervan terugverdienen via de opslagbijdragen die betaald worden door de partijen die de CO₂ aanleveren.

Om te zorgen dat de kosten van deze infrastructuur niet uit de hand lopen zou deze markt op dezelfde manier gereguleerd moeten worden als die voor andere publiek georganiseerde infrastructuur. Desgewenst kan privatisering altijd later geregeld worden.

Op het moment dat er een gereguleerde publieke CO₂-infrastructuur is, zal bekeken moeten worden wat de consequenties zijn voor het nu private CO₂-netwerk van OCAP. Zeker als er daar afnemers en leveranciers op komen zal dat netwerk waarschijnlijk onder dezelfde regulering moeten komen te vallen, en is het denkbaar dat het ook overgedragen wordt aan een publieke partij.

Indien gekozen wordt voor een private route zou de overheid zo snel mogelijk om tafel moeten gaan met private partijen die een rol kunnen spelen bij transport en opslag om met hen te bekijken wat er moet gebeuren om die markt voor hen interessant te maken.

Vervolgacties:

1. Verder onderzoek is nodig naar¹⁷:
 - a. Geschiktheid opslaglocaties; toegewerkt moet worden naar een certificeringssysteem. Zo snel mogelijk zouden er 'gecertificeerde' potentiële opslaglocaties moeten worden geïdentificeerd voor de regio's Rotterdam, IJmuiden/Amsterdam, Eemshaven.
 - b. Geschiktheid platforms en infrastructuur (verlenging levensduur).
 - c. Optimale fasering van de inzet van verschillende opslaglocaties.
 - d. Besluitvorming rond (gedeeltelijke) abandonnering daar waar een platform/gasveld voorlopig nog niet nodig is voor CO₂-opslag.
 - e. Monitoringsplan en -kosten; zowel initieel (veel extra onderzoek) als op termijn.

¹⁷ Transport en opslag van CO₂ in Nederland, EBN en Gasunie 2018.

- f. Mogelijke rollen van EBN en van huidige operators na het stoppen van gasproductie (in samenhang met het EZK-onderzoek naar de Marktstructuur).
2. Onderzoek naar optimale configuratie van het leidingennetwerk op land, inclusief kwaliteitseisen (voor transport, hergebruik en opslag; CO₂-samenstelling) en veiligheidseisen, en het optimale ontwerp van compressorstations aan de kust.

4.4 Business-case voor CO₂-emissiereductie

De discussie over het instrumentarium voor de uiteindelijke uitrol van CCS wordt ook veel breder gevoerd, onder andere in het kader van het transitiepad verduurzaming industrie. Daar hoort die discussie ook meer thuis, binnen de CCS routekaart wordt hiernaar gekeken vanuit de vraag waaraan dit bredere instrumentarium vanuit de CCS-optiek moet voldoen.

Wat dit betreft speelt een aantal vraagpunten:

- Moet het instrumentarium specifiek gericht zijn op emissiereductie in de industrie of moet het niet sector specifiek zijn? Voor CCS zelf maakt het niet uit of het instrumentarium alleen is voor de industrie of ook voor andere maatregelen waarmee emissies gereduceerd worden zoals duurzame energieopwekking. Om verschillende redenen zijn de partijen die betrokken waren bij het opstellen van de routekaart het er echter wel over eens dat instrumentarium voor de industrie het realiseren van de noodzakelijke duurzame energiedoelstellingen niet in gevaar mag brengen. Daarbij gelden twee overwegingen:
 - de uitrol van duurzame energie is ook van belang voor de industrie, er wordt veel aandacht besteed aan de elektrificatie van de industrie, het is daarvoor wel van belang dat deze elektriciteit duurzaam geproduceerd wordt;
 - het is voor het draagvlak voor CCS niet goed als discussie gaat ontstaan over concurrentie tussen duurzame energieprojecten en CCS-projecten.
- In hoeverre moet het instrumentarium voor de industrie generiek sturen op CO₂-emissiereductie of moet er meer specifiek gestuurd worden op verschillende soorten maatregelen? Alle partijen zijn het er over eens dat voor het industrie instrument een generieke sturing op CO₂ de voorkeur heeft omdat daarmee de markt de vrijheid krijgt om met een optimale mix aan maatregelen een maximaal CO₂-effect te krijgen. Sommige partijen zijn echter van mening dat deze generieke benadering onwenselijk is, omdat daarmee meer structurele maatregelen die er voor kunnen zorgen dat CCS op termijn niet meer nodig is niet tot hun recht komen.
- Bij het bepalen van de verhouding wortel en stok binnen het instrumentarium voor de industrie zijn de NGO's van mening dat er voor de brede uitrol van CCS geen sprake mag zijn van een subsidie, voor andere maatregelen binnen de industrie is een subsidie nog wel bespreekbaar. Voor andere partijen is het duidelijk dat er, als die lijn zou worden aangehouden, niet of nauwelijks CCS zal komen zolang de ETS-prijzen zo laag blijven als nu. Het is de vraag of dan, gezien de relatief lage kosten van CCS ten opzichte van de andere maatregelen, wel tijdig de gewenste emissiereductie kan worden bereikt. Het enige alternatief is dan een vorm van CCS-verplichting in te voeren, wat met het oog op de concurrentiepositie van de industrie weer minder aantrekkelijk is.

Als wordt uitgegaan van een subsidie-achting instrument moet gezorgd worden dat dat instrument rekening houdt met enerzijds afnemende kosten van CCS gezien het leereffect, en anderzijds met toenemende kosten doordat de bronnen steeds lastiger zijn en de opslaglocaties steeds verder weg zullen liggen. Ook moet rekening gehouden worden met de verbeterde business case op termijn als gevolg van stijgende CO₂-prijzen. Naast een subsidie-instrument zou gekeken moeten worden naar de mogelijkheden om versneld toe te gaan naar hogere CO₂-prijzen, bij voorkeur binnen het ETS, anders op Noordwest-Europese schaal, en als dat niet lukt eventueel op nationale schaal. Steeds zal daarbij gekeken moeten worden naar de eventuele carbon leakage-effecten en in hoeverre die werkelijk optreden.

Vanuit de CCS-optiek speelt het economische belang ook een rol; door een actieve steun aan CCS wordt het vestigingsklimaat in Nederland verbeterd, hetgeen goed is voor de economie.

4.5 Juridische aspecten

Vraagstelling

In een werkgroep 'Juridische zaken' is gesproken over de vraag in hoeverre de regelgeving in Nederland toegesneden is op het uitvoeren van CO₂-afvang-, transport- en opslagactiviteiten. Het gaat daarbij primair om de regelgeving die toepasbaar is op vergunningverlening voor transport en opslag.

Resultaten

Uit literatuuronderzoek (zie referentielijst Bijlage III) en gesprekken is duidelijk geworden dat er met name rondom de opslag van CO₂ knelpunten en onzekerheden zijn die aandacht behoeven. De focus heeft daarom op de opslagfase gelegen. Apart is gesproken met de Nederlandse Emissieautoriteit en met vertegenwoordigers van het ROAD-project, Gasunie en OCAP over de regelgeving voor CO₂-afvang en -transport.

Een belangrijke conclusie is dat er in Nederland geen harde juridische barrières meer zijn voor het uitvoeren van CCS-activiteiten. Doordat in Nederland met name het ROAD-project al redelijk ver gekomen was in het vergunningentraject en doordat door OCAP al jarenlang CO₂ vervoerd wordt (pijpleidingen) kan dit met redelijke zekerheid gesteld worden. De enige, maar wel belangrijke kanttekening hierbij is dat de in principe ongelimiteerde risicogaranties momenteel nog wel een belemmering is voor marktpartijen om CO₂-opslag operator te worden. Er zijn geen maximum grenzen vastgelegd voor zowel de monitoringsduur als het lekkagerisico (te berekenen als het gelekte volume maal de prijs op dat moment van CO₂-emissierechten). Ook publieke organisaties zullen (om de financiering betaalbaar te houden) hier afspraken over moeten maken met de overheid (bijvoorbeeld in de vorm van een maximum-aansprakelijkheid waarboven de overheid de aansprakelijkheid overneemt). Zie ook Ref.13 in Bijlage III over hoe dit risico in verschillende businessmodellen kan worden verminderd. Bovenstaande geldt met name voor het type project dat momenteel voorzien wordt in Nederland: afvang bij een

industriële bron, transport per pijpleiding en opslag offshore.

Dit gezegd hebbende werd ook duidelijk dat voor sommige deelactiviteiten die in de toekomst interessant kunnen zijn voor CCS er wel degelijk nog significante belemmeringen of uitdagingen zijn met betrekking tot regelgeving.

Voorbeelden hiervan zijn:

- a) Transport per schip. Binnen het ETS is het wel mogelijk om indien men de eigen CO₂-emissies overdraagt aan een andere deelnemer van het ETS deze emissies af te trekken van de eigen emissies, men hoeft daar dan ook geen emissierechten meer voor in te leveren. Een schip (of vrachtwagen) kan echter geen ETS-installatie zijn volgens de huidige regelgeving. Dat betekent dat als afgevangen CO₂ wordt overgedragen aan een schip voor transport de CO₂ dan formeel als emissie moet worden beschouwd.
- b) Hogere druk (>75 bar)-transport van CO₂ op land: de in Nederland voorgeschreven modellen voor de veiligheidsberekeningen moeten nog aangepast worden voor deze toepassing. Zie ook het eerder genoemde EBN-Gasunie-rapport uit 2017. Dit kan belangrijk worden als verder (van de kust) gelegen bronnen ook aangesloten gaan worden omdat daarvoor deze hogere druk noodzakelijk is.
- c) Grootschalig waterstoftransport op land (bij grotere inzet op blauwe of groene waterstof): de in Nederland voorgeschreven modellen voor de veiligheidsberekeningen moeten nog aangepast worden voor deze toepassing. Zie Ref II.5 bv: "Op grond van de huidige regelgeving zou invoering van waterstof op grote problemen kunnen stuiten, terwijl kennis van faalgedrag en gevolgen aangeven dat de praktijk weleens veel minder ernstig of zelfs gunstiger zou kunnen uitvallen."
- d) Emissie-accounting: idealiter wordt het mogelijk om alle afgevangen CO₂ (fossiel en biogeen) in het netwerk toe te laten, en om dit CO₂ dan vervolgens in te zetten voor hergebruik of permanente opslag. Daarvoor zullen nieuwe accounting-regels en certificering nodig zijn. Voor hergebruik is momenteel nog onvoldoende duidelijk welke hergebruikopties inderdaad leiden tot 'permanente opslag'. Dat wordt momenteel verder uitgezocht in onder andere het CO₂-Smartgrid-programma.
- e) Negatieve emissies, permanente opslag van biogene CO₂ heeft op dit moment nog weinig zin omdat deze CO₂-emissiereductie niet meetelt in het ETS-systeem. Negatieve emissies zijn theoretisch en technisch dus wel mogelijk maar in de praktijk (bij de huidige regelgeving) nog niet. Dit kan slechts gedeeltelijk opgelost worden op nationaal niveau. Ook op Europees niveau zijn hiervoor aanpassingen van de regelgeving nodig.

In de werkgroep Juridische zaken is gesproken over de wet- en regelgeving die van toepassing is op de uitvoering van CCS-activiteiten. De belangrijkste punten die in de werkgroep naar voren zijn gebracht zijn in bijlage IV samengevat. Het is geen compleet overzicht maar vooral een reflectie van de kennis en meningen van de (diverse) deelnemers aan de werkgroep.

Conclusies

De huidige regelgeving in Nederland is voldoende maar nog niet optimaal. De regelgeving staat de uitrol van CCS niet in de weg, maar de regelgeving gerelateerde risico's zijn nog wel hoog en voor sommige opties (bijvoorbeeld transport per schip of tankerauto, bio-CCS) nog wel belemmerend. Ook de bijna onbeperkte financiële zekerheden die gevraagd worden vormen nog een belangrijke belemmering voor partijen om de verantwoordelijkheid

voor de opslag op zich te nemen. Om die weg te nemen zouden in ieder geval de volgende knelpunten opgelost moeten worden:

1. Voorschriften (methodieken) voor berekening van externe veiligheidsrisico's aanscherpen voor zowel hogedruk-CO₂- als voor waterstoftransport.
2. Onderzoek wat er op nationaal niveau gedaan kan worden en op Europees niveau nodig is om de huidige tekortkomingen (bio-CCS en negatieve emissies, transport per schip of tanker, hergebruik CO₂) te adresseren.
3. Onderzoek en ontwikkel de juridische basis voor het 'aanhouden' van platforms en/of gasvelden nadat de gasproductie is beëindigd.
4. Uitwerking van het viertal plannen behorend bij de opslagvergunning voor ROAD of voor een ander project (om zo snel mogelijk ook hiermee ervaring op te doen en eventuele knelpunten tijdig te kunnen adresseren).
5. Ontwikkel een protocol op basis waarvan te zijner tijd zal worden bepaald hoe lang de monitoringsperioden moeten zijn en welke methoden daarbij gebruikt moeten worden voor en na overdracht naar de Staat.
6. Bepaal een methodiek waarmee een redelijke maximumhoogte bepaald kan worden voor het lekkagerisico voor de opslag-operator in de toekomst (en waarboven de overheid het risico afdekt). Onderzoek manieren om dit risico op een slimmere manier af te dekken (bijvoorbeeld niet per opslaglocatie maar gezamenlijk voor meerdere locaties).

Plus voor de langere termijn:

7. Argumenteer op basis van de belangrijkste verschillen tussen CO₂-opslag in waterlagen en in lege gasvelden op welke punten de CCS-directive en guidelines onderscheid zouden moeten maken in de eisen die gesteld worden; overweeg als Nederland hierin, waar mogelijk via de Mijnwet, al voorop te lopen. Ontwikkel op basis hiervan meer reële (en begrensde) eisen met betrekking tot de te vragen financiële zekerheden bij CO₂-opslag.
8. Onderzoek of de monitoringseisen voor ETS-locaties aangepast kunnen worden zodat er meer rekening wordt gehouden met de (afwijkende) karakteristieken van ondergrondse opslaglocaties.
9. Onderzoek of het mogelijk is om de verschillende definities van 'lekkage' te harmoniseren zodat het makkelijker wordt om ook hier op een transparante manier over te communiceren met een breder publiek.

4.6 R&D-programma

Parallel aan de uitrol van CCS zal er zeker nog onderzoek en ontwikkeling nodig zijn. Niet omdat het een nieuwe technologie is maar wel omdat er op een aantal facetten nog kostenreducties gerealiseerd zouden moeten en kunnen worden. Dit onderzoek zal voornamelijk bestaan uit het beantwoorden van de onderzoeksvragen rondom de ontwikkeling van de opstartprojecten. Er is echter ook onderzoek nodig naar onderzoeksvragen die breder zijn dan de opstartprojecten en onderzoeksvragen voor de periode na de opstartprojecten, zoals:

- Maatschappelijke barrières.
- Barrières door marktfalen.
- Organisatie van Transport & Opslag.
- Juridisch barrières.

- Noodzakelijke kostenreducties door technische ontwikkeling.

Wanneer deze R&D door de verschillende opstartprojecten apart wordt georganiseerd kan dit er toe leiden dat de R&D wordt ge(sub)optimaliseerd rond het eigen project, met als gevolg dat:

- De R&D gelimiteerd wordt tot de eigen onderzoeksvragen.
- Er weinig incentive ontstaat tot kennisdeling zodat de meeste resultaten "bedrijfsvertrouwelijk" worden. Op deze manier kunnen doublures in het onderzoek ontstaan en wordt de synergie niet gevonden.
- Er niet of nauwelijks naar het algemene project overstijgende belang en de lange termijn wordt gekeken.
- De resultaten van onderzoek niet als onafhankelijk zullen worden beschouwd, wat de maatschappelijke acceptatie alleen maar moeilijker maakt (zie Barendrecht).

Daarom wordt er gepleit voor een geïntegreerd nationaal onderzoeksprogramma (via een CATO-achtige constructie), omdat daarmee bovenstaande problemen worden opgelost. Bovendien krijgt Nederland dan één nationaal en internationaal aanspraakpunt voor CCS onderzoek. Hierdoor wordt het ook makkelijker om op internationaal niveau synergie te bereiken.

4.7 Maatschappelijk draagvlak

Vraagstelling

Een breed maatschappelijk draagvlak wordt belangrijk geacht voor een succesvolle start van CCS. Dit onderschrijven veel van de bij de routekaart betrokken partijen. Zij zullen hun nek uit moeten steken om hun aandeel in de uitrol van CCS te realiseren, en willen uiteraard niet dat hun inspanningen een negatieve invloed hebben op hun publieke imago. Ook de recente reacties op de CCS-plannen van het nieuwe kabinet illustreren hoe kwetsbaar CCS in het publieke domein is. Dat zou op zich niet zo erg zijn ware het niet dat deze routekaart voorziet dat er binnen afzienbare termijn door de overheid aanzienlijke bedragen zullen moeten worden geïnvesteerd in de eerste projecten. Zolang de steun voor deze optie gering is zal het voor de politiek lastig zijn om dat soort investeringen te steunen.

In het routekaartproces heeft de term 'draagvlak' met name betrekking op de acceptatie binnen de maatschappij voor CCS als onontkoombaar onderdeel van de energietransitie.

Draagvlak voor de rol van CCS binnen de transitie

De keuze om in de routekaart uit te gaan van CO₂-opslag onder de zee (offshore) en het wegvallen van de optie om CCS toe te passen bij kolencentrales, zorgt er voor dat er op voorhand veel minder weerstanden zijn. Uit het nut en noodzaak proces binnen deze routekaart, zie hoofdstuk twee, blijkt ook dat veel partijen inzien dat CCS een onontkoombaar onderdeel is van de transitie. Het is echter ook duidelijk dat deze steun broos is en dat CCS in het publieke domein snel negatief wordt afgeschilderd, waardoor het

voor het grotere publiek onduidelijk is waarom er veel geld aan uitgegeven zou moeten worden.

Er zijn een aantal aspecten van CCS waardoor het kwetsbaar is, zie ook de argumentenkaart in bijlage V:

- CCS is een 'end of pipe'-maatregel (eigenlijk wordt afval opgeslagen) en dat past niet bij het streven naar een circulaire economie;
- Het gaat om ondergrondse opslag: de CO₂ moet daar oneindig lang blijven zitten, dat is voor velen een enge gedachte;
- De perceptie dat CCS (nog steeds) een onbewezen technologie zou zijn;
- De zorg dat voor de financiering van CCS gelden worden onttrokken aan de ontwikkeling en implementatie van duurzame energiebronnen, en daarmee juist verduurzaming in de weg staat;
- CCS wordt gekoppeld aan het fossiele energiesysteem, waar velen nu juist van af willen;
- De noodzaak voor CCS wordt niet begrepen, de perceptie is dat de ontwikkeling van duurzame energiebronnen zo snel gaat dat er geen CCS meer nodig is;
- De perceptie dat CCS gewoon te duur is. Hoewel CCS voor een aantal sectoren verreweg de goedkoopste optie is om snel CO₂-emissies te reduceren, zijn er gezien de omvang van de hoeveelheid CO₂ die opgeslagen wordt, wel hele hoge kosten mee gemoeid.

Om deze reden is het heel lastig voor partijen die zich sterk in zetten voor de vergroening van het energiesysteem om zich publiekelijk uit te spreken voor CCS. In Europa is er één milieuorganisatie die dat wel doet¹⁸, maar verder is er nauwelijks publieke steun vanuit deze hoek. Daar waar er bij milieuorganisaties zorgen zijn over de totale mix aan maatregelen binnen de transitie en de financiering daarvan is het gezien de bovengenoemde negatieve associaties bij CCS een voor de hand liggend om het belang van CCS in twijfel te trekken.

Vermoedelijk blijft CCS als onderwerp binnen de transitie kwetsbaar, wel zal het verzet op nationaal niveau waarschijnlijk afnemen als CCS een gebalanceerd onderdeel wordt van een totaalpakket aan maatregelen waarmee afgekoerst wordt op het realiseren van ambitieuze klimaatdoelen op de korte en de lange termijn. Binnen de onderhandelingen over het nationaal klimaatakkoord zal toegewerkt moeten worden naar zo'n afgewogen totaalpakket.

Binnen het routekaartproces is een marsroute ontwikkeld voor CCS die wat betreft de rol van CCS invulling geeft aan zo'n gebalanceerd totaalpakket. Het wordt primair ingezet bij die bronnen waar er nu nog geen alternatieven zijn en het wordt zodanig ingezet dat het de verdere verduurzaming van die bronnen niet in de weg staat. Op zich is gebleken dat bijna alle de bij het routekaartproces betrokken partijen de gekozen benadering steunen.

¹⁸ <http://bellona.org/about-ccs/bellona-and-ccs>

Versterken maatschappelijk draagvlak

Het versterken van het maatschappelijk draagvlak wordt van groot belang geacht om tot een vlotte uitrol van CCS te komen. De stappen die hiertoe gezet kunnen worden moeten enerzijds gericht zijn op het voorkomen dat de zorgen en negatieve percepties met betrekking tot CCS (zie boven) het draagvlak verder negatief beïnvloeden, en anderzijds op het bijdragen aan een eenduidig en realistisch verhaal over het belang van CCS in het geheel van de energietransitie en de concrete betekenis daarvan op projectniveau. Dit leidt tot een aantal aandachtspunten bij de communicatie rond en over CCS.

- Inzet van CCS kan alleen beargumenteerd worden vanuit de urgentie van het klimaatprobleem en het belang van een snelle daling van de huidige CO₂-emissies. Bij het grote publiek wordt die urgentie niet in voldoende mate gevoeld; zolang dat zo blijft zal het lastig uit te leggen zijn waarom er veel geld gestoken moet worden in een technologie als CCS.
- CCS moet neergezet worden als een onderdeel van een totaal transitiepakket waarbinnen CCS met name daar ingezet wordt waar er geen alternatieven zijn en zodanig dat het verdere verduurzaming niet in de weg zit.
- Wat betreft de financiering moet duidelijk gemaakt worden dat, als er geen overheidsgeld in gestoken wordt, CCS niet van de grond zal komen en de voor het klimaatprobleem noodzakelijke snelle emissiereductie ook niet haalbaar is. Ook moet duidelijk zijn dat de financiering van CCS niet ten koste gaat van het realiseren van andere binnen de transitie cruciale subdoelen zoals die voor duurzame energie. Daarbij moet duidelijk worden gemaakt dat de eventuele alternatieven voor CCS over het algemeen duurder zijn.
- Er moet een heldere communicatie zijn over alle aspecten van CCS die toegankelijk is voor alle geïnteresseerde partijen. Daarin moet zowel aandacht worden besteed aan het belang van CCS voor de transitie als aan de meer technische aspecten van CCS die bijvoorbeeld van belang zijn voor partijen die te maken krijgen met CCS gerelateerde activiteiten in hun omgeving.

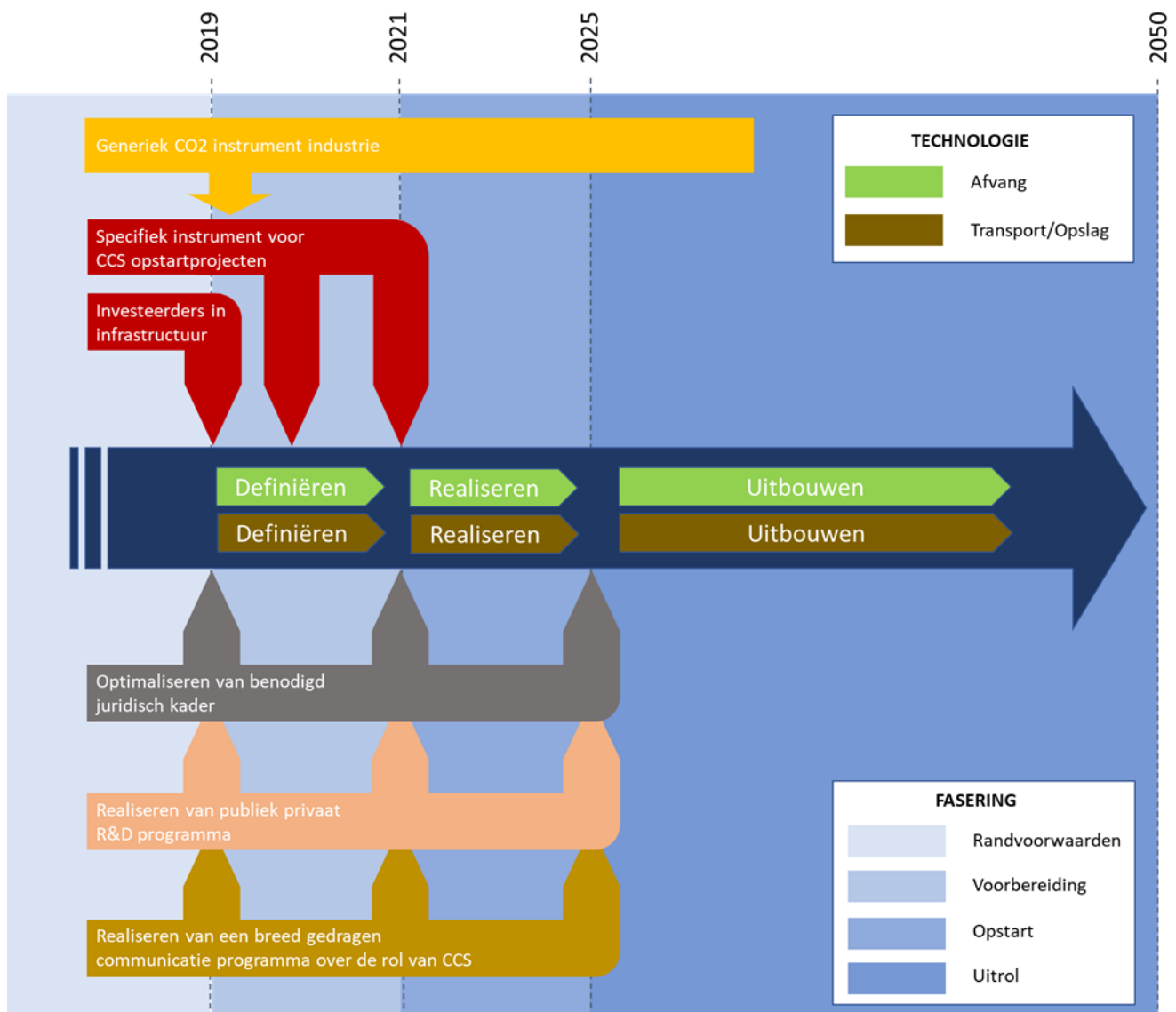
Uit onderzoek ook rond CCS blijkt dat communicatie meer vertrouwd wordt als die gedaan wordt vanuit meerdere partijen gezamenlijk en niet vanuit één enkele partij. Dit betekent dat de eerste twee punten zoals hierboven opgesomd het best gecommuniceerd zouden kunnen worden vanuit de brede groep partijen die ook betrokken zijn bij het opstellen van het nationaal klimaatakkoord. De laatste twee meer CCS specifieke punten zouden bij voorkeur gecommuniceerd moeten gaan worden vanuit de partijen die gezamenlijk hebben bijgedragen aan de totstandkoming van deze routekaart. Juist omdat er geen specifieke partijen zijn die CCS dragen zouden alle partijen gezamenlijk deze verantwoordelijkheid op zich moeten nemen.

5. De routekaart

5.1 Het proces

Het doel van de routekaart is om zo concreet mogelijk aan te geven welke stappen er genomen moeten worden om ervoor te zorgen dat CCS op de kortere termijn toegepast gaat worden, en op de lange termijn een optimale rol gaat spelen in de transitie naar een klimaatneutraal energiesysteem. Dit vergt een grote inspanning van diverse partijen in de hele CCS-keten. Voordat deze partijen echt actief in beweging komen is het van belang dat ze zo snel mogelijk helderheid krijgen over de doelen en de beleidskaders. Het begin van de routekaart is dan ook vooral gericht op het creëren van die helderheid. In figuur 3 worden deze stappen schematisch in de tijd weergegeven.

Figuur 3: CCS-routekaart



De figuur laat zien dat de realisatie van de eerste CCS projecten wordt voorzien in de periode 2021-2025, de projecten die nu al voorbereid worden zullen eerder in die periode operationeel zijn terwijl de relatief nieuwe projecten wat meer tijd nodig zullen hebben. Hoewel de routekaart daar geen kwantitatieve uitspraak over doet is het beeld dat, indien de noodzakelijke randvoorwaarden tijdig worden ingevuld, CCS ook in 2030 al een substantiële bijdrage kan leveren aan het terugdringen van de emissies.

De specifieke invulling van de verschillende randvoorwaarden zoals die in het schema zijn weergegeven staan uitgewerkt in het vorige hoofdstuk. Indien deze randvoorwaarden ingevuld worden mag verwacht worden dat de realisatie zal verlopen zoals die in het schema is weergegeven. Belangrijk daarbij is dat zowel de definitiefase van de afvangprojecten en de definitiefase van de transport- en opslaginstructuur parallel en in afstemming plaatsvinden. Vervolgens zal ook de realisatie van de afvanginstallaties en transport- en opslaginstructuur parallel en in afstemming plaats moeten vinden. Belangrijk om op te merken is dat de onderlinge afhankelijkheden van verschillende elementen in de routekaart groot is.

Zoals ook in het vorige hoofdstuk is aangegeven zijn drie elementen kritisch:

1. De beschikbaarheid van middelen voor de opstartprojecten; zonder die middelen zullen er geen projecten van de grond komen zolang de CO₂-prijs niet veel hoger is dan nu.
2. De aanwezigheid van partijen die de verantwoordelijkheid op zich gaan nemen voor transport en opslag zolang die er niet zijn zal er niet serieus begonnen kunnen worden met de ontwikkeling van projecten.
3. De ontwikkeling van een generiek CO₂-instrument; zonder dat instrument kunnen de opstartprojecten wel gerealiseerd worden maar is het de vraag wat daar de waarde van is, omdat de brede uitrol daarna niet gewaarborgd is.

5.2 Organisatie van de CCS-implementatie

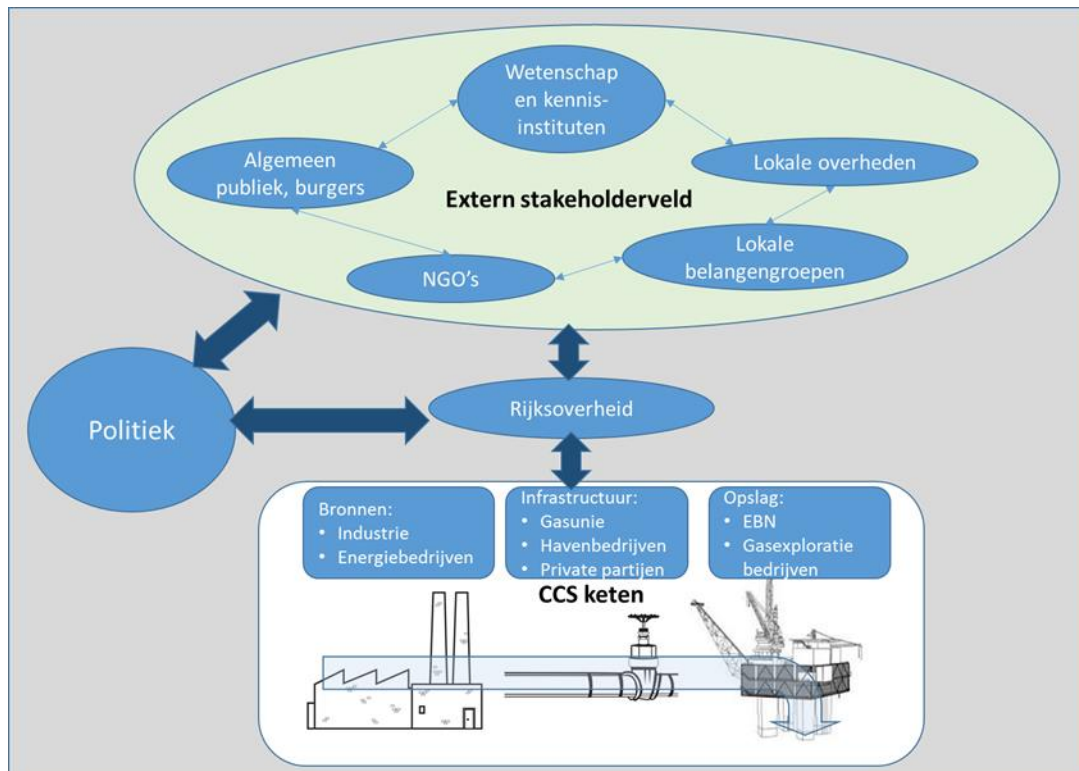
De verdere introductie van CCS binnen Nederland is een majeure operatie die cruciaal is voor het realiseren van een belangrijk deel van de emissiereductiedoelstellingen in de industrie. Deze introductie zal de inzet vergen van veel bedrijven en organisaties die er gezamenlijk voor zorgen dat CCS een succes wordt. Deze introductie gaat sowieso hoge kosten met zich meebrengen, en de vraagtekens rond nut en noodzaak van deze optie zullen ook steeds weer aan de orde worden gesteld. Om gezien de omvang van de uitdaging en de complexiteit van het de materie te zorgen dat deze uitrol succesvol verloopt zullen er op vier verschillende vlakken organisaties opgezet moeten worden:

- Vanuit de overheid een projectmatige opgezette organisatie die zich gaat bezig houden met het realiseren van de noodzakelijk randvoorwaarden voor CCS, het gaat daarbij dus om het:
 - zorgdragen voor partijen die de verantwoordelijkheid van transport en opslag op zich nemen;
 - zorgdragen voor de noodzakelijke financiële instrumenten;
 - zorgdragen voor de noodzakelijke aanpassing van de juridische context;
 - zorgdragen voor de benodigde middelen voor de R&D inspanningen.
- Rond de eerste projecten zijn samenwerkingsverbanden tussen de partijen nodig die gezamenlijk deze projecten gaan realiseren; het gaat daar dus om de bronnen, de transportfunctie en de opslagfunctie. Binnen het Rotterdamse CCS-project is deze samenwerking al aan het ontstaan.






- Vanuit alle betrokken bedrijven en organisaties een Nationale CCS-organisatie die verschillende taken verricht:
 - Communicatie over CCS.
 - Afstemming en dialoog met andere transitie-organisaties over de plaats van CCS binnen de transitie.
- Een organisatie die invulling geeft aan het R&D-programma rond de invoering van CCS.

Bijlage I: Procesbeschrijving routekaart

Het proces rond de ontwikkeling van de routekaart was er op gericht om zo veel mogelijk input te krijgen van alle relevante partijen rond de invoering van CCS zodanig dat het een product zou worden waar zo veel mogelijk partijen zich in zouden kunnen herkennen. In de onderstaande figuur staan de verschillende betrokken partijen schematisch weergegeven.



Binnen het proces om te komen tot een routekaart zijn er een groot aantal bijeenkomsten georganiseerd:

-  Drie bijeenkomsten van het zogenaamd CCS-forum waarin alle relevante stakeholders vertegenwoordigd waren. Binnen het forum zijn alle bouwstenen van de routekaart doorgesproken.
-  Twee bijeenkomsten van een klankbordgroep waarin de partijen die rechtstreeks betrokken zouden moeten zijn bij de introductie van CCS vertegenwoordigd waren.
-  Bijeenkomsten met vier meer technische werkgroepen die meer inhoudelijk op specifieke aspecten van CCS zijn ingegaan. Het ging daarbij om de volgende thema's:
 - De aan te sluiten bronnen.
 - De organisatie van transport en opslag.
 - De juridische context.
 - De instrumentatie.
-  Een bijeenkomst met experts op het gebied van maatschappelijke draagvlak.
-  Een brede bijeenkomst over nut en noodzaak van CCS.

In onderstaand overzicht zijn alle bij het routekaartproces betrokken partijen weergegeven.

- Gemeente Amsterdam
- BLOQ
- BP
- CATO
- TNO
- Circular Energy
- EBN
- ECN
- Energie Nederland
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
- Gasunie
- Greenpeace
- HBR
- I&M
- IPO
- NAM
- NOGEPA
- NVDE
- OCAP
- OCI
- PBL
- Provincie Noord-Holland
- Provincie Zeeland
- Provincie Zuid-Holland
- Quintel
- Gemeente Rotterdam
- RUG
- RWE
- Shell
- Siemens
- SNM
- Stichting Noordzee
- Tata Steel
- TKI gas
- TUD
- VEMW
- Vereniging Afvalbranche
- VNCI
- VNG
- VNPI
- Zuid Hollandse NMF

Bijlage II: Achtergrondinformatie over relevante bronnen

CO₂-emissies verbonden aan het verstoken van restgassen

In onderstaande tabel is indicatief aangegeven welk deel van brandstofgebruik en geassocieerde CO₂-emissies in de beschouwde sectoren is gerelateerd aan gebruik van productgassen als brandstof. Als brandstof gebruikt productgas betreft met name:

- Raffinaderijgas;
- Chemisch restgas van stoomkraken, waterstofproductie en restgas van andere chemische processen (bijvoorbeeld SiC-productie);
- Restgassen van cokesproductie en hoogovenproces.

Voor deze bijproducten bestaat op dit moment in Nederland geen andere rendabele toepassing¹⁹ dan gebruik als brandstof.

Tabel 1: CO₂-emissies onderverdeeld naar toegepaste brandstof en type proces of vuurhaard bij grotere industriële bedrijven (≥ 50 kton CO₂/jaar)

	Proces-emissies	CO ₂ uit aardgas		CO ₂ uit raffinaderijgas, chemisch restgas		CO ₂ uit steenkool en afgeleid ²⁰		Totaal	Totaal NEA
		Ketels, fornuizen	WKC	Ketels, fornuizen	WKC	Ketels, fornuizen	WKC		
Raffinaderijen	1,0 ²¹	2,2	0,7	6,3	0,6			10,8	10,8
Stoomkrakers		1,6	0,4	4,8	0,2			6,9	6,4
Productie H ₂ en NH ₃	3,3	1,7	0,1	1,5 ²²	0,0			6,6	6,8
Overige chemie	0,2 ²³	2,6	0,6	0,5	0,1			4,0	4,2
		5,9	1,0	6,8	0,3			17,3	17,4
Basismetalaalindustrie		0,7	0,0			8,3	2,1	11,1	12,1
Bouwmat. + glasindustrie		0,9	0,0	0,0		0,1		1,1	0,5
Papierindustrie		0,4	0,4			0,1		0,8	0,9
Voedingsmiddelen-industrie		2,0	0,7					2,7	1,4
		12,1	2,8	13,1	0,9	8,6	2,1	44,0	43,1

¹⁹ Er zijn wel ontwikkelingen om met name waterstofrijk cokesovengas (weer) te gebruiken als grondstof voor productie van methanol of ammoniak, twee toepassingen die al bestonden in de jaren twintig van de 20^e eeuw. Productie van methanol uit cokesovengas wordt nu nog commercieel toegepast in met name China en commerciële technologie wordt aangeboden door o.a. Linde. Nieuw is gebruik van hoogovengas voor ethanolproductie (Lanzatech technologie), te implementeren bij ArcelorMittal in Gent.

²⁰ Betreft hoogovengas, cokesovengas (in "Hoogovens-jargon") en oxystaalgas

²¹ Feitelijk PER+, vergassing van zwaar destillatieresidu en productie van H₂ en CO₂ uit synthesegas

²² Betreft emissies uit fornuizen van waterstoffabrieken.

²³ Betreft geconcentreerde CO₂ uit etheenoxide productie, emissies bij Alco Rotterdam (0,3 Mton/jaar) en Cargill Sas van Gent (0,1 Mton/jaar) zijn buiten beschouwing gelaten

Wat zijn de globale kosten van CCS voor alle type bronnen

De technologie voor de afvang van CO₂ wordt al zo'n honderd jaar toegepast als commerciële activiteit, onder andere in verband met gebruik van CO₂ als grondstof en het zuiveren van grondstoffen door de CO₂ te verwijderen. Voorbeelden van bestaande gangbare CO₂-afvang zijn:

- Afvang uit synthesegas bij productie van ammoniak, methanol en etheenoxideproductie.
- Opwerken van ruw aardgas en opwaarderen van biogas tot aardgaskwaliteit.
- Afvang van CO₂ uit rookgassen en procesgassen van bijvoorbeeld waterstoffabrieken voor gebruik in oliewinning, ureumproductie, frisdrankproductie of kalksteenproductie.

Een indicatief overzicht van het huidige niveau van afvangkosten per type bron is gegeven in Tabel 2. Bij de afvangkosten moeten nog kosten voor transport en opslag worden opgeteld. De geschatte technische kosten voor transport en opslag zijn gemiddeld ongeveer € 10/ton CO₂, met een grote onzekerheidsmarge. De werkelijke economische kosten en tarieven zullen hoger zijn omdat daar ook andere kosten zoals financiering, verzekeringen en rendementseisen van de investeerder voor moeten worden meegenomen.

De getoonde kosten betreffen het huidige prijsniveau. Volgens diverse publicaties van IEA en RTI kunnen kosten voor afvang uit rookgassen met 25% á 30% kunnen dalen in de periode tot 2025 – 2030 door het beschikbaar komen van technische verbeteringen en innovaties.

Tabel 2: Kostenindicaties voor afvang van CO₂.

	Totale emissie in Nederland Mton CO ₂ /jaar	Vol% CO ₂ in behandeld gas	Afvangkosten, €/ton CO ₂	Ontwikkelingsstadium afvangtechnologie
Opwerken van afgevangen CO ₂ en CO ₂ uit fermentatie en NH ₃ -productie	5 - 6	> 95%	10 - 20	Gangbaar
H ₂ -productie	1 - 2	40-70%	40 - 50	Demo's van 1 - 1,5 Mton/jaar[1]
Hoogovengas post-combustion energiecentrales V24/V25	6	0,30	40 - 50	Eerste in zijn soort, 1,0 - 1,5 Mton/jaar[2]
Hoogovengas pre-combustion	4	0,25	40 - 60	Pilot, techniek op demoschaal beschikbaar[3]
Windverhitter, cokesfornuis, ketels IJmuiden	2		80 - 100	
Kolencentrales post-combustion	23 - 24	13-15%	40 - 50	1st of a kind 1,0 - 1,5 Mton/jaar[2]
Gasgestookte ketels en fornuizen (post-combustion)	24	10-15%	80 - > 150	Gangbaar voor <0,2 Mton/jaar, Eerste in zijn soort, 1,0 - 1,5 Mton/jaar[2]

Overwegingen voor wel of niet toepassen van CCS

Vanwege het kapitaalintensieve karakter en vanwege de voor afvoer van CO₂ benodigde logistiek (schip, pijpleiding) is CO₂-afvang vooral kosteneffectief voor puntbronnen van meerdere honderden kilotonnen/jaar. Voor kleinere bronnen die veraf liggen van logische tracés voor CO₂-transportpijpleidingen is CCS een relatief dure optie.

Voor staalproductie en een aantal zeer specifieke processen in andere sectoren in Nederland²⁴ (bijvoorbeeld TiO₂-productie) is CCS een noodzaak voor realisatie van 90% - 95% CO₂-emissiereductie vanwege de noodzaak van het gebruik van cokes en/of steenkool als grondstof en reactant²⁵. Alternatieven zijn er nu nog niet:

- Productie uit schroot is in ieder geval voorlopig geen alternatief vanwege productkwaliteit en vanwege beperkt aanbod aan schroot.
 - Omdat staal voornamelijk wordt verwerkt in langlevende producten als gebouwen, infrastructuur, auto's en witgoed en omdat materiaalketens door verliezen bij inzameling en herverwerking eigenlijk nooit 100% te sluiten zijn, is het onwaarschijnlijk dat aanbod aan schroot ooit de vraag naar staal zal kunnen dekken.
 - Voor bepaalde hoogwaardige dunwandige toepassingen is primair, via de hoogovenroute geproduceerd, staal nodig.
- Ook directe reductie met waterstof is geen alternatief omdat hiervoor beperkt beschikbare ertsen nodig zijn.

Voor de andere industriële sectoren is de toepassing van CO₂-afvang in combinatie met permanente vastlegging of opslag van CO₂ in principe één van de mogelijke opties om emissies van CO₂ uit koolstof van fossiele oorsprong te reduceren. Afhankelijk van de beschouwde industriële sector zijn daarnaast op hoofdlijnen de volgende emissiereductiemogelijkheden al dan niet implementeerbaar:

- alternatief, hernieuwbaar product (bijvoorbeeld ammoniak uit hernieuwbare bronnen in plaats van stookolie);
- hernieuwbare of gerecycleerde grondstoffen (bijvoorbeeld grondstoffen uit biomassa, oud glas, oud papier, schroot, plastic afval);
- hernieuwbare energie²⁶;
- energiebesparing, restwarmtebenutting en procesinnovatie.

In onderstaande tabel zijn de alternatieven voor de verschillende industriële sectoren op een rijtje gezet. Procesinnovatie en energiebesparing zijn in dit overzicht niet opgenomen omdat ze vanuit trias energetica geredeneerd sowieso zouden moeten worden geïmplementeerd (mits kosteneffectief).

²⁴ Op internationale schaal is ook de cementindustrie een belangrijke bron waar CCS toegepast zou kunnen worden, in Nederland zijn deze bronnen echter niet meer relevant omdat de betreffende bedrijven hun activiteiten in Nederland gaan beëindigen.

²⁵ Bij staalproductie via het hoogovenproces bij Tata is cokes vanwege de druksterkte van de cokes nog onontbeerlijk en zijn injectiekolen (of een olieproduct) nodig om de in de 'race way' van de hoogoven benodigde 2.000 – 2.200°C te kunnen halen. Maar ook bij het nog verder te ontwikkelen Hisarnaproces is steenkool nodig vanwege de proceschemie van ijzerertsreductie en de in het proces benodigde temperatuur. Inzet van getorreficeerde biomassa is bijvoorbeeld begrensd tot 15%.

²⁶ Hernieuwbare energie kan hierbij in principe de vorm hebben van:

- biomassa en afgeleide brandstoffen (groen gas, biogas, pyrolyse-olie);
- Elektriciteit uit hernieuwbare bronnen en op basis van hernieuwbare elektriciteit geproduceerde warmte (stoom, hete lucht) of brandstoffen (H₂, NH₃);
- Warmte uit geothermie.

Tabel 3: Mogelijke alternatieven voor CO₂-afvang

	Huidige emissies (Mton/jaar)	Alternatieven				
		Alternatief product/proces	grondstof (recyclaat, biomassa)	Alternatieve brandstof (biomassa, H ₂ , NH ₃)	Alternatieve warmtebron	
					Geothermie	warmte uit elektriciteit
Raffinaderijen	±11	X				
Stoomkrakers	6 - 7		X			
H ₂ -productie	1 - 2		X			
NH ₃ -productie	±5		X			
Overige chemie	±4	X	X	X	X	X
Basismetalaalindustrie	±12					
Bouwmat. + glasindustrie	0,5			X		X
Papierindustrie	±1			X	X	X
Voedingsmiddelen-industrie	1 - 2			X	X	X
	±43					
STEG	±10	X				
Conventionele centrales	23 - 24	X				
	±33					
AVI's	±8	X				

Of CCS een logische optie is, hangt daarnaast mede af van de verwachte ontwikkelingen in emissies bij een industriële sector. Een investering bij een bedrijf of sector die op korte termijn mogelijk verdwijnt vanwege bijvoorbeeld markt- of beleidsontwikkelingen (conventionele energiecentrale of kolencentrale) is mogelijk weinig zinvol.

Een inschatting van de ontwikkelingen is per sector gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4: Een inschatting van de ontwikkelingen in productievolumes per sector

	Huidige emissies (Mton CO ₂ /jaar)	Ontwikkeling in productievolumes	
		Korte termijn (tot 2025 - 2030), zie bijvoorbeeld PBL referentieramingen	Lange termijn (2025 - 2050): Perspectief bij ontwikkeling circulaire en koolstofneutrale economie
Raffinaderijen	±11	Stabiel tot lichte afname	Sterke reductie, mogelijk 0-emissie
Stoomkrakers	6 - 7	Stabiel tot lichte afname	Sterke reductie, mogelijk 0-emissie
H ₂ -productie	1 - 2	Mogelijk toename	Sterke afname, gerelateerd aan afname aardolieraffinage
NH ₃ -productie	±5	Stabiel tot lichte afname	Sterke reductie, mogelijk 0-emissie
Overige chemie	±4	Geen inschatting	Geen inschatting
Basismetalaalindustrie	±12	Stabiel	Gelijk tot 20% - 30% reductie
Bouwmat. + glasindustrie	0,5	Stabiel tot lichte afname	Stabilisering
Papierindustrie	±1	Stabiel tot lichte afname	Stabilisering
Voedingsmiddelenindustrie	1 - 2	Mogelijk toename	Stabilisering
	±43		
STEG	±10		
Conventionele centrales	23 - 24	Afname	Mogelijk naar 0, wettelijk verplichte uitfasering?
	±33		
AVI's	±8	Stabiel tot afname	Sterke afname door een meer circulaire economie

Bij sommige partijen zijn er zorgen dat er in bepaalde sectoren een lock-in kan ontstaan die een fossiel energiesysteem in standhoudt als er CCS wordt toegepast. Die zorg is er in elk geval bij de toepassing van CCS bij kolencentrales: als er veel geld geïnvesteerd zou worden in CCS bij de centrales zou dat later als argument gehanteerd kunnen worden om deze centrales niet te sluiten. Een ander discussiepunt betreft de raffinaderijen: vanwege de CO₂-effecten maar ook omwille van de luchtkwaliteiten is er een sterke tendens om in het transport zo veel mogelijk gebruik te gaan maken van elektriciteit en mogelijk waterstof. Deze ontwikkeling zou niet geremd mogen worden door de toepassing van CCS bij raffinaderijen. De meeste partijen zijn het er echter wel over eens dat dit ook niet het geval zal zijn. Het beleid gericht op het verduurzamen van het transport zal zich niet laten beïnvloeden door het al of niet toepassen van CCS bij de raffinage, vooral ook omdat de CO₂-impact van het *gebruik* van de fossiele brandstoffen veel groter is dan de impact van de *productie* ervan.

Bijlage III: Literatuurlijst organisatie en juridisch

Literatuurreferenties

I Werkgroep Organisatie

1. ZEP position paper on funding CCS Market Makers (through the EU Innovation Fund); ZEP; Dec 2017; <http://www.zeroemissionsplatform.eu/news/news/1688-zep-position-paper-on-funding-ccs-market-makers-through-the-innovation-fund.html>
2. Fast track CO2 transport and storage for Europe; ZEP; March 2017; <http://www.zeroemissionsplatform.eu/news/news/1675-launch-of-zep-report-fast-track-co2-transport-and-storage-for-europe.html>
3. Business models for commercial CO2 transport and storage; ZEP; June 2014; <http://www.zeroemissionsplatform.eu/library/publication/252-zepbusmodtransportstorage.html>
4. A need unsatisfied: blueprint for enabling investment in CO2 storage; Deloitte; Feb 2016; <https://www.thecrownestate.co.uk/media/502093/ei-a-need-unsatisfied-blueprint-for-enabling-investment-in-co2-deloitte.pdf>
5. Lowest Cost Decarbonisation for the UK: The critical role of CCS; Parliamentary Advisory Group on CCS; Sept 2016; <http://www.ccsassociation.org/news-and-events/reports-and-publications/parliamentary-advisory-group-on-ccs-report/>
6. CCS Position paper; CATO-3; Hendriks, Koornneef, Oude Lohuis; Nov 2016; https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjRsMGoubvYAhVOEVAKHdWRBQgQFgg8MAA&url=https%3A%2F%2Fwww.ecofys.com%2Ffiles%2Ffiles%2F2015-ecofys_ccus-t2013-wp07-d05-v2015.11.16-ccs-position-paper.pdf&usq=AOvVaw2ZNSNTLIiXQ9VfZicwYTnG
7. Post-2020 cost competitiveness of CCS, Costs of Storage (ZEP): http://ieaghg.org/docs/General_Docs/Iron%20and%20Steel%20Presentations/20%20Maas%20ZEP%20COSTOFSTORAGE%20STEELCCS%20091111.pdf
8. Challenges related to Carbon transportation and storage – showstoppers for CCS? : <https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/201363/Challenges%20related%20to%20carbon%20transportation%20and%20storage.pdf>
9. Plan van Aanpak Haalbaarheidsfase CO2 Smart Grid: <https://www.bloc.nl/app/assets/pva-haalbaarheidsfase-co2-smart-grid-samenvatting-publieksversie.pdf>
10. Marktwerking in de publieke dienstverlening: kansen en risico's van hybride organisaties: Philip Karre; 2011; <http://www.hybrideorganisaties.nl/publications/marktwerking-in-de-publieke-dienstverlening-kansen-en-risicos-van-hybride-organisaties>
11. Hybriditeit in de gemeentelijke afvalverwerking: resultaten uit een meervoudige case study; Philip Karre; 2012; http://www.hybrideorganisaties.nl/file_download/33
12. UK lessons learned:
 - a. Lessons learned and evidence derived from UK CCS programmes; 2008-2015 (CCSa): <http://www.ccsassociation.org/press-centre/reports-and-publications/lessons-learned/>
 - b. Six keys to unlocking national strategic CO2 storage Resource article: <https://pale-blu.com/2016/06/10/six-keys-to-unlocking-national-strategic-co2-storage-resource-some-lessons-from-uk-experience/>
report: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/assets.eti.co.uk/legacyUploads/2016/04/D16-10113ETIS-WP6-Report-Publishable-Summary.pdf>

- c. National audit office report: CCS: the second competition for government support: <https://www.nao.org.uk/report/carbon-capture-and-storage-the-second-competition-for-government-support/>
 - d. The UK carbon floor price summary info: https://sandbag.org.uk/wp-content/uploads/2016/11/Sandbag_Carbon_Floor_Price_2013_final.pdf
13. CO2 Transportation and Storage Business Models; Summary report; January 2018: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/677721/10251BEIS_CO2_TS_Business_Models_FINAL.pdf

II Werkgroep Juridische zaken

1. Korte beschrijving EU CCS-directive: https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ccs/directive_en
2. Raad van State uitspraak veiligheid CO2 pijpleiding Zoetermeer: <https://www.raadvanstate.nl/uitspraken/zoeken-in-uitspraken/tekst-uitspraak.html?id=77529&print=1>
3. Case study of the ROAD storage permit: <http://www.global-institute.com/publications/case-study-road-storage-permit>
4. Permitting process ROAD (capture, transport and storage): <https://www.globalccsinstitute.com/publications/permitting-process-special-report-getting-ccs-project-permitted>
5. Verkenning waterstofinfrastructuur; DNV-GL (in opdracht van min EZK); Nov 2017; https://topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/DNVGL%20rapport%20verkenning%20waterstofinfrastructuur_rev2.pdf
6. Support to the implementation of the CCS directive; CATO-2 report with analysis of CCS directive issues: https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewi8t97j0IPWAhVCmbQKHbymAB0QFggoMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.harmelinkconsulting.nl%2Ffiles%2F2015-09%2Fharmelinkconsulting-0803e77cf76fdadbba2d90226202f15-support-to-the-implementation-of-the-ccs.pdf&usq=AFQjCNEJsNPA0TG_Qmc7PQbGIdDxNE2xIA
7. CCS Legal and Regulatory Review (IEA report); overview of status of legislation worldwide with more detail for advanced countries: <https://www.iea.org/publications/insights/insightpublications/InsightsSeries2016CarbonCaptureandStorageLegalandRegulatoryReview.pdf>
8. Legal liability and Carbon Capture and Storage: overview all legal liabilities (focus on UK, Canada, Australia): <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewiyobGu0oPWAhVEY1AKHT5PBhkQFggoMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.globalccsinstitute.com%2Fpublications%2Flegal-liability-and-carbon-capture-and-storage-comparative-perspective&usq=AFQjCNHskUqkDToTmCv7LFEJGSymWX7c0Q>
9. Liability and compensation for damage resulting from CO2 storage sites: <http://scholarship.law.wm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1645&context=wmelpr>
Leakage risks of geologic CO2 storage and the impacts on the global energy system and climate change mitigation: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-017-2035-8>
10. GCCSI CCS legal and Regulatory Indicator: global assessment of level of readiness of different countries: <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjH0ZyU04PWAhWKKIAKHcE1DRqQFggtMAE&url=https%3A%2F%2Fhub.globalccsinstitute.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fpublications%2F196443%2Fglobal-ccs-institute-ccs-legal-regulatory-indicator.pdf&usq=AFQjCNEV1Z3TXG1Lr3bHDxKLu4kCxIY-7w>

11. Re-using depleted oil and gas fields in the north sea for CO2 storage: seizing or missing a window of opportunity?: legal review (Roggenkamp) of legislation that can help or restrict re-use of platforms: *Beschikbaar via CATO*
12. Legal and Regulatory developments on CCS (Tim Dixon, IEAGHG): article with and overview of all global developments and remaining challenges:
https://www.researchgate.net/publication/281407845_Legal_and_Regulatory_Developments_on_CCS
13. Challenges related to Carbon transportation and storage – showstoppers for CCS? :
<https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/201363/Challenges%20related%20to%20carbon%20transportation%20and%20storage.pdf>
14. Vergunning informatie:
 - a. Aanvulling op aanvraag opslagvergunning TAQA:
https://www.rvo.nl/sites/default/files/sn_bijlagen/bep/70-Opslagprojecten/ROAD-project/Fase1/4_Aanvragen/A-06-2-Aanvulling-opslagvergunning-kl-354540.pdf
 - b. Aanvulling op besluit opslagvergunning (bedragen lekkage risico)
https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2016-4809.html?zoekcriteria=%3Fzkt%3DUitgebreid%26pst%3DStaatscourant%26vrt%3Deconomische%2Bzaken%26zkd%3DAlleenInDeTitel%26dpr%3DAlle%26sdt%3DDatumPublicatie%26pnr%3D1%26rpp%3D10%26_page%3D29%26sorttype%3D1%26sortorder%3D4&resultIndex=284&sorttype=1&sortorder=4
 - c. Cato-2 permit overzicht en planning tool hele keten: https://www.co2-cato.org/cato-download/3763/20141203_141435_CATO2-WP4.2-D11-v2014.08.01-Guidance-CCS-permitt

Bijlage IV: Knelpunten juridische regelingen

Mijnbouwwet

Verwijderingsplan (olie/gaswinning)

Het is de verwachting dat in de komende jaren veel gasvelden zullen worden ingesloten en het is in dat verband urgent dat er nagedacht wordt welke platforms behouden zouden moeten worden en hoe dit organisatorisch geregeld kan worden als de operator zelf geen interesse heeft in het platform aanhouden voor eventuele CO₂-opslag in de toekomst.

Uiterlijk een jaar na het staken van de winning moet een operator een verwijderingsplan indienen. De Minister kan dit alleen om veiligheidsredenen (risico op schade) weigeren. Wel kan de Minister hier beperkingen aan verbinden. In het kader van toekomstig hergebruik voor CO₂-opslag zouden er bijvoorbeeld additionele eisen kunnen worden gesteld aan de wijze van afdichting van de putten. Voorkomen van insluiting is mogelijk indien de vergunninghouder bereid is om de vergunning en verplichtingen over te dragen aan derden. Dit is alleen mogelijk na toestemming van de minister (en veelal EBN). Overdracht (of deelloverdracht) is alleen mogelijk aan een competente (technisch, financieel) operator.

Opslagvergunning

Voor meerdere redenen (zie werkgroep Organisatie) is het waarschijnlijk dat transport- en opslagdiensten in ieder geval initieel onder verantwoordelijkheid van een overheidspartij zullen worden uitgevoerd. Mocht er gekozen worden voor een route waarbij potentiële opslaglocaties in beheer komen van een publieke partij zoals bijvoorbeeld EBN dan zal dit ook op redelijk korte termijn geregeld moeten worden. CO₂-opslag is op dit moment niet een wettelijke taak van EBN (maar er zijn wel mogelijkheden om dit toe te voegen in of bij de Mijnbouwwet). Ook zal EBN dan aan moeten kunnen tonen dat zij financieel en technisch capabel is om als operator op te treden. Aangezien EBN momenteel alleen participeert in de gaswinning als non-operator en geen ervaring heeft als operator zal 'technische capaciteit' waarschijnlijk ingehuurd moeten worden (door bijvoorbeeld samen te werken met de huidige operator van een veld).

Bij de opslagvergunning behorende plannen

Voor start injectie moet de Minister ook ingestemd hebben met de plannen behorend bij de opslagvergunning. In geval van CO₂-opslag is dit deels geregeld via een viertal plannen: Risicobeheersplan, Voorlopig plan voor afsluiting, Monitoringsplan, Plan voor corrigerende maatregelen. Deze moeten voor start injectie worden ingediend. Omdat deze fase van het project nog niet bereikt was voor het ROAD-project is hier nog geen ervaring mee opgedaan. Het zou verstandig zijn – al is het maar pro forma – om die vier plannen uit te werken (ook aan de hand van de door Taqa destijds aangereikte informatie) om dan te zien of er nog obstakels overblijven en hoe die zijn te behandelen.

Afsluiting (CO₂-opslag), monitoring en overdracht naar Nederlandse Staat

Met name op dit punt zijn er nog veel onzekerheden en zorgen. De op dit moment vereiste financiële zekerheden (vanuit zowel de CCS-directive als MBW) hebben een belemmerende werking op de uitvoering van CO₂-opslag. Met name de mogelijk zeer hoge kosten van langdurige monitoring en van toekomstige lekkage zijn daarbij een probleem. Daar wordt nader op ingegaan bij de bespreking van Europese CCS-directive en Guidelines (hieronder) omdat dat de oorsprong is van de meeste zorgen en onzekerheden.

CCS-richtlijn (EC 2009/31/EG) en richtsnoeren:

In Nederland is ervoor gekozen om de EC-directive min of meer ongewijzigd te implementeren in de Nederlandse wet- en regelgeving (Mijnbouwwet). Omdat de CCS-directive geen onderscheid maakt tussen CO₂-opslag in waterlagen (aquifers) en lege gasvelden betekent dit wel dat een aantal van de eisen (in de Directive maar ook in de bijbehorende Guidelines) waarschijnlijk onnodig en/of te conservatief is voor CO₂-opslag in lege gasvelden. Een duidelijk voorbeeld daarvan is de opsporingsvergunning. Deze is zeer relevant als CO₂ gaat worden opgeslagen in een nog onbekende waterlaag, maar eigenlijk onnodig als de word CO₂ wordt opgeslagen in een leeg gasveld. Ook de lange minimum periodes van monitoring (20 jaar door de operator en dan nog 30 jaar door de overheid) zijn misschien logisch voor opslag in een waterlaag (waar de CO₂-pluim nog zal verspreiden na insluiting) maar niet voor opslag in een geografisch goed gedefinieerd opslagvoorkomen (leeg gasveld) waar het CO₂ onder iets lagere druk dan de omgevingsdruk zal worden ingesloten. De vergunningverlener kan deze periodes overigens korter maken, maar omdat het onduidelijk is op welke basis dit kan en hoeveel korter het dan zou kunnen worden is er momenteel dus nog veel onzekerheid hierover. Daarnaast zijn de financiële gevolgen ook aanzienlijk omdat er voor langere periodes gerekend moet worden met op dit moment sowieso nog niet in te schatten monitoringskosten.

Voorgesteld wordt om minimaal een protocol op te stellen waarmee (door de overheid) bepaald zal worden hoe lang deze periodes moeten zijn en met welke methoden de monitoring door zowel de operator als de overheid (na overdracht) gedaan moeten gaan worden. Dit protocol moet zowel meer zekerheid geven over de inhoudelijke beoordeling en besluitvorming alsmede over hoe de betrokken partijen procesmatig met elkaar om zullen gaan.

In de werkgroep werd voorgesteld dat Nederland het voortouw zou kunnen nemen bij het meer specifiek maken van de EC-directive guidelines en/of de implementatie in Nederlandse regelgeving voor CO₂-opslag in lege gasvelden. De doelstelling zou moeten zijn om te komen tot meer fit-for-purpose (risk-based) regelgeving voor opslag in lege gasvelden. De financiering van 30 jaar monitoring na hand-over is hier een goed voorbeeld van. Misschien zinvol voor opslag in waterlagen maar in veel mindere mate voor opslag in gasvelden.

ETS-regelgeving (emission trading system)

Het Europese Emission Trading System (ETS) erkent de mogelijkheid voor permanente opslag van CO₂, en stelt voorwaarden vast waaronder deze emissies (opgeslagen CO₂) mogen worden afgetrokken van de totale emissies van een ETS-installatie. Voor zowel de afvanglocatie, de pijpleiding alsmede de opslaglocatie moet een emissievergunning worden aangevraagd.

Op dit moment worden de ETS-regels aangepast in Brussel. Volgens de NEa zijn de aanpassingen beperkt en niet relevant voor CCS. De volgende kans om de regels aan te passen is pas in 2030. Dit betekent dat alleen aanpassingen nog mogelijk zijn die op nationaal niveau geregeld kunnen worden (de komende +/- 10 jaar).

Uitgezocht zou moeten worden of er alternatieve oplossingen zijn voor de volgende issues (bij voorkeur vooruitlopend op aanpassing in de toekomst van het ETS):

- Bio-CO₂ valt niet onder het ETS;
 - dat geeft dus een probleem als dat in de pijpleiding gaat (voor opslag)
 - en negatieve emissies bestaan daarom ook nog niet in het ETS; dus is er op papier (en financieel) nog geen voordeel te halen uit de opslag van biogene CO₂
- Alles wat niet naar een andere ETS-locatie gaat wordt als emissie beschouwd (als het niet permanent ondergronds wordt opgeslagen; alle hergebruik is momenteel dus 'emissie')
- Schepen kunnen geen ETS-locatie zijn dus overdracht naar een schip telt als emissie

Monitoringseisen onder het ETS: specifiek voor de ondergrondse opslag zijn er ook nog wel wat uitdagingen om de algemene ETS-regels hier op toe te passen. De monitoringseisen in het ETS zijn opgesteld en ontwikkeld voor bovengrondse installaties waar je makkelijk 'bij kunt' met allerlei meetapparatuur. Voor de ondergrond is dat minder makkelijk. Behalve bij de put waardoor het CO₂ in het reservoir gebracht wordt is het moeilijk om de CO₂-stromen precies te meten. Daarom wordt, net als bij gasopslagen, gebruik gemaakt van modellering om de praktijk te vergelijken met de voorspellingen. Indien er afwijkingen zijn worden normaliter de modellen daarop aangepast. Bv als de druk in het reservoir wat langzamer zou oplopen dan verwacht (op basis van de gemeten hoeveelheid CO₂-injectie/opslag) dan kan dat komen door een onnauwkeurigheid in de modellering. Maar, het kan ook komen doordat de CO₂ weglekt ergens. Als er bij de putten en op de zeebodem geen bewijs voor CO₂-lekkages gevonden wordt dan blijf je mogelijk zitten met een gebrek aan hard bewijs dat het CO₂ nog in het 'opslagvoorkomen of -complex' zit. Hoe hiermee in de praktijk binnen het ETS omgegaan zal worden is nog onzeker en vormt een risico voor investeerders. Waarschijnlijk zal het (voor draagvlak en vertrouwen) noodzakelijk zijn om bij de eerste paar opslaglocaties veel additionele monitoring uit te voeren, zodat het vertrouwen in de permanente opslag van CO₂ in gasvelden kan groeien. Vervolgens zou het mogelijk moeten zijn om te volstaan met meer 'risk-based' monitoringsplannen.

Definities lekkage: ETS, EC-directive en Mijnbouwwet

Op dit moment is de terminologie die gebruikt wordt om het optreden van lekkage te beschrijven redelijk complex en niet gelijk in de verschillende relevante regelgevingen.

De volgende termen worden gebruikt in de Mijnbouwwet:

CO₂-opslagcomplex: opslagvoorkomen voor CO₂ en de omringende geologische gebieden die een weerslag kunnen hebben op de algehele integriteit van de opslag en de veiligheid ervan.

Opslagvoorkomen: een voorkomen dat gebruikt wordt voor opslag.

Volgens de EC-directive is CO₂ migratie gedefinieerd als CO₂, dat zich vanuit het opslagvoorkomen verplaatst maar nog binnen het opslagcomplex blijft. Bij migratie uit het opslagcomplex wordt het lekkage.

De opslagvergunning (Mijnbouwwet) is verleend voor een specifiek opslagvoorkomen en de CO₂-opslag is tot dat voorkomen beperkt. Bij vermoede migratie uit het voorkomen is er dus een probleem dat mogelijk opgelost kan worden door een wijzigingsvergunning aan te vragen voor een groter gebied.

Volgens de ETS-regels is er pas sprake van lekkage wanneer het CO₂ de atmosfeer (of waterkolom) bereikt.

Dit is verwarrend en kan vertrouwen in de techniek gaan ondermijnen omdat het tot terminologie-discussies tussen experts, NGO's en betrokkenen kan leiden over of er al dan niet lekkage is opgetreden bij een opslaglocatie. Onderzocht zou moeten worden in hoeverre dit in de praktijk bezwaarlijk is en zo ja, of de definities van 'lekkage' gelijk geschakeld zouden kunnen worden.

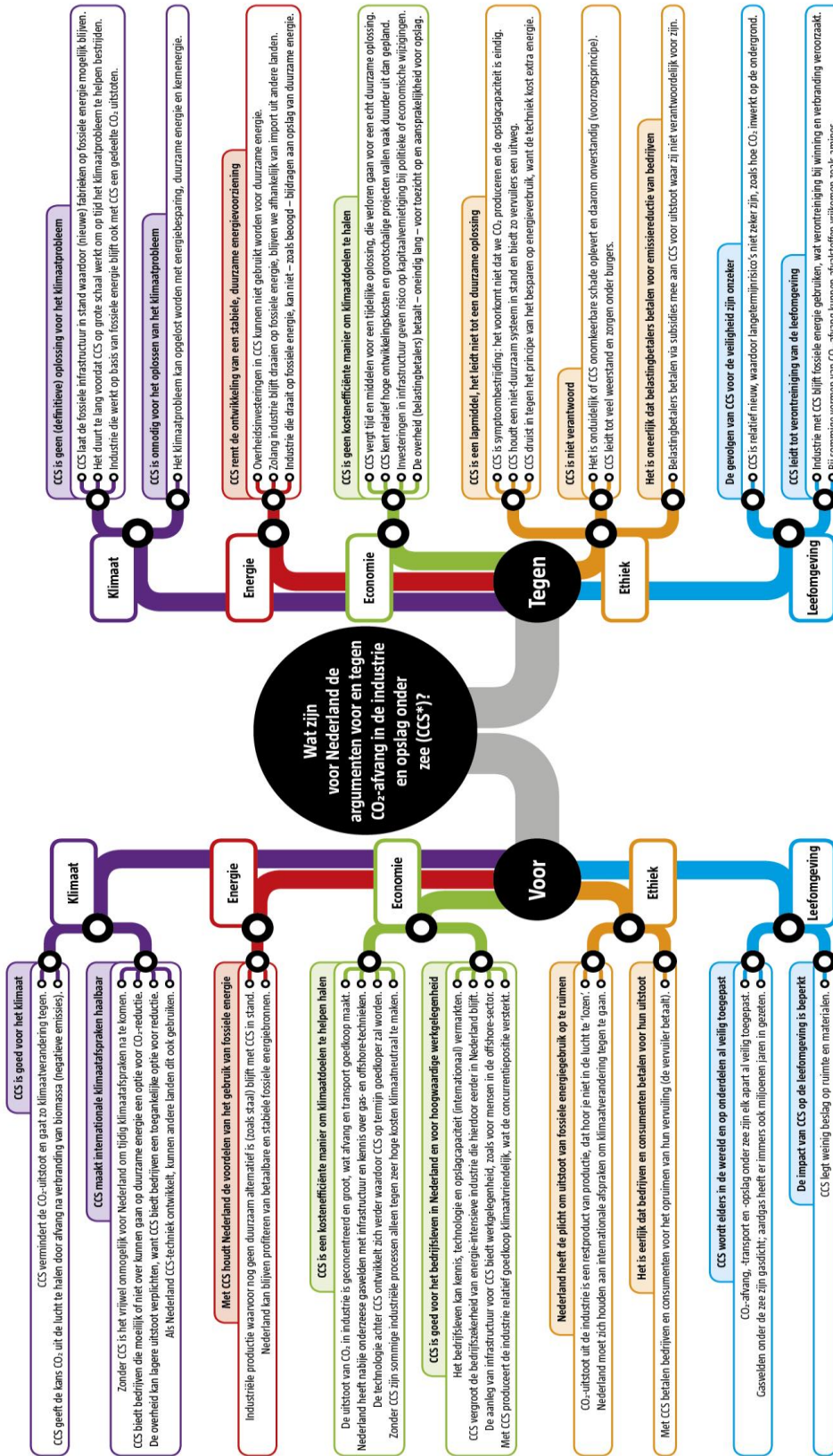
Veiligheidsregelgeving

Gasvormig transport van CO₂ vindt al jaren plaats in Nederland door OCAP. Hiervoor zijn risicoberekeningen gemaakt die inmiddels tot op Raad-van-State-niveau getoetst en voldoende bevonden zijn. Ook voor de afgebroken projecten (Barendrecht, ROAD) waren al de nodige externe veiligheidsstudies uitgevoerd en getoetst (en voldoende bevonden) door de Commissie M.E.R. en de bevoegde instanties. Voor langere afstanden echter heeft het de voorkeur om CO₂ in de vloeibare (of 'dense') fase te transporteren. De in Nederland voorgeschreven uitstroombmodellen

(Safeti-NL) voor kwantitatieve risicoanalyses behoeven verdere aanpassing om geschikt te zijn ook voor lekkages bij hogere drukken (zie ook Gasunie/EBN rapport aanbevelingen). Hetzelfde geldt waarschijnlijk voor grootschalig waterstoftransport door pijpleidingen (in geval van ontwikkeling blauwe waterstof met CO₂-opslag); ook daar is het raadzaam om te onderzoeken of de huidige regelgeving voldoende geschikt en nauwkeurig is.

Bijlage V: Argumentenkaart

Argumentenkaart CO₂-afvang en -opslag (CCS*)



afvang van CO₂ uit de industrie (bij fabrieken en dus niet bij elektriciteitscentrales) en opslag van CO₂ onder de zee (in lege gasvelden). Deze toepassing is in lijn met de ambities van het huidige kabinet.

De kaart gaat uit van het bestaan van een klimaatprobleem en van de internationale afspraken om uitstoot van broeikasgas terug te dragen zoals afgesproken in Parijs in 2015. De belangrijkste afspraak is dat we de opwarming van de aarde beperken tot ruim onder 2 graden met het streven naar 1,5 graden. Dat betekent dat de industrie haar CO₂-uitstoot in de

Over deze kaart

- * CCS staat voor Carbon Capture and Storage. Het afvangen, transporteren en opslaan van CO₂ in de volksmond meestal CO₂-opslag genoemd.
- CCS wordt toegepast bij fabrieken die draaien op fossiele brandstoffen of biomassa gebruiken, om te voorkomen dat de CO₂-die daarbij vrijkomt de atmosfeer bereikt.
- De afvang van CO₂ wordt gedaan met behulp van een speciale chemische verbinding die wordt toegevoegd aan de afvang van CO₂. Deze verbinding wordt vervolgens opgeslagen in een speciale container (bijvoorbeeld een onderzee gasveld).
- Op deze kaart kijken we naar een specifieke toepassing van CCS: de

atmosfeer vrijwel geheel moet stoppen. Op deze kaart gaan we ervanuit dat Nederland maatregelen neemt om aan de klimaatafspraken van Parijs te voldoen, inclusief de financiële gevolgen. CCS is één van de opties om in combinatie met andere maatregelen – de klimaatadaptatie te realiseren. Dit betekent dat er een balans moet worden gevonden tussen de afvang van CO₂ en de afvang van andere broeikasgasen zoals methane. Deze kaart is gemaakt op basis van literatuuronderzoek en debatsessies met een brede groep deskundigen. Wij danken de deskundigen voor hun bijdrage.