



Herziening zeefmethodiek CCS voor SDE++



Herziening zeefmethodiek CCS voor SDE++

Dit conceptrapport is geschreven door:

Maarten de Vries, Chris Jongma, Joeri Vendrik, Diederik Jaspers, Bettina Kampman

Delft, CE Delft, november 2022

Publicatienummer: 22.220347.166

Kooldioxide / Afvangen / Opslag / Industrie / Duurzaam

VT: CCS) Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maarten de Vries (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

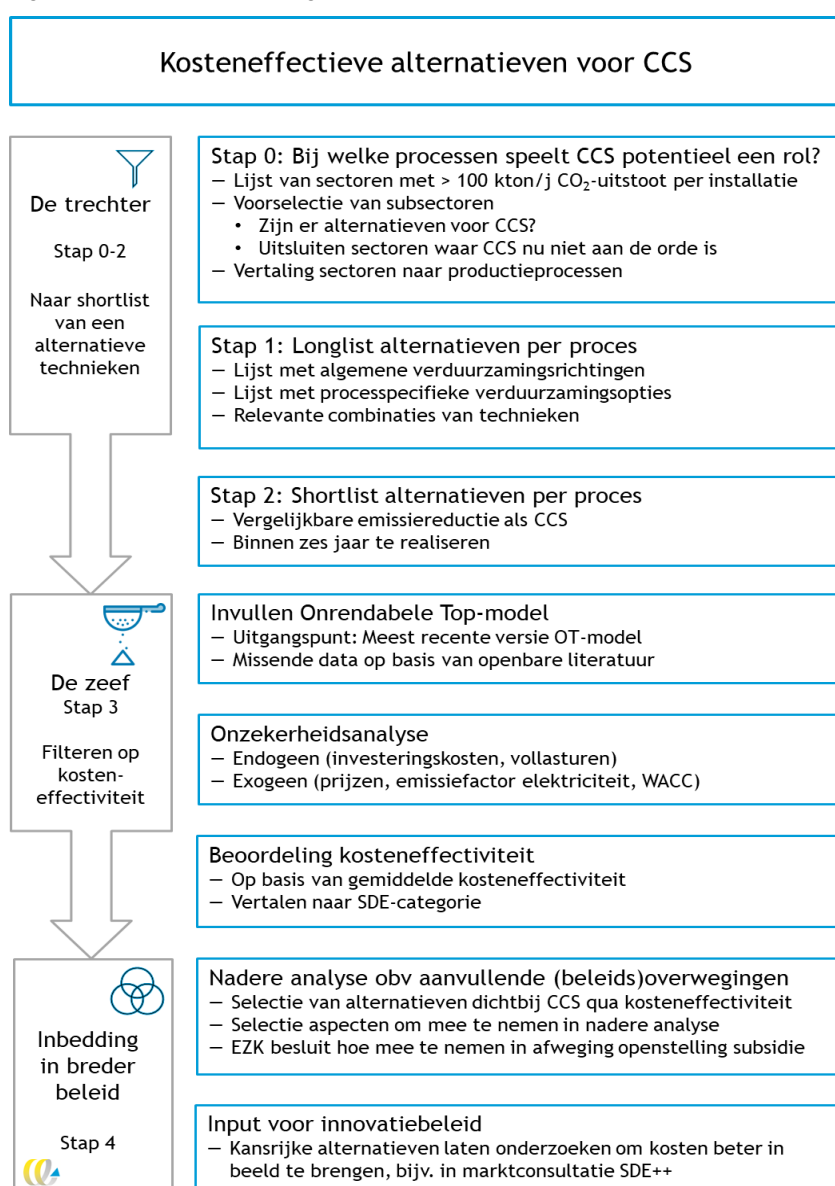
	Samenvatting	3
1	Inleiding	6
2	De trechter: naar een shortlist van alternatieve technieken	8
	2.1 Inleiding	8
	2.2 Stap 0: Bepalen van processen waar CCS potentieel een rol speelt	8
	2.3 Stap 1: Bepaling longlist van alternatieven per proces	12
	2.4 Stap 2: Bepaling shortlist van alternatieve technieken	14
	2.5 Conclusies: de trechter	15
3	De zeef: filteren op kosteneffectiviteit	16
	3.1 Inleiding	16
	3.2 Algemene aanpak	16
	3.3 Bepaling onzekerheid in de subsidie-intensiteit	18
	3.4 Beoordeling kosteneffectiviteit	22
	3.5 Vertaling proces naar SDE-categorie	22
	3.6 Uitsluiten SDE-categorie	23
	3.7 Conclusies: de zeef	23
4	Inbedding van de zeef in breder beleid	25
	4.1 Inleiding	25
	4.2 Beleidscontext	25
	4.3 Selectie van alternatieven voor nadere analyse	26
	4.4 Aspecten om op te toetsen in de nadere analyse	27
	4.5 Uitvoering van de nadere analyse	28
	4.6 Informatie uit de zeefstudie voor innovatiebeleid	29
	4.7 Conclusies: inbedding van de zeef in breder beleid	29
5	Conclusies	30
	Literatuurlijst	32



Samenvatting

In het Nederlandse Klimaatakkoord (Rijksoverheid, 2019) is afgesproken dat subsidiëring van Carbon Capture and Storage (CCS) niet ten koste mag gaan van de ontwikkeling van alternatieve, schone energietechnieken. Daarom is subsidiëring van CCS-projecten via de SDE++ gereguleerd, onder andere via de zogenoemde zeefmethodiek. Daarbij wordt gekeken of er aantoonbare kosteneffectieve alternatieven bestaan voor CCS. Er zijn momenteel acht verschillende categorieën voor technieken die gebruik maken van CCS binnen de SDE++. Als er voor een van deze categorieën kosteneffectieve alternatieven worden geïdentificeerd, dan wordt de betreffende SDE-categorie uitgesloten van subsidie.

Figuur 1 - Schematische weergave van de herziene zeefmethodiek



In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) heeft CE Delft de bestaande zeefmethodiek (Navigant, 2019) herzien. Figuur 1 is een schematische weergave van de herziene methodiek. Deze resulteert in informatie over alternatieven voor CCS, hoe zij scoren op kosteneffectiviteit en op andere aspecten. De methodiek bestaat uit vijf stappen verdeeld over drie onderdelen: de trechter, de zeef en de inbedding in breder beleid.

De trechter

De **Stappen 0 t/m 2** duiden we gezamenlijk aan als ‘de trechter’. Het doel van de trechter is om te komen tot een lijst van alternatieve technieken die door de eigenlijke zeef (Stap 3) moeten worden geëvalueerd op kosteneffectiviteit.

Voor **Stap 0** hebben we een methodiek ontwikkeld om te komen tot een lijst van productieprocessen waarvoor CCS potentieel relevant is. We kiezen daarbij voor een procesbenadering, die in onze ogen voordelen heeft ten opzichte van de techniekbenadering van de bestaande zeefmethodiek. Voor **Stap 1** hebben we uitgewerkt hoe we voor deze productieprocessen duurzame alternatieve technieken identificeren. Specifieke combinaties van technieken worden ook meegenomen. **Stap 2** betreft de voorselectie van technieken voor evaluatie door de zeef. Om de uitvoerbaarheid van de zeefstudie te garanderen en te voorkomen dat technieken die geen reëel alternatief voor bedrijven vormen toch door de zeef komen, verkorten we hier de *longlist* uit Stap 1 tot een *shortlist* van kansrijke alternatieven. De gebruikte criteria hiervoor zijn: (1) omvang van de CO₂-emissiereductie en (2) implementatietijd van de techniek.

De zeef

De zeef (**Stap 3**) omvat de methodiek om alternatieven van de *shortlist* te beoordelen op kosteneffectiviteit, ook wel subsidie-intensiteit genoemd. Deze sluit aan bij de bestaande SDE++-methodiek, die gebaseerd is op het Onrendabele Top-model (OT-model) van PBL. Voor elk proces wordt per alternatief een rekenblad gemaakt, waarvoor we zoveel mogelijk aansluiten bij de SDE-adviezen en bestaande literatuur, bij voorkeur de MIDDEN-database. Het resultaat is een overzicht van de kosteneffectiviteit (in euro subsidie per vermeden ton CO₂-eq.) van CCS en de onderzochte alternatieven.

De uitkomst van de zeef wordt bepaald door de manier waarop de kosteneffectiviteit van CCS en de alternatieven wordt vergeleken. We sluiten daarvoor aan op de huidige SDE-werkwijze, die gebruik maakt van de *gemiddelde* kosteneffectiviteit en niet naar de onzekerheidsbandbreedte kijkt. Toch laten we ook zien hoe de *onzekerheid* ingeschat kan worden. Dit kan namelijk wel een rol spelen in de uiteindelijke beslissing om een SDE-categorie van subsidie uit te sluiten (zie Stap 4).

Omdat de SDE werkt met technieken (SDE-categorieën), vertalen we tot slot de resultaten van de zeef in onze procesbenadering weer terug in termen van SDE-categorieën. Alleen als alle alternatieven binnen een SDE-categorie kosteneffectiever zijn dan CCS kan de betreffende categorie zondermeer worden uitgesloten van subsidie. Eventueel kunnen nieuwe categorieën worden gecreëerd, die beter aansluiten bij processen waarvoor een kosteneffectief alternatief bestaat.

Inbedding van de zeef in breder beleid

Tenslotte wordt in **Stap 4** de zeef ingebed in het bredere (innovatie)beleid. Bij het besluit van EZK om een bepaalde CCS-categorie uit te sluiten van subsidie onder de SDE++ kunnen andere (beleids)overwegingen dan alleen kosteneffectiviteit een rol spelen, met name wanneer er alternatieve technologieën zijn geïdentificeerd die qua kosteneffectiviteit al dichtbij CCS zitten. We hebben daarom een methode uiteengezet voor een nadere analyse op diverse aspecten, zoals onzekerheid in de kosteninschatting, beschikbaarheid van infrastructuur en milieueffecten. Het besluit om op basis van de zeef en de nadere (beleids)overwegingen wel of geen subsidie voor CCS toe te staan blijft volledig de verantwoordelijkheid van het ministerie van EZK.

Tot slot zijn we kort ingegaan op de manier waarop informatie uit de zeefstudie nuttig gebruikt kan worden om innovatie te stimuleren. Bijvoorbeeld door alternatieven die qua kosteneffectiviteit dichtbij CCS blijken te zitten nader te onderzoeken, zodat de kosten ervan nauwkeuriger bepaald kunnen worden.



1 Inleiding

Aanleiding

Sinds 2020 staat de subsidieregeling Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++) open voor aanvragen op het gebied van Carbon Capture and Storage (CCS). In het Nederlandse Klimaatakkoord is afgesproken dat subsidiering van CCS niet ten koste mag gaan van de ontwikkeling van alternatieve, schone energietechnieken. Daarom is subsidiering van CCS-projecten gereguleerd, onder andere via de zogenoemde zeefmethodiek. Daarbij wordt gekeken of er geen aantoonbare kosteneffectieve alternatieven bestaan voor CCS. Als er een kosteneffectief alternatief wordt geïdentificeerd, wordt de betreffende CCS-categorie uitgesloten van subsidie. Het staat bedrijven dan nog steeds vrij om CCS toe te passen, alleen is hier dan geen SDE++-subsidie voor beschikbaar. CCS-technieken die, om wat voor reden dan ook, niet in de zeefmethodiek zijn opgenomen kunnen niet worden uitgesloten van SDE++-subsidie op grond van de zeef.

In de observatie van het ministerie van EZK zou een aanscherping van de zeefmethodologie tot een effectievere, doelmatigere en robuustere toepassing van de zeef kunnen leiden. Daarom heeft het ministerie aan CE Delft gevraagd om de zeefmethodiek te onderzoeken en zo nodig een voorstel te doen voor herziening. In dit rapport presenteren wij de herziene zeefmethodiek en onderbouwen we hoe we tot deze herziening zijn gekomen. Dit rapport behandelt niet de *toepassing* van deze methodiek; dat wordt in de tweede fase van dit onderzoek uitgevoerd en zal leiden tot een afzonderlijke rapportage.

Er is tot nu toe driemaal een zogenoemde zeefstudie uitgevoerd, voor de jaren 2020 (Navigant, 2019), 2021 (Guidehouse, 2020) en 2022 (Royal Haskoning DHV, 2022)¹. In alle drie de gevallen was de uitkomst van de zeef dat er geen kosteneffectieve alternatieven voor CCS zijn geïdentificeerd. De toekenning van SDE++-subsidie aan CCS-projecten is in deze jaren de facto dus niet beperkt geweest door de zeef. Het doel van deze studie is echter nadrukkelijk niet om deze uitkomst te veranderen of hierop aan te sturen; het gaat om een methodologische aanscherping van de wijze waarop de zeef wordt uitgevoerd, ongeacht de vraag of deze aanscherping wel of niet tot het identificeren van kosteneffectieve alternatieven leidt.

Werkwijze en afbakening

In dit onderzoeksrapport bouwen we stap voor stap aan een hernieuwde zeefmethodiek. Voor elke deelstap ontwikkelen we een analytisch gefundeerde methode om de stap uit te voeren. Het doel hiervan is dat de herziene zeefmethodiek onafhankelijk toe te passen is, ook door andere (ter zake kundige) partijen. Daarom geven we in elke stap duidelijk aan op welke bronnen we ons baseren en hoe we tot die selectie van bronnen komen. We beperken de scope van de zeef a priori tot CCS-technieken toegepast op stationaire bronnen van niet-biogene CO₂. Binnen de methodiek wordt een nadere afbakening uitgewerkt.

Sommige elementen van onze methodiek blijven hetzelfde als in de vorige zeefstudies, omdat zij direct samenhangen met de wijze waarop de SDE++ werkt. Dit geldt bijvoorbeeld voor het gebruik van het Onrendabele Top-model (OT-model) en de wijze waarop de

¹ Daarbij maakten de twee laatstgenoemde publicaties gebruik van de door (Navigant, 2019) ontwikkelde methodiek.

kosteneffectiviteit van een techniek daarin wordt berekend. In deze studie worden het OT-model en het huidige ontwerp van de SDE++, inclusief de berekeningen die het PBL daarvoor uitvoert, als randvoorwaarden beschouwd en dus niet ter discussie gesteld. Wel zien wij de eventuele toevoeging van nieuwe SDE-categorieën (op termijn) als een reële mogelijkheid.

Andere elementen van de zeefmethodiek hebben wij aangepast ten opzichte van de huidige werkwijze. Het belangrijkste daarvan is onze procesbenadering, waarin we per productieproces bekijken wat de alternatieven zijn voor CCS, in plaats van per techniek/SDE-categorie. Dit biedt veel inzicht in de concrete verduurzamingsopties in de verschillende industriële sectoren. Ook kiezen we ervoor om criteria die naar hun aard moeilijk objectief of kwantificeerbaar te maken zijn, zoals perceptie van risico's door de industrie en betrouwbaarheid van de techniek, niet meer als zelfstandig criterium te beschouwen om een alternatief voor CCS op af te wijzen. In plaats daarvan houden we er in het criterium voor de implementatietijd rekening mee dat een alternatieve techniek daadwerkelijk een reëel alternatief moet vormen voor een bedrijf. Daarnaast schetsen we hoe informatie uit de zeefstudie gebruikt kan worden om aan de 'achterkant' van de zeef een alternatief alsnog af te wijzen of toe te staan op andere gronden dan kosteneffectiviteit, of een alternatief gericht te gaan stimuleren. We beargumenteren onze keuzes bij alle stappen van onze methode.

Leeswijzer

We bouwen onze herziene zeefmethodiek op in de volgende drie hoofdstukken.

In Hoofdstuk 2 beschrijven we de methode om via een aantal stappen te komen tot een shortlist van alternatieve technieken die op kosteneffectiviteit geëvalueerd moeten worden door de zeef. We duiden deze stappen gezamenlijk aan als 'de trechter', omdat we breed beginnen en uiteindelijk uitkomen op een beperkte lijst met alternatieven die daadwerkelijk 'gezeefd' worden. In de eerste stap (Stap 0) stellen we vast hoe de industriële processen waar CCS potentieel een rol speelt geïdentificeerd kunnen worden. We leggen in deze stap ook uit waarom we kiezen voor een procesbenadering, ook al wordt in de SDE-methodiek subsidie toegekend op het niveau van een bepaalde techniek. In Stap 1 presenteren we een methode om voor elk van de relevante processen na te gaan welke duurzame alternatieven er bestaan. Dit leidt tot een longlist van alternatieve technieken. Vervolgens wordt in Stap 2 beschreven hoe deze longlist op basis van bepaalde criteria kan worden teruggebracht tot een shortlist.

Hoofdstuk 3 beschrijft de daadwerkelijke zeef: de methode om na te gaan of er in een bepaalde situatie een kosteneffectief alternatief bestaat voor CCS. De shortlist uit Stap 2 vormt de input van de zeef. In dit hoofdstuk zetten we uiteen hoe de kosteneffectiviteit van elk alternatief bepaald kan worden, waarbij we nauw aansluiten bij de bestaande aanpak die gebruik maakt van het Onrendabele Top-model. Ook besteden we aandacht aan de methode om de onzekerheid in de kosteninschatting te bepalen.

In Hoofdstuk 4 kijken we vervolgens naar de inbedding van de zeef in breder beleid. Bij het besluit om wel of geen subsidie voor CCS toe te staan kunnen andere (beleids)overwegingen dan kosteneffectiviteit alleen een rol spelen. In dit hoofdstuk stellen we een nadere analyse voor om dit soort overwegingen systematisch mee te nemen. Ook gaan we kort in op hoe de informatie uit de zeefstudie nuttig gebruikt kan worden in het innovatiebeleid.

Tenslotte volgen in Hoofdstuk 5 de conclusies, waarbij onze herziene zeefmethodiek schematisch wordt weergegeven.



2 De trechter: naar een shortlist van alternatieve technieken

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de zogenoemde trechter: een methode om te komen tot een lijst met alternatieve technieken waarvan de kosteneffectiviteit door de zeef geëvalueerd moet worden ten opzichte van die van CCS. Deze aanpak is verdeeld in drie stappen:

- in Stap 0 beargumenteren we waarom een procesgerichte benadering nuttig is en beschrijven we een methode om te bepalen voor welke sectoren en processen CCS relevant is;
- in Stap 1 kijken we naar de methode om te bepalen welke duurzame alternatieve technieken er zijn per proces;
- in Stap 2 bepalen we de criteria voor de voorselectie om van een longlist naar een shortlist van alternatieven te komen.

Het resultaat van deze stappen is een lijst van kansrijke alternatieven waarvoor de zeef uitgevoerd moet worden (zie Hoofdstuk 3).

Tekstbox 1 - Begripsbepaling

Sector - Een economische sector, bijvoorbeeld de chemie.

Subsector - Een onderdeel van een economische sector, bijvoorbeeld de organische basischemie.

Product - Een product van een productieproces, bijvoorbeeld ethyleen.

Proces - Het productieproces of een deel daarvan, bijvoorbeeld naftakraken.

Techniek - De toegepaste techniek in een proces, bijvoorbeeld een stoomkraker gestookt op aardgas en restgas.

2.2 Stap 0: Bepalen van processen waar CCS potentieel een rol speelt

In deze stap stellen we een methode op om te bepalen in welke productieprocessen CCS een rol speelt. We beargumenteren eerst waarom een overstap van een techniek- naar een procesgerichte benadering nuttig is, vervolgens beschrijven we hoe een lijst met sectoren waar CO₂ grootschalig wordt uitgestoten in Nederland kan worden opgesteld en of er alternatieven voor CCS beschikbaar zijn in die sectoren. Tenslotte formuleren we een werkwijze om vast te stellen welke processen per sector relevant zijn om CCS op toe te passen.

2.2.1 Keuze voor een procesgerichte benadering

De huidige SDE-methodiek heeft techniek als uitgangspunt. De SDE-methodiek subsidieert verschillende algemeen toepasbare technieken, die in uiteenlopende sectoren en productieprocessen ingezet kunnen worden. Voor CCS zijn er momenteel de onderstaande categorieën (PBL, 2022):

1. Gedeeltelijke CO₂-opslag bij *bestaande* CO₂-afvanginstallaties (A,B,C²).

² Iedere categorie heeft meerdere subcategorieën, afhankelijk van hoe de CO₂ getransporteerd wordt: gasvormig (A), vloeibaar (B), of vloeibaar met een bestaande vervloeiingsinstallatie (C).



2. Volledige CO₂-opslag bij *bestaande* CO₂-afvanginstallaties (A,B).
3. *Nieuwe* pre-combustion CO₂-afvanginstallaties bij *bestaande* installaties (A,B).
4. *Nieuwe* pre-combustion CO₂-afvanginstallaties bij *bestaande* waterstofproductie uit industriële restgassen (A,B).
5. *Nieuwe* post-combustion CO₂-afvanginstallaties bij *bestaande* industriële installaties (A,B).
6. *Nieuwe* post-combustion CO₂-afvanginstallaties bij *bestaande* AVI's (A,B).
7. *Nieuwe* pre-combustion CO₂-afvanginstallaties bij *nieuwe* installaties (A,B).
8. *Nieuwe* post-combustion CO₂-afvanginstallaties bij *nieuwe* installaties (A,B).

Overstap naar een procesgerichte benadering vergroot kansen voor alternatieven

Vanuit de huidige opbouw van de SDE++ is het voor de hand liggend dat alternatieve technieken ook als algemeen toepasbare techniek geëvalueerd worden, waarbij er geen onderscheid wordt gemaakt naar in welke proces ze ingezet worden. Deze algemene benadering leidt echter tot enkele belangrijke lacunes:

- Een techniekbenadering laat alleen ruimte voor technieken die in alle processen ongeveer hetzelfde toegepast worden. Sommige **algemene technieken** zijn echter in veel sectoren toepasbaar, maar de implementatie verschilt per proces. Voorbeelden hiervan zijn de inzet van biomassa en restwarmte. Dergelijke technieken kunnen binnen de huidige techniekbenadering niet goed beoordeeld worden en werden in eerdere studies in een vroeg stadium terzijde gelegd. Dit werkt in het voordeel van CCS.
- Een techniekbenadering focust op alternatieve technieken die in hun eentje een alternatief zijn voor CCS. Aangezien CCS vrijwel alle emissies kan afvangen, is een alternatieve techniek alleen een waardig alternatief als die ook alle emissies vermijdt. Dit kan leiden tot een te beperkte blik op verduurzaming, waarbij alleen de warmtebron ingewisseld wordt, maar het productieproces zelf intact blijft. Er is in dat geval minder aandacht voor **procesvernieuwing** of **combinaties van technieken**, terwijl dat voor veel processen juist de sleutel is tot kosteneffectieve verduurzaming. Dit zou in het voordeel van CCS kunnen werken.
- Met een techniekbenadering worden de **kosten en haalbaarheid van CCS zelf** ook niet goed ingeschat, omdat deze erg verschillen per toepassing en per proces. Met een procesbenadering wordt de juiste CCS-variant geselecteerd, waardoor de vergelijking met alternatieven nauwkeuriger is.

Een procesgerichte benadering van de zeefstudie is arbeidsintensiever, maar zal betere inzichten opleveren in de verduurzamingsmogelijkheden en kosten per proces. Door deze benadering is de kans groter dat er daadwerkelijk kosteneffectieve technieken naar voren komen, omdat de verduurzaming van een proces als uitgangspunt wordt genomen en niet de 1-op-1-vergelijking met de toepassing van CCS in dat proces. Met behoud van een techniekgerichte aanpak zullen zeefstudies de komende jaren waarschijnlijk niet leiden tot fundamenteel andere uitkomsten dan de zeefstudies uit het verleden.

Deze studie: evaluatie per proces, beschouwing per techniek

Het is een harde randvoorwaarde dat de uitkomsten van de zeef aansluiten bij de opzet van de SDE. De SDE biedt alleen de mogelijkheid om specifieke technieken uit te sluiten, maar niet de mogelijkheid om bepaalde sectoren of bedrijven uit te sluiten.

We zien echter goede mogelijkheden om een procesgerichte aanpak te rijmen met de methodiek van de SDE. De categorieën voor nieuwe afvanginstallaties zijn berekend op zeer specifieke referentie-installaties: bijvoorbeeld bij de productie van waterstof een SMR³ voor bestaande installaties en een ATR⁴ voor nieuwe installaties. Dit biedt ruimte om de categorieën specifiek te maken als daar aanleiding toe is. Een gewijzigde categorie 'Nieuwe post-combustion afvanginstallatie bij waterstofproductie middels SMR' omschrijft een techniek, die echter alleen voor een bepaald product wordt toegepast.

Resumerend kiezen we ervoor om de technieken eerst per proces te evalueren. We bekijken welke resultaten de zeef oplevert en of daar een lijn in zit: gaat het bijvoorbeeld steeds om dezelfde CCS-techniek waar een kosteneffectief alternatief voor is? Dan kan die CCS-techniek uitgesloten worden van subsidie. Anders kan de omschrijving van de techniek wellicht dusdanig aangepast worden dat deze enkel toegepast zal worden voor het betreffende proces.

2.2.2 Bepaling van lijst van sectoren met grootschalige CO₂-uitstoot

De eerste stap is om te kijken welke sectoren gebruik zouden maken van CCS. We bekijken daarvoor de bestaande installaties die meer dan 100 kton CO₂ per jaar uitstoten. Daarnaast schetsen we een pragmatisch kader om ook nieuwe installaties mee te nemen.

Bestaande installaties

De kosten van CCS nemen sterk af met de schaal waarop het wordt uitgevoerd. Dit geldt zowel voor de techniek om CO₂ af te vangen als de infrastructuur om de CO₂ af te voeren en op te slaan. Dit betekent dat CCS over het algemeen alleen rendabel toe te passen is bij installaties waar op grote schaal CO₂ kan worden afgevangen. Voor de definitie van 'grootschalig' hanteren we een ondergrens van 100 kton/j CO₂-uitstoot per installatie, net als in de voorgaande zeefstudie (Royal Haskoning DHV, 2022). Het is goed om te benadrukken dat daardoor technieken van kleinere uitstoters niet worden geëvalueerd door de zeef. De betreffende technieken zullen daardoor automatisch niet uitgesloten kunnen worden van subsidie voor CCS.

Voor deze stap kan een overzicht opgesteld worden van installaties met een CO₂-uitstoot van > 100 kton/j met behulp van de data export module van de emissieregistratie (Emissieregistratie, lopend). Daarbij kunnen de parameters gebruikt worden zoals in Tabel 1.

Tabel 1 - In te voeren parameters in export module emissieregistratie

Compartiment	Stof	Gebiedsindeling	Bronniveau	Jaren
Lucht	Koolstofdioxide	Nederland	Bedrijf	Afgelopen drie jaar

Alle sectoren worden beschouwd, behalve Verkeer en Vervoer omdat afvang van mobiele installaties buiten de scope valt. De data wordt gefilterd op installaties die tenminste 100.000.000 kg per jaar uitstoten in één van de afgelopen drie jaren. Uit dit overzicht wordt een lijst met bedrijven (veld 'Bedrijf') en subsectoren samengesteld (veld 'Sbi_naam').

³ Waterstofproductie middels Steam Methane Reforming.

⁴ Waterstofproductie middels Autothermal Reforming.

Nieuwe installaties

Het is ook mogelijk om nieuwe (industriële) installaties te bouwen die gebruik maken van fossiele grond- en/of brandstoffen en die CCS toepassen. Het is niet mogelijk om alle mogelijke nieuwe installaties mee te nemen in de zeef en dat zou ook niet nuttig zijn. Daarom worden alleen de nieuwe installaties meegenomen waar al een SDE-categorie voor bestaat. In 2022 gaat het bijvoorbeeld om een nieuwe installatie voor de productie van waterstof uit restgassen met CCS.

2.2.3 Voorselectie van (sub)sectoren

In deze stap van de methode wordt bepaald voor welke (sub)sectoren de zeefstudie uitgevoerd moet worden. CCS-projecten in (sub)sectoren die niet worden beschouwd in de zeefstudie kunnen niet op basis van de zeef worden uitgesloten van subsidie.

De zeefstudie kan alleen sectoren beschouwen die alternatieven beschikbaar hebben voor CCS. CCS kan namelijk geen alternatieven verdringen als er überhaupt geen alternatieven bestaan in een bepaalde sector.

In de volgende gevallen zijn er geen alternatieven voor CCS:

- De emissies bestaan uitsluitend uit onvermijdbare procesemissies zonder alternatief voor het primaire proces. Dit is het geval als:
 - De CO₂ ontstaat niet door verbranding van fossiele brandstoffen of het gebruik van fossiele grondstoffen; én
 - Er geen alternatief voor het proces is dat hetzelfde product maakt.⁵
 - *Een voorbeeld is de productie van kalk, waarbij kalksteen (CaCO₃) op hoge temperatuur wordt gereduceerd tot ongebluste kalk (CaO) en CO₂. De CO₂ komt dus uit het gesteente zelf. Er bestaat geen ander economisch vatbaar proces om op grote schaal kalk te maken.*
- De emissies bestaan uitsluitend uit **biogene CO₂**. De zeef heeft als doel om kosten-effectieve duurzame alternatieven voor CCS met fossiele brandstoffen te vinden. Biomassa veroorzaakt geen fossiele CO₂-uitstoot en wordt daarom al aangemerkt als duurzaam. Er hoeft dus geen duurzaam alternatief gevonden te worden. Hoewel er discussie bestaat over de herkomst van duurzame biomassa, is dit geen onderdeel van deze studie naar de zeefmethodiek.

Verder worden in onze zeefmethodiek voor nu, in overleg met EZK, de volgende sectoren uitgesloten, om de studie uitvoerbaar te houden en omdat in deze sectoren CCS op dit moment niet aan de orde is:

- elektriciteitsopwekking met alle brandstoffen, inclusief wkk;
- staalproductie;
- afvalverbranding en overige verwerking van afval;
- alle overige sectoren waar slechts één bedrijf actief is én waar aangetoond kan worden dat er wordt ingezet op een andere verduurzamingsmethode en niet op CCS.

De redenering voor de uitsluiting van deze sectoren is als volgt:

- Voor elektriciteitsopwekking zijn er momenteel geen concrete projecten voor CCS bekend. Daarnaast is de evaluatie van kosteneffectiviteit voor CCS bij elektriciteitsproductie niet haalbaar binnen de huidige opzet van de zeefstudie, omdat het hiervoor noodzakelijk is de elektriciteitsmarkt te modelleren.
- In de staalsector heeft Tata Steel gekozen voor staalproductie met waterstof, waarbij in de overgang extra aardgas gebruikt wordt. De emissies van dit aardgas kunnen

⁵ Alternatieven aan de gebruikskant van het product vallen buiten de scope van deze studie.

gemitigeerd worden met CCS. Dit laten we buiten bereik van de zeef, omdat het gaat om een zeer gedetailleerde analyse die maar voor één bedrijf toepasbaar is.

- CCS bij afvalverbranding is momenteel een goede stap om emissies te reduceren. AVI's kunnen dus buiten de zeef blijven. Het voorkomen van verbranding van afval is nog beter dan CCS op AVI's, maar dit valt onder het afval- en grondstoffenbeleid, wat buiten de scope van de zeef valt.

Deze lijst met uitgesloten sectoren wordt jaarlijks opnieuw geëvalueerd in samenspraak met EZK. Als in een van deze sectoren toch initiatieven ontstaan om CCS te ontwikkelen kan de betreffende sector in een volgende zeefstudie alsnog worden meegenomen.

2.2.4 Bepaling van lijst van productieprocessen met grootschalige CO₂-uitstoot

Voor de sectoren die niet zijn afgevalen, worden per subsector de processen bepaald die in aanmerking zouden komen voor CCS. Deze processen worden toegepast binnen de bedrijven in de subsector en zijn groot genoeg voor de toepassing van CCS.

De omschrijving in Bijlage A2 van de vorige zeefstudie (Royal Haskoning DHV, 2022) vormt het startpunt voor de lijst van processen per deelsector. Deze lijst wordt aangevuld aan de hand van de MIDDEN-rapporten van PBL (PBL & TNO, 2021), overige openbare sector-rapporten en de eigen kennis van de consultant ('expert judgement').

De resulterende lijst met processen van alle deelsectoren wordt ontdaan van dubbelingen, zodat ieder proces niet meer dan één keer op de lijst voor komt. Deze gefilterde lijst met processen is het uitgangspunt voor de rest van de zeefstudie.

2.3 Stap 1: Bepaling longlist van alternatieven per proces

2.3.1 Inleiding

In deze stap beschrijven we de methode om een longlist van alternatieve technieken te bepalen. We bepalen alleen voor de relevante productieprocessen uit Stap 0 een longlist van alternatieve technieken. Daarbij worden nog geen opties geselecteerd of afgekeurd.

We stellen eerst een lijst op met algemene verduurzamingsrichtingen, zoals 'biomassa', 'elektrificatie' of 'recycling'. Vervolgens maken we die algemene richtingen specifiek voor de processen uit Stap 0. Dat geldt ook voor de toe te passen variant van CCS. Tenslotte bepalen we welke combinaties van technieken logisch en nuttig zijn om mee te nemen.

2.3.2 Bepaling van lijst met algemene verduurzamingsrichtingen

De lijst met algemene verduurzamingsrichtingen die is opgenomen in de meest recente zeefstudie (Royal Haskoning DHV, 2022) is het uitgangspunt voor de lijst in de nieuwe zeefmethodiek. Deze lijst wordt bij iedere iteratie van de zeefstudie door de consultant gecheckt op compleetheid en aangevuld waar nodig.

2.3.3 Bepaling van lijst met processpecifieke verduurzamingsopties

In deze stap van de methode wordt een lijst met specifieke verduurzamingsopties vastgesteld per proces.

Per proces wordt de toegepaste CCS-categorie als volgt gekozen:

- Verbrandingsemissies: post-combustion CO₂-afvang bij bestaande installatie, gasvormig transport (variant 5A).

- Procesemissies (< 98% CO₂): pre-combustion CO₂-afvang bij bestaande installatie, gasvormig transport (variant 7A).
- Procesemissies (> = 98% CO₂): volledige CO₂-opslag bij bestaande installatie, gasvormig transport (variant 2A).

De algemene verduurzamingsrichtingen worden specifiek gemaakt voor iedere sector door de volgende bronnen te raadplegen:

- MIDDEN-rapporten van TNO en PBL;
- actuele berichtgeving over de verduurzaming van een vergelijkbare installatie;
- roadmaps voor verduurzaming, bijvoorbeeld van nationale of Europese brancheverenigingen of relevante bedrijven in de sector;
- overige wetenschappelijke en technische literatuur uit openbare bronnen;
- eigen kennis van de consultant.

Het uitgangspunt hierbij zijn de MIDDEN-rapporten. De overige bronnen worden enkel geraadpleegd indien de informatie ontbreekt in de MIDDEN-rapporten of onvolledig dan wel niet bruikbaar is.

Er kunnen per proces meerdere technieken relevant zijn die onder dezelfde algemene verduurzamingsrichting vallen, bijvoorbeeld meerdere procesinnovaties of verschillende manieren om biomassa toe te passen. Alle relevante opties worden in deze stap meegenomen, later kunnen sommige opties afvallen of eventueel gecombineerd worden. Andersom kan het ook voorkomen dat een bepaalde algemene verduurzamingsrichting niet toepasbaar is voor een proces. In dat geval wordt die algemene verduurzamingsrichting vanzelfsprekend niet meegenomen voor dat proces.

2.3.4 Bepaling van relevante combinaties van technieken

In deze stap bepalen we hoe relevante combinaties van technieken gevormd kunnen worden. Het is niet uitvoerbaar om alle mogelijke combinaties door te rekenen, dus moeten we komen tot een inperking van de mogelijkheden, die de balans bewaart tussen relevantie voor uitstootbeperking en uitvoerbaarheid.

Een zinvolle combinatie van twee of meerdere technieken moet aan de volgende voorwaarden voldoen:

- het is technisch mogelijk om de technieken samen toe te passen in één proces;
- de combinatie resulteert in een lager energiegebruik, minder emissies of lagere kosten dan de technieken afzonderlijk.

Om praktisch invulling te geven aan deze criteria, terwijl we het aantal varianten hanteerbaar houden, bekijken we enkel de combinatie van een techniek die alle energie van het proces kan leveren met energiebesparing en/of procesinnovatie en/of een warmtepomp.

We evalueren de combinaties op hoofdlijnen op basis van beschikbare literatuur over de inpassing in het proces, maar zonder daar zelf verder onderzoek naar te doen. De details van de procesoptimalisatie verschillen per geval en dienen door de bedrijven zelf verder ter hand te worden genomen, dit valt buiten de invloedssfeer van EZK.

2.4 Stap 2: Bepaling shortlist van alternatieve technieken

2.4.1 Inleiding

Om de uitvoerbaarheid van de zeefmethodiek te garanderen en te voorkomen dat technieken die in feite geen reëel alternatief vormen voor bedrijven toch door de zeef kunnen komen, kiezen we ervoor om via een voorselectie de lijst van alternatieve technieken in te korten tot een shortlist. De methode voor deze voorselectie komt neer op het identificeren van criteria waar de technieken aan moeten voldoen om op de shortlist terecht te komen. Hieronder wordt beschreven hoe we tot deze criteria komen.

In het algemeen zijn we terughoudend om in de voorselectie te veel of te strenge criteria toe te passen. Dit zou immers het risico met zich meebrengen om potentieel kosteneffectieve technieken a priori uit te sluiten om redenen die mogelijk niet zwaarwegend genoeg zijn. Aan de andere kant dient een alternatieve techniek, als deze kosteneffectief blijkt te zijn, wel concreet toepasbaar te zijn voor bedrijven, en bijvoorbeeld geen onaantoonbare risico's met zich mee te brengen. Dit element nemen we mee in het opstellen van de criteria.

2.4.2 Bepaling generieke criteria voor voorselectie

In deze stap bepalen we criteria die gehanteerd kunnen worden om een techniek al vóór de berekening van de kosteneffectiviteit af te wijzen.

We kiezen er bewust voor om de lijst met criteria voor voorselectie beperkt te houden. Dit resulteert erin dat de kosteneffectiviteit berekend moet worden voor een groter aantal technieken. Niet alle mogelijke knelpunten zijn namelijk fundamenteel onoplosbaar, een groot aantal zal ook juist goed oplosbaar zijn met gericht beleid. Een bijzonder goede kosteneffectiviteit kan dan een extra impuls geven om eventuele knelpunten op te lossen met beleid. Dit inzicht gaat verloren als de techniek al vroegtijdig wordt afgewezen.

Verder is de (verwachte) kosteneffectiviteit expliciet geen criterium voor voorselectie, omdat deze later in detail wordt berekend. Zo voorkomen we dat kosteneffectieve technieken vroegtijdig terzijde worden gelegd omdat er op basis van incomplete of achterhaalde informatie een foutieve inschatting wordt gemaakt. Daarnaast ontstaat er zo inzicht in hoe groot het gat qua kosteneffectiviteit is en hoe dat verloopt over de tijd. Dat is op zich geen onderdeel van de zeef, maar levert wel waardevolle informatie op voor vervolgonderzoek buiten de zeef om.

We hanteren daarom enkel de volgende voorselectiecriteria voor een techniek of combinatie van technieken:

- Moet in een emissiereductie resulteren van tenminste 80% van de emissiereductie van CCS.
- Is binnen zes jaar technisch gereed om geïmplementeerd te worden op industriële schaal. Zes jaar is de maximale realisatietermijn voor CCS-projecten die SDE-subsidie krijgen. Concreet hanteren we de volgende criteria en aannames:
 - De techniek is minimaal op TRL-niveau 7 en er is een werkende demonstratie-fabriek.
 - We nemen aan dat de implementatie van een techniek die marktrijp is niet langer duurt dan zes jaar.
 - We erkennen dat de benodigde infrastructuur mogelijk niet altijd binnen zes jaar te realiseren is, maar kiezen ervoor om daar nu nog niet op te selecteren. In Hoofdstuk 4 zal dit aspect worden meegenomen.



2.5 Conclusies: de trechter

In dit eerste deel van onze methode hebben we ons gericht op het opstellen van een lijst met alternatieve verduurzamingstechnieken (de 'trechter'), die vervolgens geëvalueerd moeten worden op kosteneffectiviteit door de zeef. Hoe we dat doen beschrijven we in het volgende hoofdstuk.

Om tot een methode voor het opstellen van deze lijst te komen zijn we begonnen bij het identificeren van industriële processen waar CCS potentieel een rol speelt. We hebben uitgelegd dat een procesbenadering meer inzicht biedt in de verduurzamingsmogelijkheden van een sector dan een techniekbenadering en dat de kans daardoor groter is dat er daadwerkelijk kosteneffectieve alternatieven gevonden worden. Vervolgens hebben we een methode beschreven om voor de processen waar CCS daadwerkelijk relevant is een lijst met mogelijke alternatieve technieken, of combinaties van technieken, op te stellen. Tot slot hebben we criteria voorgesteld om deze lijst in te korten tot een shortlist, om de zeef uitvoerbaar te houden en te voorkomen dat technieken die door de zeef komen geen reëel alternatief vormen voor bedrijven.



3 De zeef: filteren op kosteneffectiviteit

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de uitwerking van de zeef in enge zin: het bepalen van de kosteneffectiviteit per alternatieve techniek. Onze definitie van kosteneffectiviteit is hetzelfde als de definitie van de subsidie-intensiteit in €/ton CO₂ in de SDE++⁶.

3.2 Algemene aanpak

3.2.1 De SDE++-methodiek

We volgen de berekeningsmethodiek van de SDE++. De SDE++ is een exploitatiesubsidie, waarbij de meerkosten van een duurzaam alternatief ten opzichte van het gangbare (fossiele) alternatief vergoed worden. Voor de bepaling van deze meerkosten wordt een business case opgesteld met vaste parameters. Projecten concurreren met elkaar om subsidie, waarbij de projecten op volgorde van binnenkomst en vervolgens op laagste subsidie-intensiteit gehonoreerd worden totdat het budget op is. De subsidie-intensiteit is het verstrekte subsidiebedrag gedeeld door de effectief bereikte equivalente CO₂-reductie en wordt uitgedrukt in €/ton CO₂-eq. Het subsidiebedrag wordt bepaald door de kostprijs van het geleverde product ('basisbedrag') te verminderen met de marktwaarde van het geleverde product ('langetermijnprijs').

3.2.2 Bepaling subsidie-intensiteit op basis van Onrendabele Top-model (OT-model)

Het Onrendabele Top-model (OT-model) van PBL is een openbaar beschikbaar financieel model dat de subsidiebehoefte berekent voor alle technieken in de SDE++. De berekeningen in onze zeefmethodiek maken zo veel mogelijk gebruik van bestaande SDE-categorieën en informatie uit de SDE-adviezen van PBL. De ontbrekende data worden zo veel mogelijk ingevoerd op basis van openbare literatuur, met de MIDDEN-database als eerst te raadplegen bron.

Voor ieder proces wordt per alternatief een rekenblad gemaakt. De benodigde parameters worden op de volgende manier ingevuld:

- **Correctiebedrag methode-ID** bepaalt de berekeningsmethode voor de langetermijnprijs. Deze methode-ID wordt bepaald op basis van het product dat de installatie levert (elektriciteit, warmte, CCS) en in samenhang met de uitgangspunten zoals gegeven in het meest recente eindadvies basisbedragen SDE++ van PBL.

⁶ In dit hoofdstuk worden de termen kosteneffectiviteit en subsidie-intensiteit door elkaar gebruikt. Het gaat hier om exact dezelfde grootheid (het subsidiebedrag gedeeld door de effectief bereikte equivalente CO₂-reductie, in € per ton CO₂-eq.). Als er meer subsidie nodig is per ton CO₂-eq.-reductie, neemt de subsidie-intensiteit toe en de kosteneffectiviteit af.



- **Inputvermogen** beschrijft de hoeveelheid energie die wordt toegevoerd naar de installatie, bijvoorbeeld in de vorm van elektriciteit of gas. Dit vermogen wordt bepaald door het outputvermogen te delen door het rendement.
- **Outputvermogen of opbrengst** beschrijft de nuttig geleverde energie of product door de installatie. Per proces wordt een relevante referentiegrrootte voor de installatie gekozen.
- **Vollasturen** beschrijft de belastingsgraad van de installatie. Het uitgangspunt is 8.000 vollasturen per jaar. In de onzekerheidsanalyse (zie Paragraaf 3.3) wordt onderzocht welk effect een afwijkend aantal vollasturen heeft.
- **Rendement of specifiek verbruik** beschrijft de verhouding tussen toegevoerde energie en nuttig gebruikte energie of het specifieke energieverbruik per eenheid van product. Het rendement per proces wordt vastgesteld op basis van openbare literatuur, met de MIDDEN-database als eerst te raadplegen bron.
- **Investeringskosten** omvatten de eenmalige kosten voor aanschaf van de installatie. Overeenkomstig de afbakening in bestaande SDE-categorieën omvatten de kosten-schattingen ook installatiekosten en inpassingkosten. Indien beschikbaar worden de investeringskosten uit bestaande SDE-adviezen gebruikt, anders worden deze bepaald op basis van openbare bronnen. Een marktconsultatie is uitdrukkelijk geen onderdeel van het onderzoek.
- **Vaste O&M-kosten** omvat de vaste jaarlijkse kosten voor onderhoud en operatie van de installatie. Deze kosten worden vaak uitgedrukt in euro's per jaar per eenheid vermogen (bijvoorbeeld €/kW/j). De vaste O&M omvat in elk geval de volgende posten:
 - **Operationele en onderhoudskosten** omvatten de kosten voor personeel, administratie en overhead, verzekeringen, onderhoud, lokale belastingen en alle overige vaste kosten voor zover niet in een andere post apart ondergebracht. Deze kosten zijn afhankelijk van het type installatie en de installatiegrootte en zijn lastig nauwkeurig te specificeren zonder gedetailleerde informatie over de installatie. Daarom worden deze kosten meestal afgeschat op een percentage van de investeringskosten, vaak tussen de 2 en 4%. We kiezen voor alle installaties een waarde van 3% van de investeringskosten. Indien het een bestaande SDE-categorie betreft, wordt de specifieke waarde van die categorie gebruikt.
 - **Netwerkkosten en vaste kosten elektriciteitsaansluiting** - De vaste kosten voor het gebruik van het elektriciteitsnet worden vastgelegd in de tariefbesluiten van de netbeheerders. PBL rekent met hogere kosten voor toekomstige jaren omdat verwacht wordt dat netbeheerders de tarieven zullen verhogen. De netwerkkosten worden overgenomen uit het advies basisbedragen, zodat er rekening wordt gehouden met deze verhoging. Voor het gebruik van aardgas en waterstof worden de netwerkkosten verwaarloosd omdat dit maar een zeer gering aandeel van de kosten betreft.
- **Variabele O&M-kosten** omvat de variabele kosten voor onderhoud en operatie van de installatie. Deze kosten worden vaak uitgedrukt in euro's per eenheid energie of geleverd product (bijvoorbeeld €/MWh). De variabele O&M-kosten omvatten in elk geval de volgende posten:
 - **Marktprijs elektriciteit/gas/biomassa** - De langetermijnprijzen worden gebruikt zoals ze in het OT-model zitten.
 - **Marktprijs waterstof** - Het uitgangspunt is waterstof geproduceerd in Nederland, dus geen import. Voor de kosten voor waterstof wordt het laagste basisbedrag van de SDE-categorieën voor de productie van groene waterstof genomen. Voor alternatieven wordt geen gebruik gemaakt van blauwe waterstof, omdat daar alsnog evenveel CCS voor nodig is, zo niet meer.

- **Belastingen elektriciteit/gas** - Het uitgangspunt is de vierde schijf EB en ODE, vanwege de omvang van bedrijven met een uitstoot van > 100 kton CO₂/j⁷. Vrijstellingen worden meegenomen, voor zover afschaffing niet gepland is⁸. Op waterstof en biomassa worden momenteel geen belastingen geheven. De tarieven voor de vierde schijf zitten nog niet in het OT-model, maar zullen met PBL worden afgestemd.
- **ETS-voordeel of CO₂-heffing** - Een reductie in CO₂-emissies zorgt er ook voor dat er minder CO₂-rechten hoeven te worden afgedragen. Dit voordeel wordt verrekend tegen de lange termijn ETS-prijs, zoals gangbaar is in de SDE-methodologie. Een eventuele korting op de gratis ETS-rechten vanuit de vrije allocatie wordt buiten beschouwing te laten.
- **Emissiefactor** beschrijft de extra emissies per hoeveelheid energieverbruik. De uitgangspunten van de SDE++ worden gevolgd, zoals beschreven in het meest recente eindadvies basisbedragen. Voor additioneel baseload elektriciteitsgebruik wordt gerekend met de gemiddelde *marginale* emissiefactor over de looptijd, zoals door PBL berekend voor de KEV en gepubliceerd in het eindadvies basisbedragen. Deze aanpak wordt nu ook gebruikt om de emissiefactor van elektriciteit te bepalen, bijvoorbeeld voor het elektriciteitsgebruik van de hybride glasoven.
- **Termijnen** voor de economische levensduur, de lening, de afschrijvingstermijn en de beleidsperiode worden vastgesteld op vijftien jaar, tenzij een bestaande categorie afwijkende termijnen heeft.
- **Restwaarde** - Aangezien de technische levensduur gelijk wordt genomen aan de subsidieperiode, is er geen restwaarde aan het eind van de levensduur. De schrootwaarde van de installatie wordt aangenomen voldoende te zijn om de ontmantelingskosten te dekken.
- **Financieringskosten** beschrijven de kosten voor kapitaal. De SDE++ rekent hiervoor met een WACC⁹, waarbij het aandeel eigen/vreemd vermogen en de kosten voor eigen/vreemd vermogen verschillen per sector. De voorgeschreven waarden van de bestaande SDE-categorie worden gevolgd als deze goed aansluiten bij het beschreven proces, anders wordt de WACC van de categorie ‘Overige CO₂-reducerende opties’ genomen.

3.3 Bepaling onzekerheid in de subsidie-intensiteit

3.3.1 Inleiding

Er is sprake van intrinsieke onzekerheid in de kosten van de alternatieven omdat nog niet zeker is hoe de kosten van de techniek zelf zich zullen ontwikkelen (endogene onzekerheid) en hoe de markt zich zal ontwikkelen (exogene onzekerheid). We nemen enkele belangrijke onzekerheden mee en brengen zo de mogelijke spreiding van de subsidie-intensiteit in beeld. Een grote onzekerheid in de kosten van een alternatief kan aanleiding geven om subsidie voor CCS (nog) niet uit te sluiten voor een bepaald proces.

⁷ De vierde schijf gas begint vanaf een aardgasverbruik van 10 miljoen m³/j. Met een stookwaarde van 31,65 MJ/m³ en een emissiefactor van 56,6 kg CO₂/GJ kan worden bepaald dat alle bedrijven met een CO₂-emissie uit aardgas van meer dan 18 kton/j in de vierde schijf vallen.

⁸ De vrijstellingen voor mineralogische en metallurgische processen en de inputvrijstelling voor wkk worden per 1 januari 2025 afgeschaft (VVD et al., 2021).

⁹ Weighted Average Cost of Capital.

3.3.2 Methode voor bepaling onzekerheidsmarges in kosten

De onzekerheid in de subsidie-intensiteit wordt bepaald aan de hand van drie scenario's: Laag, Midden en Hoog.

In de vorige zeefstudie (Royal Haskoning DHV, 2022) werd een lage elektriciteitsprijs gekoppeld aan een hoge gas- en CO₂-prijs en vice versa. Dit levert de maximale spreiding op in uitkomsten, maar schetst geen realistisch beeld. Het komend decennium zal de prijs van elektriciteit naar verwachting het grootste gedeelte van het jaar nog bepaald worden door gascentrales. De elektriciteitsprijs zal dus gekoppeld blijven aan de kosten van gas en CO₂. Een lage gas- en CO₂-prijs levert dus ook een lage elektriciteitsprijs op.

In deze methode kiezen we er voor om in het 'Laag' de subsidie-intensiteit zo gunstig mogelijk in te schatten voor alle technieken inclusief CCS, terwijl we die in het 'Hoog'-scenario zo ongunstig mogelijk inschatten.

Ten opzichte van de vorige zeefstudie zijn de volgende parameters nieuw:

- De variatie in biomassaprijs is nieuw en is essentieel om ook de kostenspreiding voor alternatieven met biomassa goed te modelleren.
- De emissiefactor van elektriciteit is nieuw en heeft een grote invloed op de subsidie-intensiteit van alternatieven met elektrificatie.

Samenvattend zien de onzekerheidsscenario's die we hanteren er als volgt uit:

Tabel 2 - Samenvatting parameters onzekerheidsscenario's

Categorie	Parameter	Laag	Midden	Hoog
Endogeen	Investeringskosten	TRL < 8: -35% TRL 8: -22% TRL 9: -15%	Nominale waarde	TRL < 8: +65% TRL 8: +35% TRL 9: +20%
	Vollasturen	8.760 u/j	8.000 u/j	6.200 u/j
Exogeen	Gasprijs	Volgens onderwaarde bandbreedte 2030 in KEV	Nominale waarde	Volgens bovenwaarde bandbreedte 2030 in KEV
	Elektriciteitsprijs			
	Biomassaprijs			
	CO ₂ -prijs			
	Emissiefactor elektriciteit			
	WACC	-25%		Nominale waarde

In de volgende paragrafen lichten we verder toe hoe deze parameters tot stand zijn gekomen.

3.3.3 Bepalen endogene onzekerheid in kosten

De endogene onzekerheid beschrijft de onzekerheid in de kosten van het project zelf. De voornaamste factoren hierin zijn de onzekerheden in de investeringskosten en de vollasturen.

Investeringskosten

De onzekerheid in de investeringskosten is afhankelijk van de volwassenheid van de techniek: hoe volwassener de techniek, hoe nauwkeuriger de investeringskosten ingeschat kunnen worden. Het Technology Readiness Level (TRL) is een manier om deze volwassen-

heid in te schalen (EU, s.d.). De mate van onzekerheid in de kostenschatting wordt ook bepaald door de mate waarin het ontwerp al vast ligt: gaat het om een eerste inschatting of is de installatie al tot het laatste detail uitgewerkt? De Association for the Advancement of Cost Engineering (AACE) onderscheidt vijf klassen van kosteninschattingen (AACE International, 2020). In Tabel 3 staan deze niveaus weergegeven en gelinkt aan de TRL-niveaus.

De koppeling tussen de AACE-classes en het TRL-niveau is gebeurd op basis van literatuur en expert judgment.

Tabel 3 - Nauwkeurigheid van kostenschattingen en relatie met TRL-niveau

AACE Cost Estimate Class	Design stage	Van toepassing op TRL niveau	Onzekerheid onder	Onzekerheid boven	Gekozen onzekerheid
5	Concept screening	< 8	-20 tot -50%	+30 tot +100%	-35 en +65%
4	Concept study	8	-15 tot -30%	+20 tot +50%	-22 en +35%
3	Feasibility	9	-10 tot -20%	+10 tot +30%	-15 en +20%
2	Basic design	N.v.t.	-5 tot -15%	+5 tot +20%	-10 en +12%
1	Detailed design	N.v.t.	-3 tot -10%	+3 tot +15%	-6 en +9%

Concreet nemen we de volgende onzekerheden mee voor de investeringskosten:

Tabel 4 - Onzekerheidsscenario's voor investeringskosten per TRL-niveau

Laag	Midden	Hoog
TRL < 8: -35%	0%	TRL < 8: +65%
TRL 8: -22%		TRL 8: +35%
TRL 9: -15%		TRL 9: +20%

Alle technieken die in de SDE++ zijn opgenomen worden beschouwd als TRL9, voor de overige technieken volgt het TRL-niveau uit de literatuur. Voor geen enkel TRL-niveau kan een klasse 1 of 2 kostenschatting worden gemaakt op basis van literatuur, omdat er voor een dergelijke nauwkeurige schatting altijd installatie specifieke gegevens nodig zijn.

Vollasturen

De daadwerkelijke historische bezettingsgraad ligt gemiddeld zo rond de 85%, wat overeenkomt met 7.500 uur per jaar (CE Delft, 2021). De SDE gaat echter uit van 8.000 vollasturen per jaar voor grootschalige industriële installaties. Om aansluiting te behouden met de SDE++, kiezen we voor 8.000 vollasturen per jaar in het 'midden'scenario.

De laagste kosten komen voort uit de hoogste bedrijfstijd. Het 'laag'scenario kent een optimistisch aantal vollasturen van 8.760 per jaar (100% vollast). Het 'hoog'scenario gaat uit van 6.200 vollasturen per jaar (70% vollast). Dit komt overeen met een afwijking van +/- 15 procentpunt rond het geobserveerde langjarig gemiddelde van zo'n 85%. Een lager aantal vollasturen resulteert in een grotere spreiding, maar is niet realistisch voor de zeer energie-intensieve industrie waar CCS wordt ingezet.

Tabel 5 - Onzekerheid in vollasturen

Laag	Midden	Hoog
8.760 (100%)	8.000 (91%)	6.200 (70%)

3.3.4 Bepalen exogene onzekerheid in kosten

Prijzen energie en CO₂, emissiefactor elektriciteit

Er zit altijd een onzekerheid in marktprijzen, het is echter lastig om objectief in te schatten hoe groot deze fluctuatie is zonder een gedegen analyse te doen. Een dergelijke analyse valt buiten de scope van de zeef, daarom worden de bandbreedtes in de raming van de KEV aangenomen als maatstaf voor de onzekerheid in prijzen.

Voor de emissiefactor van elektriciteit wordt een soortgelijke aanpak gevolgd. De emissiefactor van elektriciteit heeft geen invloed op de kosten, maar wel op de subsidie-intensiteit van technieken die elektriciteit gebruiken. Een hogere emissiefactor resulteert in een lagere netto emissiereductie en dus een hogere subsidie-intensiteit en vice versa. Het 'Laag'-scenario hanteert dus een lagere waarde voor de emissiefactor en het 'Hoog'-scenario een hogere waarde.

In Tabel 6 staat aangegeven welke getallen exact gebruikt worden.

Tabel 6 - Bron voor exogene onzekerheid prijzen energie, CO₂ en emissiefactor elektriciteit

Parameter	Bron
Gasprijs	KEV: Bandbreedte raming gasprijs voor 2030
Elektriciteitsprijs	KEV: Bandbreedte raming elektriciteitsprijs voor 2030
Biomassaprijs	KEV: Bandbreedte raming kolenprijs voor 2030 ¹⁰
CO ₂ -prijs	KEV: Bandbreedte raming CO ₂ -prijs voor 2030
Emissiefactor elektriciteit	KEV: Bandbreedte raming restemissies elektriciteitssector voor 2030

WACC

De WACC beschrijft de financieringslasten van een project. De SDE++ schrijft voor verschillende categorieën een WACC voor, maar alsnog zal er op projectbasis spreiding zitten in de financieringskosten. Deze spreiding wordt meegenomen als een variatie van - 25% op de reële WACC. In verband met staatssteunkaders is het niet mogelijk om een hogere WACC mee te nemen, daarom modelleren we alleen de invloed van een lagere WACC. De spreiding wordt gemodelleerd door de rente op zowel het eigen als het vreemd vermogen modelmatig te verhogen, terwijl de verhouding tussen eigen en vreemd vermogen constant blijft.

Er is geen objectieve basis voor de spreiding van de WACC, maar de spreiding van 25% is als volgt aannemelijk te maken. De WACC voor een project met een gemiddeld risico (bijvoorbeeld de e-boiler) bedraagt in het Eindadvies basisbedragen 2022 2,8%. De WACC voor een project met hoog risico bedraagt 4,2%, dus 1,4 procentpunt hoger. We nemen aan dat de

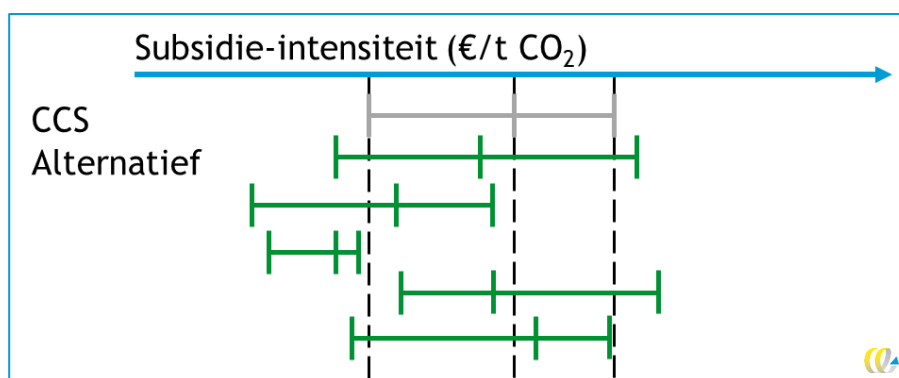
¹⁰ De prijs voor biomassa is niet opgenomen in de KEV. Biomassa wordt echter op grote schaal toegepast als alternatief voor kolen bij elektriciteitsopwekking. De prijzen voor biomassa stijgen daarom mee met de prijzen voor kolen en in mindere mate gas.

mogelijke spreiding in WACC ten hoogste de helft van dit verschil beslaat, dus 0,7 procentpunt op een gemiddelde WACC van 2,8%. Dit geeft de spreiding van 25%.

3.4 Beoordeling kosteneffectiviteit

In deze stap wordt uiteindelijk bepaald of een alternatief een betere kosteneffectiviteit heeft dan CCS. Er zijn echter meerdere manieren waarop de kosteneffectiviteit (c.q. subsidie-intensiteit) van CCS kan overlappen met die van de alternatieven als de onzekerheidsbandbreedte ook in beschouwing wordt genomen. Dit is geïllustreerd in Figuur 2.

Figuur 2 - Verschillende manieren van overlap tussen de kosten van CCS en alternatieven



We kiezen ervoor om voor de uitkomst van de zeef alleen te kijken naar de gemiddelde kosteneffectiviteit (het middenscenario), dus zonder de onzekerheidsbandbreedte. Dit sluit het best aan bij de huidige uitgangspunten van de SDE. Het uitgangspunt voor het bepalen van de basisbedragen in de SDE is namelijk dat de meerderheid van de projecten rendabel moet zijn bij het gegeven basisbedrag. De gemiddelde subsidie-intensiteit is dus leidend¹¹.

De onzekerheidsbandbreedte wordt dus niet gebruikt bij de evaluatie van de kosteneffectiviteit, maar kan wel een rol spelen in de beslissing om daadwerkelijk niet langer subsidie te verstrekken voor een bepaalde CCS-categorie. Hier komen we op terug in Hoofdstuk 4. Daarnaast kunnen er op basis van de gevonden onzekerheden suggesties worden gedaan om bepaalde alternatieven door te laten rekenen door PBL, zodat nauwkeuriger bepaald kan worden of een techniek daadwerkelijk een alternatief kan (gaan) vormen. Deze aanpak is analoog aan hoe dit bijvoorbeeld voor groene waterstof is gedaan.

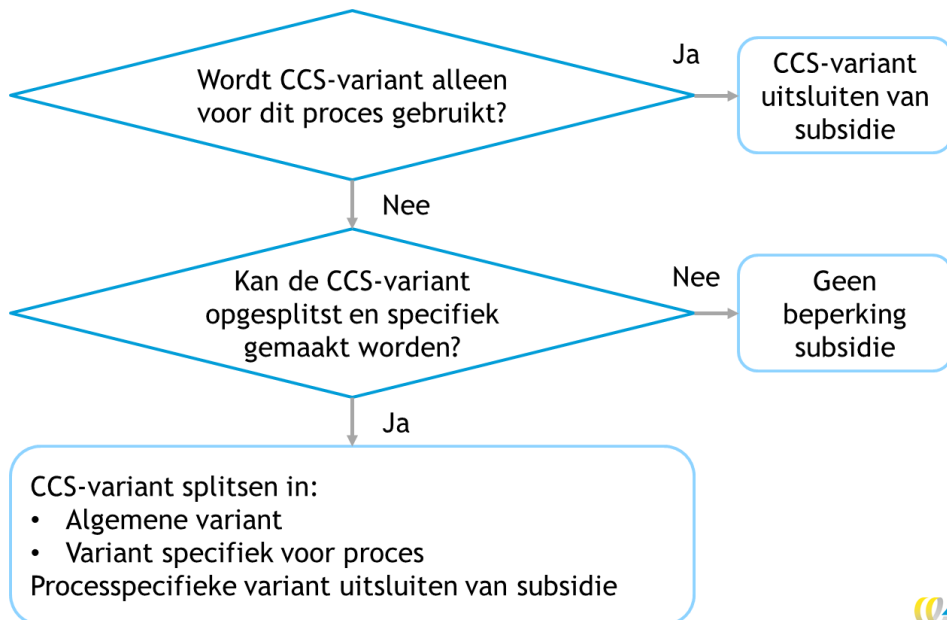
3.5 Vertaling proces naar SDE-categorie

Uit de vorige stap kan volgen dat er kosteneffectieve alternatieven zijn voor één of meerdere processen. De zeef moet echter uitspraken doen over welke SDE-categorieën er wel en niet opengesteld moeten worden. Het is dus nodig de processen te vertalen naar

¹¹ Om precies te zijn de mediaan van de subsidie-intensiteit, omdat gekeken wordt naar het bedrag waarbij de meerderheid van de projecten rendabel is. Kern is echter dat er nu niet gekeken wordt naar de onzekerheidsbandbreedte. Daarom hanteren wij het middenscenario met de nominale waarden van de parameters, en duiden dit ook aan als de gemiddelde subsidie-intensiteit.

SDE-categorieën. In Figuur 3 is de werkwijze daarvoor weergegeven, die onder de figuur verder wordt toegelicht.

Figuur 3 - Aanpak vertaling proces naar SDE-categorie



Allereerst wordt beschouwd of de CCS-variant enkel gebruikt wordt voor het proces waarvoor er een kosteneffectief alternatief is. In dat geval is het mogelijk om de SDE niet open te stellen voor die specifieke CCS-variant. Als er meerdere processen zijn die gebruik maken van dezelfde CCS-variant, dan is het wellicht mogelijk om de variant op te splitsen en nauwer af te kaderen. Als voorbeeld zou een algemene variant gesplitst kunnen worden in een variant 'CO₂-afvang en opslag voor de productie van [...]' en 'CO₂-afvang en opslag anders dan voor de productie van [...]', waarbij het proces met een kosteneffectief alternatief tussen haakjes staat. Is een dergelijke opsplitsing niet mogelijk, dan wordt de betreffende SDE-categorie voor dat jaar zonder beperkingen opengesteld.

3.6 Uitsluiten SDE-categorie

De beslissing om bepaalde SDE-categorieën niet open te stellen is uiteindelijk aan EZK en de wetgever. Het zeefonderzoek doet enkel uitspraken over de kosteneffectiviteit, eventuele belemmeringen die zich voordoen bij het alternatief en op welke manier CCS voor het desbetreffende proces kan worden uitgesloten van SDE-subsidie, bijvoorbeeld door te adviseren om een bepaalde categorie uit te sluiten of op te splitsen. EZK kan bij haar uiteindelijke beslissing echter ook de onzekerheid in de kosteneffectiviteit en eventuele overige factoren een rol laten spelen. Hier wordt in het volgende hoofdstuk nader op ingegaan.

3.7 Conclusies: de zeef

In dit hoofdstuk is de zeef zelf behandeld: de evaluatie van CCS en eventuele alternatieven op basis van kosteneffectiviteit. We hebben uitgelegd dat we bij de bepaling van kosten-

effectiviteit (of subsidie-intensiteit) nauw aansluiten bij het OT-model en de informatie uit de bestaande SDE-adviezen van PBL. Indien nodig kijken we naar openbare literatuur, bij voorkeur de MIDDEN-database.

Vervolgens hebben we de onzekerheid in de bepaling van de subsidie-intensiteit geanalyseerd. We hebben daarvoor drie scenario's opgesteld (Laag, Midden, Hoog) waarin we de relevante parameters invullen op basis van literatuur. We nemen hierbij zowel de endogene als de exogene onzekerheid in de kosten mee.

De uitkomst van de zeef wordt voor een deel bepaald door hoe er met de onzekerheid in de kosteneffectiviteit wordt omgegaan. We sluiten in onze methode aan bij de bestaande praktijk, waarin de gemiddelde kosteneffectiviteit (het middenscenario) bepalend is en de onzekerheidsmarge niet wordt meegenomen. Wel kan de onzekerheid in kosten(effectiviteit) als zodanig een rol spelen in de beslissing om een SDE-categorie uit te sluiten van subsidie, daar gaan we in het volgende hoofdstuk nader op in.

Tot slot hebben we uitgelegd hoe we onze procesbenadering vertalen naar de SDE-categorieën (technieken) die aansluiten bij de huidige opzet van de SDE.

4 Inbedding van de zeef in breder beleid

4.1 Inleiding

De zeef zoals hierboven beschreven beoordeelt CCS en alternatieve technologieën voor industriële processen alleen op kosteneffectiviteit. Het is echter goed denkbaar dat het voor EZK wenselijk is om het uiteindelijke oordeel over het uitsluiten van een CCS-categorie voor subsidie ook af te laten hangen van andere (beleids)overwegingen. In het vorige hoofdstuk is al ingegaan op de onzekerheidsbandbreedte in de kosten. Wanneer een alternatief dat gemiddeld kosteneffectiever is dan CCS een zeer grote onzekerheid in de kosten heeft, zou dat een extra risico betekenen ten opzichte van het gebruik van CCS. Ook andere aspecten zouden een rol kunnen spelen in de uiteindelijke afweging, zoals de beschikbaarheid van grondstoffen, milieueffecten, of effecten op het elektriciteits- en energiesysteem. Ter inspiratie voor de beleidsoverweging wordt in dit hoofdstuk een systematische werkwijze voorgesteld om dergelijke aspecten mee te nemen in de beoordeling.

Hiertoe kijken we eerst kort naar de beleidscontext. Hoewel er geen verplichting bestaat voor de industrie om duurzame technologieën te gaan gebruiken, is het voor het bereiken van klimaatneutraliteit nodig om fossiele processen, en dus ook CCS voor emissies uit fossiele processen, uiteindelijk zoveel mogelijk uit te faseren. Vervolgens stellen we een methode voor om te bepalen welke alternatieven nader bekeken zouden moeten worden, ook als ze nog niet kosteneffectiever zijn dan CCS. Daarna presenteren we de verschillende aspecten waarop CCS en de alternatieven in een nadere analyse zouden kunnen worden beoordeeld. In hoeverre deze aspecten een rol spelen in het uiteindelijke besluit om subsidie toe te staan is geheel aan EZK om te bepalen. Tot slot kijken we kort naar hoe informatie uit de zeef nuttige input kan vormen voor het innovatiebeleid.

4.2 Beleidscontext

Via de Europese Klimaatwet (EU, 2021) heeft de EU zich gebonden aan klimaatdoelstellingen voor 2030 (55% emissiereductie ten opzichte van 1990) en 2050 (klimaatneutraliteit). Hoewel niet is vastgelegd dat in 2050 klimaatneutraliteit op sectorniveau moet gelden, zal elke sector hier wel naar moeten streven om deze doelstelling op EU-niveau te kunnen realiseren. Klimaatneutraliteit is hier gedefinieerd als de balans tussen (antropogene) emissies van broeikasgassen en de verwijdering van broeikasgassen uit de atmosfeer door middel van *sinks* ('putten').

In de Klimaatwet worden technologische methoden zoals CCS erkend als manier om aan klimaatneutraliteit bij te dragen, met name voor de industrie (EU, 2021). CCS wordt nodig geacht omdat in hard-to-abate sectoren ook in 2050 nog restemissies zullen overblijven. Daarnaast zal de techniek van CCS waarschijnlijk ook buiten de industrie een grote rol spelen in het bereiken van klimaatneutraliteit, bijvoorbeeld waar CCS gecombineerd wordt met Direct Air Capture (DACCS) of bio-energie (BECCS), waarmee negatieve emissies gerealiseerd kunnen worden.

Ook op nationaal niveau bestaat er geen wettelijke belemmering voor de industrie om klimaatneutraliteit middels CCS te realiseren. De zeef (en de andere beperkingen aan de SDE++ voor CCS) hebben immers alleen betrekking op de vraag of CCS door de overheid wordt gesubsidieerd, niet op de vraag of het is toegestaan. Er is ook geen beleidsdoelstelling die kwantificeert hoe snel en/of in welke mate de industrie gebruik moet gaan maken van duurzame technologieën, aangezien het beleid aangrijpt op de uitstoot van broeikasgassen en niet op de gebruikte technologie. In Nederland wordt CCS (voor fossiele industriële processen) echter gezien als een transitietechnologie, die voornamelijk bedoeld is voor hard-to-abate industriële sectoren, waar nog geen duurzaam alternatief voor beschikbaar is.

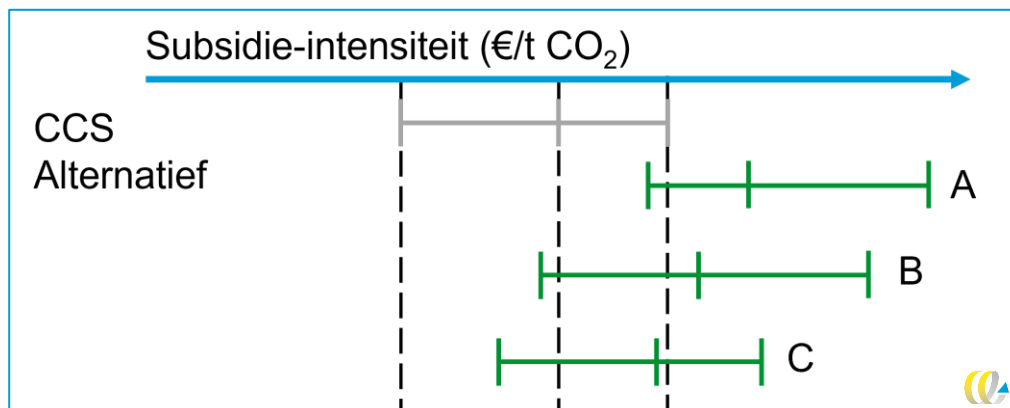
Met het oog op de kabinetsvisie van een fossielvrije toekomst heeft het gebruik van duurzame alternatieven voor fossiele industriële processen, waar mogelijk, de voorkeur boven CCS. Bovendien leidt het gebruik van fossiele energie, ook als CCS wordt toegepast, tot de instandhouding van fossiele productieprocessen en de uitstoot van broeikasgassen naar de atmosfeer. Bij een afvanginstallatie wordt meestal maximaal circa 90% van de emissies afgevangen, en daarnaast blijven er ketenemissies bestaan, bijvoorbeeld bij de productie van fossiele brandstoffen. Het zoveel mogelijk uitfaseren van fossiele industriële processen is daarom wenselijk in het streven naar klimaatneutraliteit.

4.3 Selectie van alternatieven voor nadere analyse

Het toetsen van alternatieven aan andere aspecten dan kosteneffectiviteit is alleen zinvol voor die alternatieven die qua kosteneffectiviteit ofwel zich kunnen meten met CCS (gelijke of zelfs betere kosteneffectiviteit), ofwel dicht in de buurt zitten van CCS. De kern van de zeefmethodiek is immers gebaseerd op kosteneffectiviteit, dat staat in deze studie niet ter discussie. De functie van het toevoegen van aanvullende (beleids)overwegingen is om verstandig om te kunnen gaan met situaties waarin de kosteneffectiviteit van alternatieve technologieën in de buurt komt van die van CCS, en vice versa.

Om dit ‘dicht in de buurt zitten’ te definiëren kunnen we gebruik maken van de onzekerheidsbandbreedtes van de subsidie-intensiteit die in het vorige hoofdstuk zijn vastgesteld, zie Figuur 4. Als we alle alternatieven nader zouden bekijken waarbij er enige overlap is tussen de bandbreedtes, zoals bij A, komen we waarschijnlijk op een groot aantal alternatieven uit en is de nadere analyse niet erg selectief. We zouden alleen de alternatieven kunnen selecteren waarbij de middenwaarde van CCS binnen de onzekerheidsmarge van het alternatief valt, zoals bij B. Echter, de onzekerheidsmarges van alternatieve technologieën zijn breder naarmate de technologie minder ver ontwikkeld is, dus deze methode zou waarschijnlijk technologieën opleveren die nog geen reëel alternatief vormen voor CCS. Als we kijken naar alternatieven waarvan de middenwaarde juist binnen de onzekerheidsmarge van CCS valt, zoals bij C, hebben we dat probleem niet. Het alternatief is dan wellicht nog minder kosteneffectief dan CCS, maar waarschijnlijk wel vergelijkbaar met het minst gunstige scenario voor CCS. Ook alternatieven die maar net afvallen op basis van kosteneffectiviteit - waarvan de middenwaarde dus vlak boven die van CCS zit - nemen we op deze manier mee.

Figuur 4 - Overlappende onzekerheidsmarges van CCS en alternatieve technologieën



We kiezen er daarom voor om, naast eventuele alternatieven die al een betere of gelijke kosteneffectiviteit hebben ten opzichte van CCS, in ieder geval de alternatieven van Type C te selecteren voor de nadere analyse. Afhankelijk van het aantal alternatieven dat op deze manier wordt gevonden kan de selectie in overleg met de opdrachtgever worden uitgebreid met enkele alternatieven van het Type B, bijvoorbeeld als deze een relatief kleine onzekerheidsmarge hebben, maar de middenwaarde toch net buiten de onzekerheidsmarge van CCS valt.

4.4 Aspecten om op te toetsen in de nadere analyse

We onderscheiden in ieder geval de volgende aspecten om mee te nemen in de aanvullende (beleids)overwegingen. Het is belangrijk dat de beoordeling van de alternatieven op deze aspecten altijd *in vergelijking met CCS* plaatsvindt. Bij alternatieve technologieën kan bijvoorbeeld de benodigde infrastructuur nog niet aanwezig zijn, maar dat is bij CCS vaak ook het geval:

- **Bandbreedte in kosteninschatting.** Dit volgt uit onze eigen analyse in Hoofdstuk 3. Een alternatief kan bij dezelfde nominale waarde voor de kosteneffectiviteit als CCS een grotere of kleine onzekerheidsmarge in de kosten hebben.
- **Beschikbaarheid infrastructuur.** Dit gaat om nieuwe infrastructuur die essentieel is voor het uitrollen van de alternatieve technologie of voor CCS, bijvoorbeeld pijpleidingen voor waterstof of CO₂, of een nieuwe MV-verbinding voor elektrificatie.
- **Beschikbaarheid grondstoffen.** We vatten dit begrip breed op: het kan gaan om bulkgrondstoffen zoals biomassa, maar ook om (hernieuwbare) waterstof of (hernieuwbare) elektriciteit.
- **Milieueffecten** (inclusief ketenemissies). Naast broeikasgassen kunnen CCS of alternatieve technologieën andere ongewenste emissies naar het milieu met zich meebrengen, bijvoorbeeld fijnstof of stikstofverbindingen zoals NO_x, of effecten hebben op biodiversiteit. Emissies elders uit de keten vallen hier ook onder. Zo zal in de keten van een productieproces waar CCS wordt toegepast elders nog wel sprake zijn van CO₂-uitstoot en moet bij elektrificatie gekeken worden naar hoe deze elektriciteit wordt opgewekt.
- **Ruimte-effecten.** Een alternatief kan ongewenste ruimtelijke effecten met zich meebrengen, zoals een zeer groot oppervlak aan zon-pv.
- **Maatschappelijk draagvlak.** Een alternatief kan als duurzaam gelden maar als ongewenst worden ervaren, omdat de duurzaamheid ter discussie staat of om andere redenen. Bijvoorbeeld biomassa, of zon-pv op landbouwgrond.

- **Andere beleidsdoelen.** De Rijksoverheid is niet alleen verantwoordelijk voor het klimaatbeleid, maar ook voor beleidsdoelen op het terrein van bijvoorbeeld circulaire economie, milieu, luchtkwaliteit etc.. Alternatieve technologieën zouden naast verduurzaming van het proces ook aan deze andere beleidsdoelen kunnen bijdragen.
- **Geopolitieke aspecten.** Naast doelen op aanpalende beleidsterreinen kunnen ook geopolitieke overwegingen een rol spelen, bijvoorbeeld de wens om bepaalde ketens op te bouwen binnen de EU met het oog op strategische autonomie, of geopolitieke overwegingen rondom de import van bepaalde grondstoffen.
- **Technologie-specifieke belemmeringen.** Tot slot kunnen aan het gebruik van een technologie specifieke haken en ogen zitten, die niet onder een van de andere categorieën vallen. Ook deze kunnen meegenomen worden in de uiteindelijke afweging of CCS voor een bepaalde techniek moet worden uitgesloten van subsidie.

4.5 Uitvoering van de nadere analyse

Voor CCS en voor de alternatieven die we selecteren voor een nadere beschouwing gaan we na of bovengenoemde aspecten relevant zijn. Dit doen we op een kwalitatieve manier, aangezien er binnen de scope van dit onderzoek geen ruimte is om de neveneffecten van alle geselecteerde alternatieven te berekenen, en een aantal aspecten überhaupt niet goed kwantificeerbaar is. Sommige aspecten, zoals ruimte-effecten of maatschappelijk draagvlak, zijn vermoedelijk maar voor een beperkt aantal technologieën relevant; andere, zoals beschikbaarheid van grondstoffen, kunnen voor veel van de alternatieven een rol spelen.

We groeperen de geselecteerde alternatieven op het niveau van de algemene verduurzamingsrichtingen uit Stap 1 (zie Paragraaf 2.3.2) voor we de analyse uitvoeren. De genoemde aspecten zijn namelijk vaak op de gehele verduurzamingsrichting van toepassing (zoals ‘waterstof’ of ‘biomassa’). Bovendien blijft de analyse op deze manier beperkt in de uitvoeringstijd.

De uitkomsten van de nadere analyse die zo ontstaat kunnen gebruikt worden bij de afweging om wel of geen CCS-categorieën uit te sluiten van SDE-subsidie. Die afweging kan altijd twee kanten op werken: een alternatieve techniek die nominaal kosteneffectiever is dan CCS kan dermate veel onzekerheden met zich meebrengen dat ervoor wordt gekozen dat er ook subsidie voor CCS kan worden aangevraagd. Tegelijkertijd kan met een dergelijke nadere analyse een techniek die (net) niet kosteneffectiever is dan CCS juist worden erkend als reden om geen subsidie toe te kennen aan CCS, vanwege sterk positieve neveneffecten. De aanvullende (beleids)overwegingen kunnen helpen in het vinden van een balans tussen het voorkomen van verdringing van schone technieken en het benutten van het potentieel dat CCS biedt voor het behalen van de reductiedoelstelling, zoals omschreven in het Klimaatakkoord.

We schrijven in deze methodiek niet voor of en hoe de aanvullende (beleids)overwegingen moeten leiden tot het alsnog wel of niet uitsluiten van CCS-categorieën voor SDE-subsidie, dat is aan EZK. De weging van de verschillende aspecten uit de nadere analyse onderling en in vergelijking met het hoofdcriterium van kosteneffectiviteit is immers een beleidsmatige keuze.

In principe blijven we in de beschrijving van de alternatieven in de nadere analyse ook op het niveau van processen, zoals in de eerdere stappen van onze zeefmethodiek. Alleen als zich een duidelijke conclusie aftekent voor een gehele SDE-categorie zullen we dit vermelden.

4.6 Informatie uit de zeefstudie voor innovatiebeleid

In onze benadering van de zeefmethodiek wordt per industrieel proces nagegaan welke duurzame alternatieven voor CCS er mogelijk zijn. Dat levert veel informatie op, niet alleen voor alternatieven waarvoor al veel data bestaat maar ook voor nieuwe alternatieven. Dit is geen informatie die nergens anders bekend is, maar resulteert wel in een overzicht waarin de kosteneffectiviteit en geschiktheid van alternatieven per proces gemakkelijk kunnen worden vergeleken. Deze informatie zou als input gebruikt kunnen worden voor de verschillende instrumenten van het innovatiebeleid, zodat gestuurd kan worden op de gerichte stimulering van technologieën die de grootste kans maken om op korte termijn CCS in een bepaalde sector overbodig te maken. Ook op die manier draagt de zeef bij aan de balans tussen het behalen van de reductiedoelen en het stimuleren van de ontwikkeling van duurzame alternatieven, zoals in het Klimaatakkoord is aangegeven.

Een specifieke manier waarop de door de zeefstudie gegenereerde informatie zou kunnen worden gebruikt, is door voor elk alternatief dat binnen de kostenbandbreedte van CCS valt een nader onderzoek te laten uitvoeren. Bijvoorbeeld door het alternatief te laten doorrekenen door een consultant of PBL, of het extra aandacht te geven in de jaarlijkse SDE++-marktconsultatie van PBL. Daardoor worden de kosten nauwkeuriger in beeld gebracht, en daarmee neemt de onzekerheid in de kosten af, wat weer nuttig is voor de analyse in de zeefmethodiek.

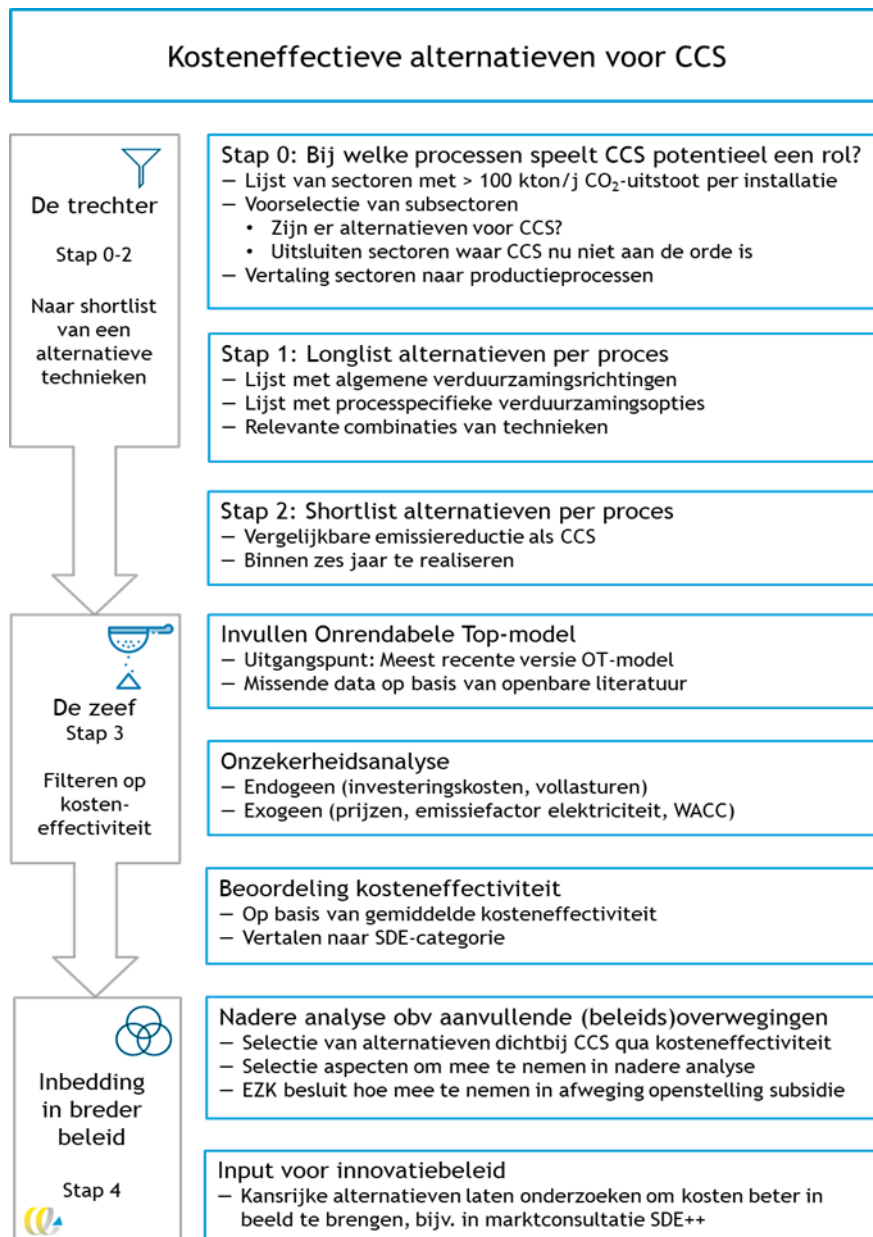
4.7 Conclusies: inbedding van de zeef in breder beleid

In dit hoofdstuk hebben we gekeken naar andere (beleids)overwegingen dan kosteneffectiviteit, die EZK kan gebruiken in het uiteindelijke besluit om een CCS-categorie wel of niet open te stellen voor subsidie. Deze aanvullende overwegingen kunnen twee kanten op werken: vanwege neveneffecten of belemmeringen van een kosteneffectief alternatief kan subsidie voor CCS toch openblijven, of een alternatief dat nog niet helemaal zo kosteneffectief is als CCS is toch voldoende reden om de subsidie voor een SDE-categorie te sluiten, vanwege de positieve bijeffecten van het alternatief. We hebben laten zien welke kansrijke alternatieven geselecteerd zouden kunnen worden voor nadere analyse, naar welke aspecten gekeken kan worden en hoe de nadere analyse kan worden uitgevoerd. Tot slot hebben we kort aandacht gegeven aan hoe de informatie uit de zeefstudie nuttig gebruikt kan worden als input op het innovatiebeleid.

5 Conclusies

In dit rapport hebben we stap voor stap een herziene methodiek voor het zeefinstrument ontwikkeld. Dit instrument is bedoeld om na te gaan of bepaalde CCS-categorieën moeten worden uitgesloten van SDE-subsidie, omdat hiervoor kosteneffectieve alternatieven bestaan. Onze methode is schematisch weergegeven in Figuur 5. Het eerste deel van onze methode bestaat uit een ‘trechter’, die een lijst oplevert van alternatieve technieken die in het tweede deel, de eigenlijke zeef, op kosteneffectiviteit moeten worden geëvalueerd.

Figuur 5 - Schematische weergave van de herziene zeefmethodiek



Een belangrijk onderdeel van onze methode is de procesbenadering. Hoewel de SDE met CCS-categorieën (technieken) werkt, wordt in onze methode op het niveau van industrieel proces nagegaan welke duurzame technologieën daar mogelijk een alternatief bieden voor CCS. Op deze manier is de kans groter dat er ook daadwerkelijk kosteneffectieve alternatieven worden geïdentificeerd. Onze resultaten vertalen we terug naar SDE-categorieën, zodat deze goed aansluiten bij de staande praktijk van de SDE.

De kern van de zeef is de vergelijking van CCS en mogelijke alternatieven op kosten-effectiviteit. De zeef bestaat echter niet in isolatie maar is ingebed in een bredere beleidscontext. Daarom gaan we in het laatste deel van de methode in op andere (beleids)-overwegingen die een rol kunnen spelen bij de beslissing om een CCS-categorie wel of niet open te stellen voor subsidie. Het is aan EZK om te bepalen of en in welke mate deze overwegingen worden meegenomen in het uiteindelijke besluit.

Literatuurlijst

- AACE International**, 2020. *AACE International Recommended Practice No. 56R08 - Cost Estimate Classification System*.
- CE Delft**, 2021. *Groeiprojecties energie-intensieve industrie. Referentiescenario's voor impactanalyse klimaatbeleid*, Delft CE Delft.
- Emissieregistratie**, lopend. *Data export*, <https://data.emissieregistratie.nl/export>.
- EU**, 2021. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). *Official Journal of the European Union*, L243, 1-17.
- EU**, s.d. *Horizon 2020 - Work Programme 2014-2015 : General Annexes*, https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf.
- Guidehouse**, 2020. *Vervolgonderzoek technische alternatieven voor CCS in Nederland*, Utrecht: Guidehouse.
- Navigant**, 2019. *Technische alternatieven voor CCS in Nederland. Overwegingen bij en data voor de 'zeef' voor CCS aanvragen binnen de verbreding van de SDE+*, Utrecht: Navigant.
- PBL**, 2022. *Eindadvies Basisbedragen SDE++ 2022*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- PBL & TNO**, 2021. *Publications Manufacturing Industry Decarbonisation Data Exchange Network (MIDDEN)*, <https://www.pbl.nl/en/middenweb/publications>.
- Rijksoverheid**, 2019. *Klimaatakkoord*, Den Haag: Rijksoverheid.
- Royal Haskoning DHV**, 2022. *Inventarisatie kosteneffectiviteit CCS alternatieven : Onafhankelijk onderzoek 2022 naar aantoonbaar kosteneffectieve technische alternatieven voor CCS*, Amersfoort: Royal Haskoning DHV.
- VVD, D66, CDA & ChristenUnie**, 2021. *Coalitieakkoord 'Omzien naar elkaar, vooruitkijken naar de toekomst'*, Den Haag: Rijksoverheid.

