

Achtergrondrapport

Verantwoord inzetten van tijdelijke CO₂-verwijdering



WKR Wetenschappelijke
Klimaatraad

Samenvatting

De Wetenschappelijke Klimaatraad (WKR) heeft op 10 juli 2024 het adviesrapport [De lucht klaren?](#) uitgebracht. Hierin heeft de WKR onder meer beleidsaanbevelingen gedaan over de inzet van *tijdelijke* CO₂-verwijdering uit de atmosfeer. Twee aanbevelingen zijn vooral relevant voor tijdelijke CO₂-verwijdering. Ten eerste beveelt de WKR aan om fossiele en langlevende broeikasgasuitstoot alleen te compenseren met permanente CO₂-verwijdering. Ten tweede adviseert de WKR “om tijdelijke CO₂-verwijdering in Nederland te stimuleren, maar alleen als onderdeel van ander beleid”; dus niet als onderdeel van CO₂-verwijderingsbeleid.

Na het verschijnen van het adviesrapport heeft de Interdepartementale Werkgroep Koolstofverwijdering de WKR gevraagd om dieper in te gaan op de manier waarop tijdelijke CO₂-verwijdering op een verantwoorde manier kan bijdragen aan het halen van de klimaatdoelen. Naar aanleiding daarvan heeft de WKR het voorliggende achtergrondrapport opgesteld. Hierin staat de volgende vraag centraal: **Voor welke klimaatdoelen van het Parijsakkoord en onder welke voorwaarden kan tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord worden ingezet?** Deze vraag is beantwoord aan de hand van de volgende deelvragen:

Welke bijdrage kan tijdelijke CO₂-verwijdering leveren aan de klimaatdoelen van het Parijsakkoord?

De bijdrage van tijdelijke CO₂-verwijdering aan het beperken van de opwarming is klein, omdat de opgeslagen CO₂ weer vrijkomt. Als 'uitgestelde emissie' draagt tijdelijke verwijdering niet bij aan het beperken van de cumulatieve CO₂-uitstoot op de lange termijn, wat bepalend is voor het niveau waarop de temperatuurstijging uiteindelijk uitkomt.

Wel is het onder bepaalde (klimaat)voorwaarden mogelijk om de koolstofvoorraad¹ langdurig te vergroten door bijvoorbeeld bossen duurzaam te beheren. Als deze vastlegging zeer lang volgehouden wordt, krijgt deze vorm van opslag een 'pseudo-permanent' karakter en kan daarmee ook van waarde zijn voor het halen van temperatuurdoelen. Het is echter moeilijk om dit van tevoren te garanderen.

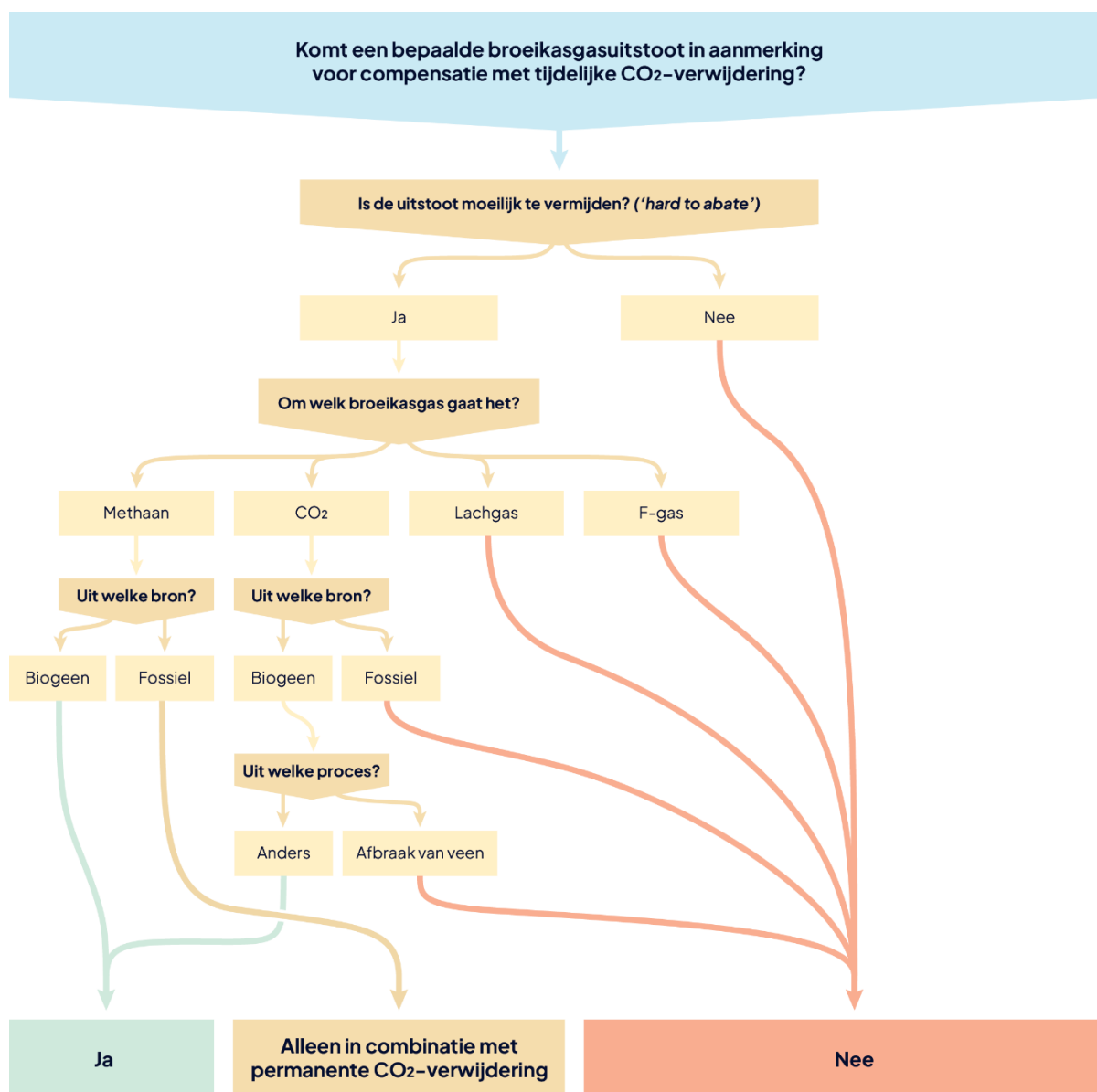
In theorie zou tijdelijke CO₂-verwijdering ook ingezet kunnen worden om de piekopwarming te beperken. Wetenschappelijk gezien is deze inzet echter zeer speculatief, onder andere vanwege de grote onzekerheden over het moment en de duur van de piekopwarming. De verwachte klimaatwinst kan zelfs negatief uitpakken voor toekomstige generaties als tijdelijk verwijderde koolstof op een ongunstig moment weer vrijkomt.

Onder bepaalde voorwaarden kan compensatie van resterende emissies wel met tijdelijke CO₂-verwijdering plaatsvinden. Tijdelijke CO₂-verwijdering kan dan een bijdrage leveren aan het bereiken van klimaatneutraliteit en daarmee aan het stoppen van de opwarming.

Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?

Uitstoot die technisch moeilijk voorkomen kan worden, of die voortkomt uit een activiteit die wenselijk is op grond van zwaarwegende economische of maatschappelijke redenen, is 'moeilijk te vermijden'. Alleen moeilijk te vermijden uitstoot komt in aanmerking voor compensatie. Compensatie dient vervolgens plaats te vinden volgens het *like-for-like* principe. Concreet betekent dit dat alleen uitstoot die uit de korte koolstofcyclus komt met tijdelijke CO₂-verwijdering mag worden gecompenseerd. Als de koolstof uit de lange koolstofcyclus komt, moet de verwijdering van die koolstof in permanente koolstofreservoirs gebeuren. Op grond van deze voorwaarden kunnen we voor elke specifieke uitstoot bepalen of en op welke manier die in aanmerking komt voor compensatie. Het resultaat is weergegeven in de vorm van een beslisboom, zie Figuur 1.

¹ De totale hoeveelheid vastgelegde koolstof in bijvoorbeeld een bos of in de bodem.



Figuur 1. De beslisboom is een visualisatie van het antwoord op de vraag: 'Komt een bepaalde broeikasgasuitstoot in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?' op basis van een beperkt aantal basale vragen.

Vanuit klimaatperspectief is de conclusie dan ook dat alleen compensatie van biogene CO₂-uitstoot of biogene methaanuitstoot in aanmerking komt voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering. Hierop zijn twee uitzonderingen. Ten eerste, als de biogene CO₂-uitstoot of methaanuitstoot afkomstig is van de afbraak van veen, dan moet die wel met permanente CO₂-verwijdering worden gecompenseerd. Het gaat dan namelijk om een onomkeerbare verstoring van een biogeen koolstofreservoir dat een lange vastleggingsduur heeft. Ten tweede kan tijdelijke CO₂-verwijdering compenseren voor het tijdelijke opwarmend effect van fossiele methaan, mits dat gepaard gaat met een gelijktijdige permanente CO₂-verwijdering ter compensatie van het lange-termijn opwarmende effect. Voorwaarde daarbij is dat de combinatie van tijdelijke en permanente CO₂-verwijdering samen het opwarmend effect van methaan op elk moment te nietdoet.

De uitstoot van alle andere broeikasgassen, dus van fossiele CO₂, lachgas en F-gassen, moet worden gecompenseerd met permanente CO₂-verwijdering.

Wanneer is compensatie van emissies door CO₂-verwijdering verantwoord?

Indien een broeikasgasemissie in aanmerking komt voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering, dan kan die vervolgens op een verantwoorde manier gecompenseerd worden als aan twee criteria is voldaan:

1. De omvang en duur van de compensatie van een emissie van een bepaald broeikasgas moet op elk moment het opwarmend effect (de zogeheten effectieve stralingsforcering) van die emissie neutraliseren, waarbij alle effecten van de gebruikte verwijdering zijn meegenomen (inclusief energiegebruik, landgebruik, en fysische effecten). Dit is onderdeel van het *like-for-like*-principe.
2. De compensatie moet plaatsvinden door middel van hoogwaardige CO₂-verwijderingsprojecten. Dit betekent dat de verwijderingen additioneel zijn, niet dubbel geteld worden, niet leiden tot afwenteling op andere duurzaamheidsterreinen en toekomstige generaties, en dat de risico's op voortijdig vrijkomen van CO₂ geminimaliseerd en afgedekt zijn. Bovendien zijn de projectresultaten verifieerbaar op basis van transparante metingen en bijbehorende rapportages.

Deze criteria zijn van toepassing op zowel permanente als tijdelijke CO₂-verwijderingsprojecten. Vanwege het relatief grote (en met klimaatverandering toenemende) risico op het voortijdig vrijkomen van CO₂ bij tijdelijke CO₂-verwijdering vergen de projecten specifieke vormen van risicomanagement en dient er passende aansprakelijkheidsregelgeving te bestaan. Dit om te voorkomen dat toekomstige generaties de gevolgen van het voortijdig vrijkomen moeten dragen.

In hoeverre voldoet de emissieboekhouding aan de eisen voor gelijkwaardige compensatie?

De meeste methoden voor tijdelijke CO₂-verwijdering kunnen al worden meegeteld in emissieboekhoudingen. Dit geldt nog niet voor de CO₂-vastlegging in biomaterialen gemaakt van niet-houtige gewassen.

De wijze waarop compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering nu in de boekhouding wordt meegenomen kent enkele tekortkomingen, zoals:

1. Het *like-for-like* principe wordt niet gehanteerd in de huidige boekhoudsystematiek. Hierdoor kan tijdelijke CO₂-verwijdering compenseren voor fossiele uitstoot, wat kan zorgen voor extra opwarming op de lange termijn.
2. De huidige boekhoudsystematiek onderschat het opwarmend effect van de uitstoot van kortlevende broeikasgassen. Als deze uitstoot gecompenseerd wordt met (tijdelijke) CO₂-verwijdering kan het daardoor op de boekhouding lijken dat het volledige opwarmend effect is gecompenseerd, maar kan er op korte termijn toch nog een opwarmend effect zijn.
3. Doordat natuurlijke koolstofvastlegging en tijdelijke antropogene CO₂-verwijdering niet goed van elkaar worden onderscheiden, kan de klimaatwinst van een verwijdering dubbel worden geteld en dus overschat.

Voor het halen van de klimaatdoelen stellen Nederland en de EU geen verdere eisen aan het soort CO₂-verwijdering (tijdelijk of permanent) die mag worden ingezet. Het bereiken van die doelen garandeert daarom niet dat compensatie conform het *like-for-like* principe plaatsvindt.

In aankomende beslissingen over de verdere ontwikkeling van het Europese klimaatbeleid (bijvoorbeeld het creëren van een emissiehandelssysteem voor de landbouwsector) zijn er mogelijkheden om te zorgen dat tijdelijke CO₂-verwijdering niet compenseert voor fossiele uitstoot of langlevende broeikasgassen.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
2	Welke bijdrage kan tijdelijke CO₂-verwijdering leveren aan de klimaatdoelen van het Parijsakkoord?	8
2.1	Bijdrage van tijdelijke CO ₂ -verwijdering aan beperken van de opwarming	8
2.2	Bijdrage van tijdelijke CO ₂ -verwijdering aan het stoppen van de opwarming	10
3	Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?	11
3.1	Relevante uitgangspunten voor compensatie	11
3.2	Beslisboom: Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO ₂ -verwijdering?	12
4	Wanneer is compensatie van emissies door tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord?	15
4.1	Criteria voor verantwoorde compensatie	15
4.2	Management van risico's op voortijdig vrijkomen van CO ₂ uit tijdelijke verwijderingsprojecten	16
4.3	Verantwoorde compensatie vanuit projectoverstijgend perspectief	17
5	In hoeverre voldoet de emissieboekhouding aan de eisen voor gelijkwaardige compensatie?	19
5.1	Tijdelijke CO ₂ -verwijdering in de emissieboekhouding	19
5.2	Aandachtspunten voor het inzetten van tijdelijke CO ₂ -verwijderingen in klimaatbeleid	21
	Afkortingen	23
	Referenties	24
	Bijlage: Geraadpleegde experts	27

1 Inleiding

De Wetenschappelijke Klimaatraad (WKR) heeft op 10 juli 2024 haar adviesrapport [De lucht klaren?](#) uitgebracht.² Daarin betoogt de WKR dat onmiddellijk en actief overheidsingrijpen nodig is om CO₂-verwijdering uit de atmosfeer voor elkaar te krijgen (zie Tekstbox 1 voor een definitie van CO₂-verwijdering). Daarbij moet maximale inzet op het verminderen van de broeikasgasuitstoot voorop blijven staan. Het adviesrapport bevat een aantal concrete aanbevelingen over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO₂-verwijdering uit de atmosfeer. Kort samengevat luiden deze:

1. Zet maximaal in op het beperken van de uitstoot.
2. Richt CO₂-verwijderingsbeleid op permanente methoden.
3. Compenseer fossiele uitstoot en de uitstoot van broeikasgassen met een lange verblijftijd in de atmosfeer alleen te met permanente CO₂-verwijdering.
4. Stimuleer tijdelijke CO₂-verwijdering als onderdeel van ander beleid.
5. Voer, in samenhang met Europees beleid, CO₂-verwijderingsbeleid.
6. Beperk de inzet van CO₂-verwijdering voor de compensatie van restemissies door daarvoor limieten te stellen op Europees, nationaal en sectoraal niveau.
7. Neem als Nederland samen met andere lidstaten het initiatief voor Europese beleidsinstrumenten die vraag naar CO₂-verwijdering creëren.
8. Hou CO₂-verwijdering zo lang mogelijk uit het Europese emissiehandelssysteem om de prikkel voor emissiereductie zo lang mogelijk te behouden.
9. Start een Nederlands inkoop-programma voor permanente CO₂-verwijdering.
10. Zorg dat uitstoters vanaf nu bijdragen aan de toekomstige kosten voor het verminderen van een temperatuuroverschrijding.

Tekstbox 1. Definitie van CO₂-verwijdering

CO₂-verwijdering omvat menselijke activiteiten die CO₂ uit de atmosfeer verwijderen en langdurig opslaan in de bodem, in diepe geologische reservoirs, in oceaansedimenten, of in producten. Het is belangrijk dat er sprake is van een *netto* verwijdering: de totale hoeveelheid CO₂ die uit de atmosfeer wordt verwijderd moet groter zijn dan de totale uitstoot van broeikasgassen uit de keten die hoort bij het CO₂-verwijderingsproces.³

CO₂-verwijdering kan een permanent of tijdelijk karakter hebben. CO₂ die voor minstens enkele eeuwen wordt vastgelegd beschouwen we als permanente CO₂-verwijdering. Daaronder vallen geologische opslag in de diepe ondergrond en mineralisatie van CO₂. Vastlegging van CO₂ in bijvoorbeeld bossen, landbouwbodems of gebruik van biomaterialen is tijdelijk, waarschijnlijk slechts voor decennia.

Na het verschijnen van het adviesrapport heeft de Interdepartementale Werkgroep Koolstofverwijdering – een groep ambtenaren van verschillende ministeries die het beleid voor CO₂-verwijdering voorbereidt – de WKR gevraagd om dieper in te gaan op hoe tijdelijke CO₂- verwijdering op een verantwoorde manier kan bijdragen aan het halen van de klimaatdoelen. Hoe om te gaan met tijdelijke CO₂-verwijdering zal namelijk aan bod komen in zowel het definitieve Klimaatplan 2025-2035 als in de Routekaart Koolstofverwijdering die beide in 2025 verschijnen. In het ontwerp-Klimaatplan is onderzoek hiernaar aangekondigd.⁴

² WKR (2024b).

³ IPCC (2021, p. 2221).

⁴ Uit het Ontwerp-Klimaatplan 2025-2035 (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024): "We onderzoeken of tijdelijke koolstofverwijdering op verantwoorde wijze gebruikt kunnen worden om langlevende broeikasgassen te compenseren, en zo ja, welke extra waarborgen dit vraagt. Hierbij wordt rekening gehouden met het Duurzaamheidskader biogroestoffen." en "Onderzocht moet nog worden of en, zo ja, hoe geborgd kan worden dat bij het inzetten van tijdelijke koolstofverwijdering tegenover langlevende broeikasgassen er ook een bijdrage kan worden geleverd aan de klimaatdoelen."

1 Inleiding

Naar aanleiding hiervan heeft de WKR besloten het voorliggende achtergrondrapport op te stellen. Hierin staat de volgende vraag centraal:

Voor welke klimaatdoelen uit het Parijsakkoord en onder welke voorwaarden kan tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord worden ingezet?

Bij de aanbevelingen van de WKR over tijdelijke CO₂-verwijdering, zoals verwoord in het adviesrapport 'De lucht klaren?', is een belangrijk gegeven dat het leeuwendeel van de Nederlandse broeikasgasuitstoot afkomstig is uit fossiele bronnen. Conform het advies dienen deze met permanente methoden gecompenseerd te worden en niet met tijdelijke. Bij de aanbeveling om tijdelijke CO₂-verwijdering geen onderdeel te laten zijn van CO₂-verwijderingsbeleid speelt ook mee dat in Nederland het potentieel voor tijdelijke CO₂-vastlegging in bossen en bodems klein is: Nederland heeft er te weinig ruimte voor.

Het voorliggende achtergrondrapport bevat geen aanbevelingen. Het is een verdere verdieping van het adviesrapport 'De lucht klaren?'. Het dient gelezen te worden in samenhang met het adviesrapport en het bijbehorende 'Achtergrondrapport CO₂-verwijdering'.⁵

Voor het beantwoorden van de centrale vraag is gebruik gemaakt van wetenschappelijke en grijze literatuur, en interviews met enkele experts (zie Referenties en de bijlage Geraadpleegde experts).

Dit rapport is gestructureerd aan de hand van vier deelvragen. Hoofdstuk 2 is gewijd aan de vraag welke bijdrage tijdelijke CO₂-verwijdering kan leveren aan de klimaatdoelen van het Parijsakkoord. Vervolgens richt hoofdstuk 3 zich op de vraag welke uitstoot in aanmerking komt voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering. Als een uitstoot eenmaal in aanmerking komt voor compensatie dan is vervolgens de vraag hoe dat op een verantwoorde manier kan. Hierover gaat hoofdstuk 4. Tot slot gaat hoofdstuk 5 in op de vraag in hoeverre de emissieboekhouding voldoet aan de eisen voor compensatie en geven we ook enkele aandachtspunten mee voor het inzetten van tijdelijke CO₂-verwijderingen in het klimaatbeleid.

⁵ WKR (2024a).

2 Welke bijdrage kan tijdelijke CO₂-verwijdering leveren aan de klimaatdoelen van het Parijsakkoord?

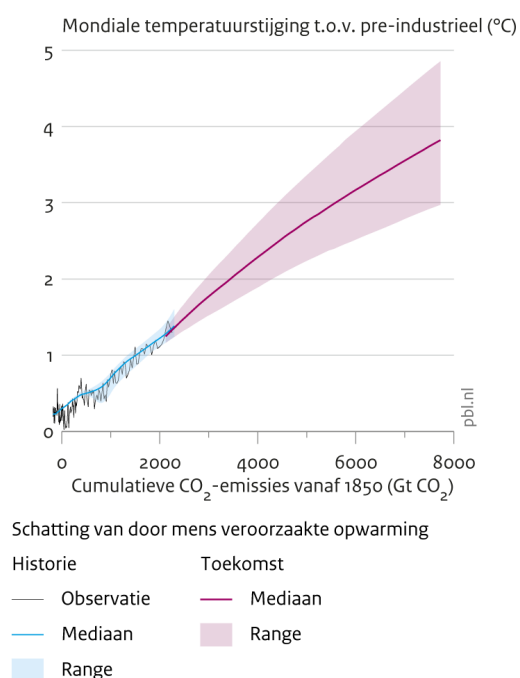
In dit hoofdstuk laten we zien hoe tijdelijke CO₂-verwijdering kan bijdragen aan het halen van de klimaatdoelen van het Parijsakkoord. Die doelen zijn het beperken van de opwarming van de aarde tot ruim onder de 2°C, en te streven naar maximaal 1,5°C. De klimaatwetenschap geeft aan dat hiervoor het volgende nodig is: 1) het beperken van de totale broeikasgasuitstoot tot aan het moment van klimaatneutraliteit, die de mate van opwarming bepaalt, en 2) het realiseren van netto nul broeikasgasuitstoot ('klimaatneutraliteit'), wat de opwarming stopt.⁶ Omdat de wereldwijde uitstoot naar verwachting niet snel genoeg zal dalen om de stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde tot 1,5°C te beperken, zal het voor dit doel noodzakelijk zijn om netto CO₂ uit de atmosfeer te verwijderen.

Hier gaan we in op de rol die tijdelijke CO₂-verwijdering kan spelen bij het beperken van de opwarming (paragraaf 2.1) en bij het stoppen van de opwarming (paragraaf 2.2).

2.1 Bijdrage van tijdelijke CO₂-verwijdering aan beperken van de opwarming

Om de klimaatdoelen van het Parijsakkoord te halen, is het noodzakelijk dat de netto CO₂-uitstoot nul wordt. Op de lange termijn hangt de opwarming namelijk primair af van de cumulatieve uitstoot van CO₂ (zie Figuur 2).⁷ In combinatie met een effectief emissiereductiebeleid, kan CO₂-verwijdering zorgen voor zowel het stabiliseren als het verlagen van de cumulatieve CO₂-uitstoot.

Relatie temperatuurstijging en cumulatieve CO₂-emissie



Figuur 2. Ondanks alle complexiteit in het aardse systeem blijkt er een lineaire relatie te bestaan tussen de cumulatieve CO₂-emissie en wereldwijde temperatuurstijging ten opzichte van de pre-industriële situatie. Bron: PBL (2024).

Een ton tijdelijke CO₂-verwijdering is te beschouwen als een ton uitgestelde emissie. Deze zorgt dus niet voor een blijvende verlaging van de cumulatieve CO₂-uitstoot en beperkt daardoor op de lange termijn de

⁶ IPCC (2018).

⁷ Allen et al. (2009).

2 Welke bijdrage kan tijdelijke CO₂-verwijdering leveren aan de klimaatdoelen van het Parijsakkoord?

opwarming niet. Dit in tegenstelling tot permanente CO₂-verwijdering, waarbij de verwachting is dat de cumulatieve emissie structureel wordt verlaagd, en dus op termijn tot minder opwarming leidt.

Er zijn twee manieren waarop tijdelijke CO₂-verwijdering (in theorie) wel zou kunnen bijdragen aan het beperken van de opwarming:

1. Door te zorgen dat de tijdelijke CO₂-verwijdering een 'pseudo-permanent' karakter krijgt.

Dit houdt in dat een voorraad opgeslagen CO₂ (bijvoorbeeld in bossen) langdurig wordt vergroot en beschermd. Terwijl één individuele boom waarschijnlijk na decennia of eeuwen wordt gekapt of vergaat, kan een duurzaam beheerd bos zeer veel langer bestaan, met een vrij stabiele hoeveelheid opgeslagen koolstof. Recent modelleerwerk laat zien dat, bij een optimistische schatting van het wereldwijde potentieel van bosaanplant en -herstel, en het vergroten van de koolstofvoorraad in bodems, de piekopwarming⁸ in de tweede helft van deze eeuw met enkele tienden van een graad verlaagd kan worden: in 1,5°C-scenario's met maximaal 0,1°C in 2055 en in 2°C-scenario's met ten hoogste 0,3°C in 2085.⁹ De beperkte vermindering heeft te maken met het korte tijdsbestek dat resteert om voldoende tijdelijke CO₂-verwijdering te realiseren. Scenario's die ook rekening houden met niet door CO₂ veroorzaakte klimaateffecten van bosaanplant, zoals veranderingen in de albedo en verdamping, laten zien dat de bijdrage aan de verlaging van de opwarming bijna halveert.¹⁰

Bos dat voldoende divers is en goed wordt beschermd en beheerd kan bijdragen aan behoud en herstel van de biodiversiteit. De WKR pleit er daarom voor om tijdelijke CO₂-verwijdering in Nederland als onderdeel van ander beleid te stimuleren. Dit is mede ingegeven door de aanzienlijke opgave om met duurzaam bosbeheer koolstof op te slaan: in veel landen in de Europese Unie neemt de koolstofvastlegging momenteel af door klimaatverandering en houtoogst.¹¹ Zelfs een land als Finland heeft momenteel geen netto opname in de landgebruikssector ondanks haar enorme bosbouwsector.¹²

Vanwege de noodzaak van langdurig beheer is de inzet van tijdelijke CO₂-verwijdering met een 'pseudo-permanent' karakter niet geschikt voor compensatie van emissies van bijvoorbeeld individuele bedrijven. Het ligt meer voor de hand dat landen zorgdragen voor langdurig duurzaam beheer, bijvoorbeeld als onderdeel van hun bossen- of biodiversiteitsstrategie.

2. Door de tijdelijke CO₂-verwijdering zodanig te timen dat de piekopwarming lager uitvalt.

Hier gaat het om een speculatieve inzet van tijdelijke CO₂-verwijdering om de piekopwarming te verlagen ('*peak shaving*' in het Engels).¹³ CO₂ moet hiervoor lang genoeg uit de atmosfeer blijven om de mondiale temperatuur te laten stabiliseren of dalen vóórdat die CO₂ weer vrijkomt. Het moment waarop de temperatuur stabiliseert is erg onzeker en hangt samen met het moment van mondiale CO₂-neutraliteit: de temperatuur kan pas pieken als de cumulatieve CO₂-uitstoot niet verder toeneemt. In mondiale scenario's met een grote kans op het beperken van de opwarming tot ruim onder de 2°C wordt CO₂-neutraliteit rondom 2050 (tussen 2035 en 2060) bereikt.¹⁴ In de 'echte' wereld is het nog te vroeg om hier iets over te zeggen: hoe sneller de emissies omlaaggaan, des te eerder we daar duidelijkheid over krijgen. Na het bereiken van CO₂-neutraliteit duurt het waarschijnlijk nog enkele decennia voordat de opwarming stopt. Of de temperatuur snel of langzaam piekt, hangt af van verschillende factoren, zoals de totale hoeveelheid

⁸ De piekopwarming is de maximale wereldwijde gemiddelde temperatuur die wordt bereikt.

⁹ Girardin et al. (2021).

¹⁰ Matthews et al. (2022). Hierbij zijn niet de effecten van wolken meegenomen, die weer een koelend effect kunnen hebben. Naar verwachting van de auteurs zal daarom een kleiner deel van verlaging van de opwarming teniet worden gedaan.

¹¹ Winkler et al. (2023).

¹² ICOS (2025).

¹³ Zie bijvoorbeeld Matthews et al. (2023) en Cullenward (2023).

¹⁴ Schleussner et al. (2022).

2 Welke bijdrage kan tijdelijke CO₂-verwijdering leveren aan de klimaatdoelen van het Parijsakkoord?

historisch uitgestoten CO₂ op dat moment, de omvang van de totale natuurlijke en antropogene CO₂-verwijderingscapaciteit, en ontwikkelingen in de uitstoot van methaan, lachgas, en de luchtvervuiling (aerosolen).¹⁵

Om daadwerkelijk te zorgen voor een verlaging van de temperatuurpiek, zou de CO₂-vastlegging vanwege de onzekerheden waarschijnlijk zeer langdurig moeten zijn, mogelijk langer dan een eeuw.¹⁶ Het is verstandig de opslagduur conservatief te kiezen. In het slechtste geval, als de verwijderde CO₂ op een ongunstig moment vrijkomt, kan het beoogde verlagen van de piekopwarming juist voor een hogere piekopwarming zorgen. Verder moet aan een hele serie andere voorwaarden zijn voldaan. Zo is het bijvoorbeeld nodig dat meerdere landen grootschalig en gecoördineerd inzetten op het verlagen van de piekopwarming, wil dit een merkbare bijdrage aan temperatuurverlaging leveren.

2.2 Bijdrage van tijdelijke CO₂-verwijdering aan het stoppen van de opwarming

Klimaatmodellen laten zien dat de temperatuur na het bereiken van CO₂-neutraliteit binnen enkele decennia zal stabiliseren, op voorwaarde dat ook de uitstoot van de overige broeikasgassen zoals methaan en lachgas aanzienlijk wordt verminderd. In onder meer de Europese en Nederlandse Klimaatwet is daarom gekozen voor broeikasgasneutraliteit: een balans tussen de emissies en verwijderingen van *alle* broeikasgassen op het grondgebied van de Europese Unie. Om een betekenisvolle bijdrage te leveren aan het stoppen van de opwarming, moet dit evenwicht vervolgens ook langdurig gehandhaafd blijven.¹⁷

Tijdelijke CO₂-verwijdering kan onder bepaalde voorwaarden de uitstoot van sommige broeikasgassen, die afkomstig zijn uit specifieke bronnen, compenseren. Hoofdstuk 3 laat zien welke uitstoot vanuit klimaatperspectief in aanmerking zou kunnen komen voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering.

¹⁵ Zie A2.2 in IPCC (2018).

¹⁶ Cullenward (2023).

¹⁷ Schleussner et al. (2024).

3 Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?

In dit hoofdstuk geven we antwoord op de vraag in welke situaties de uitstoot van een bepaald broeikasgas in aanmerking komt voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering. In hoofdstuk 2 hebben we laten zien dat compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering alleen een bijdrage kan leveren aan het bereiken van klimaatneutraliteit. Echter, wil een specifieke emissie in aanmerking komen voor compensatie, dan moet die aan een serie eisen voldoen. Deze eisen baseren we op de aanbevolen uitgangspunten die in ons adviesrapport staan.¹⁸ Deze uitgangspunten vatten we kort samen in paragraaf 3.1. Paragraaf 3.2 bevat vervolgens een beslisboom die op basis van deze uitgangspunten is opgesteld. Deze beslisboom geeft antwoord op de vraag of een specifiek type uitstoot gecompenseerd mag worden met tijdelijke CO₂-verwijdering. De beslisboom kan als input dienen voor verankering in beleid en in wet- en regelgeving.

We gebruiken hier het woord 'compensatie' zowel voor bedrijven die CO₂-verwijderingscertificaten kunnen inkopen om compensatieclaims te maken als voor landen die CO₂-verwijdering op hun emissieboekhouding meetellen en het daarmee inzetten voor het halen van hun klimaatdoelen.

Hoewel er wetenschappelijke consensus bestaat over de noodzaak van CO₂-verwijdering, is er nog discussie over de manier waarop tijdelijke CO₂-verwijdering de uitstoot van andere broeikasgassen dan CO₂ kan compenseren. De uitgangspunten, zoals behandeld in paragraaf 3.1, zijn breed aanvaard, maar de precieze interpretatie is specifiek voor dit achtergrondrapport. Daarbij is ook gebruik gemaakt van de input van experts.¹⁹

3.1 Relevante uitgangspunten voor compensatie

3.1.1 Zet maximaal in op het beperken van de uitstoot

Het eerste uitgangspunt is dat maximaal moet worden ingezet op het beperken van de uitstoot, en dat CO₂-verwijdering dus zo min mogelijk in plaats van emissiereductie mag komen. Dit vertaalt zich in een eerste eis: alleen uitstoot die 'moeilijk te vermijden' (*'hard to abate'*) is, komt in aanmerking voor compensatie met CO₂-verwijdering. Daarbij wordt uitstoot als moeilijk te vermijden beschouwd, als deze technisch zeer moeilijk of onmogelijk te vermijden is, gegeven de beschikbare middelen en technologie, en als deze uitstoot voortkomt uit een activiteit die wenselijk is op grond van zwaarwegende economische of maatschappelijke redenen.²⁰

Hierbij merken we op dat er geen eenduidige criteria bestaan om te bepalen welke uitstoot 'moeilijk te vermijden' is. Door technologische innovaties of veranderingen in leefstijl kunnen in de toekomst verdergaande reducties van emissies mogelijk worden terwijl die eerder als moeilijk te vermijden werden beschouwd (we hebben dat al gezien bij nieuwe duurzame alternatieven voor staalproductie). Dit is een van de redenen dat de WKR in haar adviesrapport heeft voorgesteld om limieten te stellen aan de compensatie van restemissies uit verschillende sectoren, en deze regelmatig te herzien.²¹

Daarnaast is het een politiek vraagstuk om te bepalen welke activiteiten van dusdanige maatschappelijke waarde zijn, dat het inzetten van de schaarse hoeveelheid CO₂-verwijdering daarvoor gewenst is. Uitstoot is immers zelden helemaal 'onvermijdbaar' omdat stoppen met (een deel van) een bepaalde activiteit – zoals veeteelt of luchtvaart – bijna altijd een optie is om de bijbehorende uitstoot te voorkomen.

¹⁸ WKR (2024b).

¹⁹ Zie de bijlage 'Geraadpleegde experts'.

²⁰ Deze formulering is mede gebaseerd op de *Oxford Principles for Net Zero Aligned Carbon Offsetting* (Axelsson et al., 2024). Hierin zijn de restemissies (*residual emissions*) als volgt gedefinieerd: "Greenhouse gas emissions that remain after taking all possible actions to implement emissions reductions given current resources and technology." Onze formulering neemt daarnaast dus ook de maatschappelijke en economische dimensies mee.

²¹ Zie p. 25 in WKR (2024b).

3 Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?

3.1.2 Gelijkwaardige compensatie

Het *like-for-like* principe stelt eisen aan de CO₂-verwijdering waarmee een bepaalde uitstoot gelijkwaardig kan worden gecompenseerd.²² Bij *like-for-like* compensatie wordt ten eerste het opwarmende effect van de uitstoot gecompenseerd en ten tweede vindt de CO₂-vastlegging plaats in een reservoir dat qua opslagduur en permanentie vergelijkbaar is met het reservoir waar de oorspronkelijke koolstof vandaan komt.

De eerste eis – compensatie van het opwarmend effect – betekent dat ernaar gestreefd wordt het opwarmend effect van de uitstoot op elk moment in de tijd te neutraliseren. Een maat voor het opwarmend effect is de stralingsforcering (*radiative forcing*), die uitdrukt wat het opwarmend effect is van een broeikasgas op een bepaald moment na de uitstoot. CO₂-verwijdering heeft een negatieve stralingsforcering: er is een netto koelend effect vanwege een relatief verminderd broeikaseffect. Door het juiste type en de juiste hoeveelheid CO₂-verwijdering te kiezen, heft de negatieve stralingsforcering van de CO₂-verwijdering op elk moment de positieve stralingsforcering van de uitstoot op. Netto leidt dat dan tot geen of zelfs een negatief opwarmend (dus een koelend) effect.

Een veelgebruikte maat om de benodigde hoeveelheid CO₂-verwijdering voor compensatie te bepalen, is de GWP100.²³ Deze neemt echter alleen het totale effect gedurende 100 jaar mee. Dat garandeert niet dat de compensatie op elk moment in de tijd alle stralingsforcering opheft. Methaan is bijvoorbeeld een relatief kortlevend broeikasgas en heeft daarom een relatief kortdurend maar sterk opwarmend effect. Compensatie met CO₂-verwijdering op basis van GWP100 onderschat dat effect, wat alsnog leidt tot een netto opwarmend effect op de korte termijn.²⁴

De tweede eis – dat CO₂-vastlegging moet plaatsvinden in een reservoir dat qua opslagduur overeenkomt met de bron van die koolstof – betekent dat koolstof uit de lange koolstofkringloop ook weer in de lange koolstofkringloop teruggebracht moet worden.²⁵ Fossiele uitstoot komt uit een geologisch reservoir van de lange koolstofkringloop. Die uitstoot moet dus ook worden gecompenseerd met permanente CO₂-verwijdering, die de koolstof weer terugbrengt in een geologisch reservoir van deze lange kringloop. Om diezelfde reden moet bij uitstoot van fossiel methaan de CO₂ die vrijkomt bij de afbraak ervan altijd worden gecompenseerd met permanente CO₂-verwijdering. Het *like-for-like* principe houdt bovendien in dat uitstoot uit de korte (biogene) koolstofcyclus gecompenseerd kan worden met tijdelijke CO₂-verwijderingen. Paragraaf 3.2 gaat hier nader op in.

3.2 Beslisboom: Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?

Aan de hand van de eisen uit paragraaf 3.1 kunnen we voor elke specifieke emissie bepalen of en op welke manier die in aanmerking komt voor compensatie. Het resultaat is weergegeven in de vorm van een beslisboom, zie Figuur 3. Een verdere toelichting volgt na deze figuur.

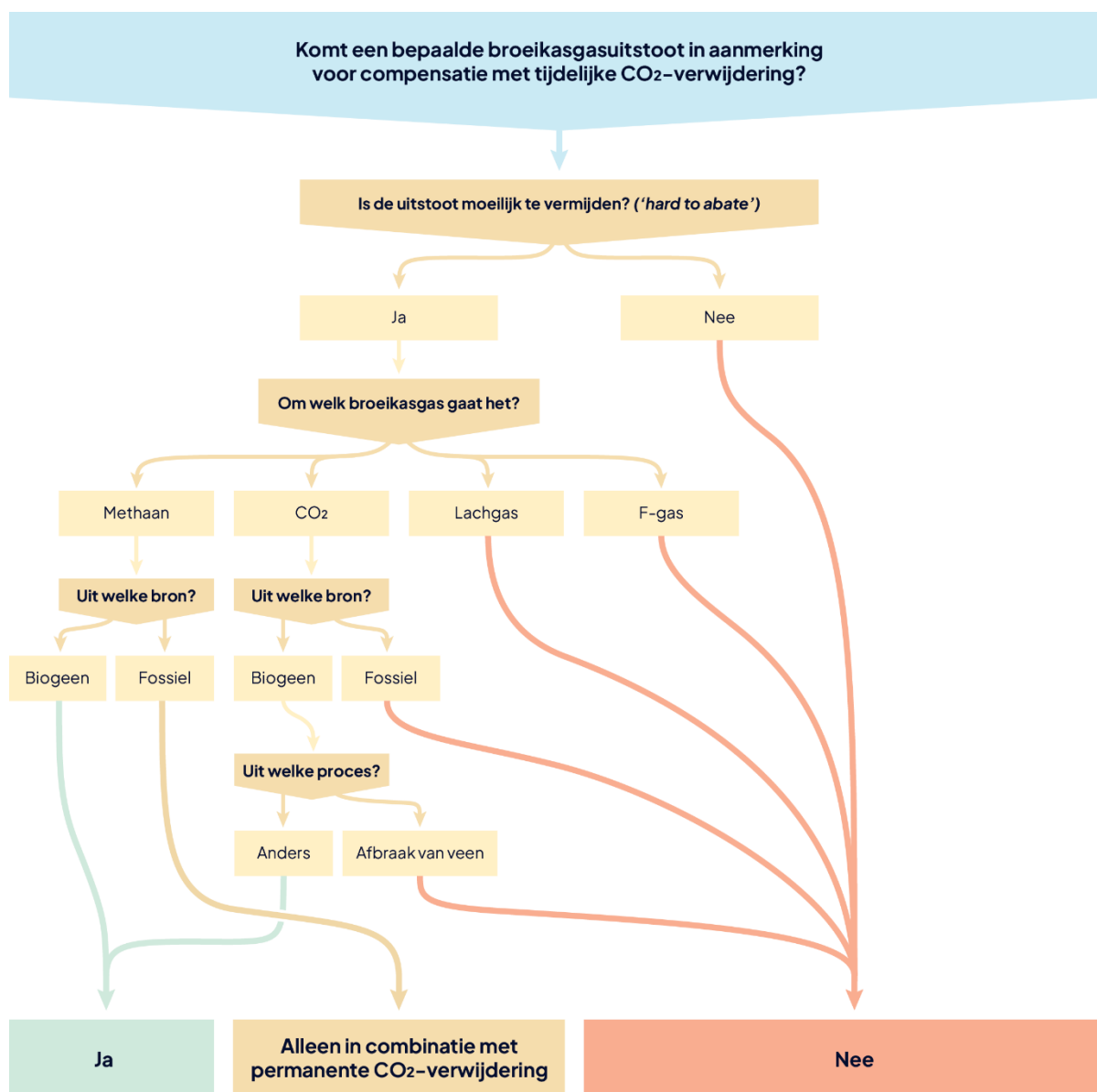
²² United Nations (2022).

²³ Het GWP (*Global Warming Potential*) is een relatieve maat, die het aardopwarmingsvermogen van een broeikasgas aangeeft vergeleken met dat van CO₂. GWP100 staat voor het opwarmingsvermogen in een periode van 100 jaar van 1 kg van een broeikasgas ten opzichte van het vermogen van 1 kg CO₂. Er kunnen echter ook andere perioden zoals 20 en 500 jaar worden gebruikt.

²⁴ Over de precieze voorwaarden voor compensatie van methaan (of andere niet-CO₂ broeikasgassen) met CO₂-verwijdering doen wij hier nu geen uitspraak, omdat de vraag niet louter wetenschappelijk beantwoord kan worden. Methaan en CO₂ zijn namelijk twee heel verschillende broeikasgassen met een ander effect op het klimaat. De keuze voor een bepaalde compensatiemethode hangt daarmee af van welk effect men precies wil compenseren, met welke zekerheid, en welke belangen daarbij vooropgesteld worden (bijvoorbeeld die van de uitstoter of toekomstige generaties).

²⁵ Zie p. 26–27 in WKR (2024b) voor een uitleg over koolstofkringlopen.

3 Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?



Figuur 3. De beslisboom is een visualisatie van het antwoord op de vraag: 'Komt een bepaalde broeikasgasuitstoot in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?' op basis van een beperkt aantal basale vragen.

We lichten de beslissingen voor de verschillende broeikasgassen, afkomstig uit verschillende bronnen en eventueel processen, hieronder verder toe:

- **Fossiele CO₂:** Volgens het *like-for-like* principe komt fossiele uitstoot alleen in aanmerking voor compensatie met permanente CO₂-verwijdering.
- **Biogene CO₂:** Volgens het *like-for-like* principe komt biogene CO₂-uitstoot die onderdeel uitmaakt van de korte koolstofkringloop in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering. Het gaat dan om uitstoot van CO₂ door landgebruik en landgebruiksveranderingen. Dat geldt echter niet voor biogene CO₂-uitstoot uit veenweidegebieden. Deze uitstoot is namelijk afkomstig uit een reservoir dat al duizenden jaren oud is, en het vergt ook weer duizenden jaren om deze koolstofvoorraad weer te herstellen. Dit geldt, om dezelfde redenen, ook voor de CO₂-uitstoot afkomstig van dooiend permafrost.
- **Fossiele methaan (CH₄):** Volgens het *like-for-like* principe komt fossiele uitstoot alleen in aanmerking voor compensatie met permanente CO₂-verwijdering. Uitstoot van fossiele methaan mag daarom niet

3 Welke uitstoot komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering?

(alleen) met tijdelijke CO₂-verwijdering worden gecompenseerd. Omdat methaan – anders dan CO₂ – een kortlevend maar sterk broeikasgas is, heeft het vooral op korte termijn een opwarmend effect. Een mogelijke toepassing van tijdelijke CO₂-verwijdering is daarom het compenseren van het korte-termijn opwarmend effect van methaan, gelijktijdig gecombineerd met permanente verwijdering ter compensatie van het lange-termijn opwarmende effect.²⁶ Voorwaarde daarbij is dat de combinatie van tijdelijke en permanente CO₂-verwijdering samen het opwarmend effect van methaan op elk moment tenietdoet.

We merken daarbij op dat het overgrote deel van fossiele methaanuitstoot met huidige technologieën en middelen te vermijden is, bijvoorbeeld door het voorkomen van lekkages bij aardgasleidingen. In dat geval voldoet deze uitstoot niet aan de eerste eis in de beslisboom en komt het dus ook niet in aanmerking voor compensatie.

- **Biogene methaan (CH₄):** Biogene methaan komt in aanmerking voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering. De redenen hiervoor zijn dat methaan koolstof bevat die afkomstig is uit de korte koolstofkringloop en dat het opwarmend effect van methaan korte tijd duurt. Ook hier geldt, net als voor biogene CO₂-uitstoot uit veenweidegebieden, dat de methaanuitstoot uit veenweidegebieden op dezelfde manier moet worden behandeld als fossiele methaan.
- **Lachgas (N₂O):** De uitstoot van lachgas is voornamelijk het gevolg van het gebruik van kunstmest, waarbij stikstofverbindingen worden toegevoegd aan de bestaande natuurlijke stikstofkringloop. De toepassing van kunstmest leidt dan direct of indirect tot lachgasuitstoot. Waar bij biogene CO₂-uitstoot de koolstof met tijdelijke CO₂-verwijdering weer in het oorspronkelijke reservoir wordt gebracht, geldt dit niet voor de stikstof uit lachgas. Omdat lachgas daarbij een lange levensduur in de atmosfeer heeft, moet het dus met permanente CO₂-verwijdering gecompenseerd worden.
- **F-gassen:** Deze broeikasgassen hebben een lange levensduur in de atmosfeer en bestonden niet voordat mensen ze begonnen te produceren; er is dus geen sprake van een natuurlijke cyclus. Ze dragen daarom in hun geheel bij aan klimaatopwarming en die bijdrage speelt op de zeer lange termijn. Daarom is tijdelijke CO₂-verwijdering geen optie voor compensatie.

²⁶ Methaan oxideert in de atmosfeer naar langlevend CO₂, dus in ieder geval het opwarmend effect van dat CO₂-molecuul moet met permanente CO₂-verwijdering worden gecompenseerd.

4 Wanneer is compensatie van emissies door tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord?

Als men na het doorlopen van de beslisboom in Figuur 3 wil overgaan tot compensatie, dan moet die aan een aantal criteria te voldoen (paragraaf 4.1). De meeste van deze criteria zijn van toepassing op alle vormen van CO₂-verwijdering, maar de manier waarop aan die criteria kan worden voldaan, kan verschillen voor permanente en tijdelijke CO₂-verwijdering. Dat geldt met name voor het risicomanagement. Daar gaan we in paragraaf 4.2 specifiek op in. In paragraaf 4.3 laten we zien dat ook op projectoverstijgend niveau verantwoordelijkheidskwesties spelen die kenmerkend zijn voor bepaalde vormen van tijdelijke CO₂-verwijdering.

4.1 Criteria voor verantwoorde compensatie

De compensatie van een broeikasgasemissie, die in aanmerking komt voor tijdelijke CO₂-verwijdering, is als verantwoord te beschouwen als aan de volgende criteria is voldaan:

1. **De omvang en duur van compensatie is wetenschappelijk verantwoord:** Dit betekent dat compensatie gelijkwaardig is, zoals uitgelegd in paragraaf 3.1. Op de vraag hoe de duur en omvang van compensatie concreet moet worden bepaald, bestaat nog geen wetenschappelijk antwoord. CO₂ en overige broeikasgassen hebben verschillende effecten op het klimaat. De vraag is hoe met CO₂-verwijdering de effecten van een ander gas, dat zich anders dan CO₂ gedraagt, teniet kunnen worden gedaan. Moet dat bijvoorbeeld op basis van de temperatuureffecten, de effectieve stralingsforcering of een bepaald *Global Warming Potential (GWP)*? Bovendien is de keuze voor een bepaalde invulling van die compensatie niet alleen wetenschappelijk. Zo valt bijvoorbeeld de vereiste hoeveelheid compensatie anders uit bij een (politieke) keuze voor GWP20 dan voor GWP100.

De benodigde duur van compensatie kan eventueel langer zijn dan de duur van een compensatieproject. In dat geval moet er na afloop van het compensatieproject in een nieuw compensatieproject geïnvesteerd worden voor de resterende duur. Zo nodig moet dit herhaald worden. Daar moeten dan wel vooraf garanties voor kunnen worden afgegeven.

2. **De realisatie van de compensatie vindt plaats in hoogwaardige CO₂-verwijderingsprojecten (*high-quality carbon removal*):** dat houdt in dat de projecten, waar de daadwerkelijke compensatie plaatsvindt, aan specifieke criteria dienen te voldoen. De set van criteria en hun uitwerking zijn nog volop in ontwikkeling. Verschillende organisaties zijn bezig met het ontwikkelen van criteria waaraan '*high-quality*' of '*high-integrity*' CO₂-verwijderingsprojecten op de vrijwillige koolstofmarkt aan zouden moeten voldoen. Voorbeelden van organisaties die zich hierop richten zijn de Europese Unie, de Integrity Council for the Voluntary Carbon Market en Carbon Direct & Microsoft.²⁷ Bedrijven vragen in toenemende mate om projecten die aan deze criteria voldoen.²⁸ Op hoofdlijnen gaat het om de volgende criteria:
 - a) De projecten zijn aantoonbaar additioneel. Dat wil zeggen dat projecten verder gaan dan wat wetenschappelijk vereist is op het niveau van de individuele exploitant en niet zouden gebeuren zonder de financiering of andere steun van het compensatieproject.
 - b) De projecten leiden niet tot afwenteling op andere duurzaamheidsterreinen en toekomstige generaties. Bij voorkeur dragen ze juist bij aan andere duurzaamheidsdoelstellingen.
 - c) De risico's op voortijdig vrijkomen van CO₂ zijn afgedekt. We spreken van voortijdig vrijkomen als er opgeslagen CO₂ vrijkomt voordat de verwachte (of geclaimde) opslagduur van een CO₂-verwijderingsproject is gehaald. Het afdekken van risico's vindt plaats door enerzijds risicominimalisatie en anderzijds adequaat risicomanagement. Dit om voorkomen dat anderen (bv. toekomstige generaties) de kosten van schadeherstel moeten dragen.
 - d) De aansprakelijkheid voor de gevolgen van voortijdig vrijkomen van CO₂ is geregeld.

²⁷ Zie Verordening (EU) 2024/3012 (2024), ICVCM (2024) en Microsoft & Carbon Direct (2024).

²⁸ Zie bijvoorbeeld de Wit (2024).

4 Wanneer is compensatie van emissies door tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord?

- e) De projecten zorgen op een meetbare en verifieerbare manier voor de beoogde compensatie en rapporteren hierover transparant.

De criteria onder punt 2 gelden voor alle CO₂-verwijderingsmethoden, maar ze vergen nog een verdere uitwerking voor de afzonderlijke methoden. Zo is de Europese Commissie bezig om, via gedelegeerde handelingen, het EU-certificeringskader toe te snijden op verschillende CO₂-verwijderingsmethoden. Pas als dit is afgerond²⁹ komt er meer helderheid over de precieze invulling van deze criteria. In ieder geval is duidelijk dat in vergelijking met permanente verwijderingen, tijdelijke verwijderingen in het algemeen een hoger risico op voortijdig vrijkomen kennen. Dit betekent dat aan projecten die tijdelijk CO₂ verwijderen, hoge eisen gesteld moeten worden aan het omgaan met risico's (zie verder paragraaf 4.2).

4.2 Management van risico's op voortijdig vrijkomen van CO₂ uit tijdelijke verwijderingsprojecten

Het verantwoord compenseren met tijdelijke CO₂-verwijdering stelt hoge eisen aan risicomanagement. Ten eerste is het nodig vooraf risico's zoveel mogelijk te inventariseren en te minimaliseren, ten tweede is blijvende risicomonitoring van belang (bv. omdat risico's kunnen veranderen als de (klimaat)omstandigheden veranderen) en tot slot moet de exploitant³⁰ vooraf maatregelen treffen voor het geval dat risico's zich daadwerkelijk voordoen. De bestaande vrijwillige koolstofmarkten maken daarvoor voornamelijk gebruik van buffers. In een buffer wordt, naast de beoogde CO₂-verwijdering, een reserve aan CO₂-verwijderingscapaciteit opgebouwd (bv. door extra bomen te planten), die in geval van voortijdig vrijkomen van CO₂ ter compensatie van de schade wordt ingezet. Het is echter al voorgekomen dat de buffers in de praktijk niet toereikend zijn.³¹ Dit vormt weer een ander type risico dat gemanaged moet worden, bijvoorbeeld door geografische spreiding van projecten en de compensatie van de schade via andere, tijdelijke of permanente, CO₂-verwijderingsmethoden.

De benodigde intensiteit van risicomanagement verschilt voor de afzonderlijke methoden van tijdelijke CO₂-verwijdering. Deze verschillen namelijk zowel in het risico op voortijdig vrijkomen van opgeslagen CO₂ als in verwachte vastleggingsduur.³² In Figuur 4 worden deze twee dimensies voor de verschillende methoden voor tijdelijke CO₂-verwijdering gevisualiseerd. Het valt op dat de verwachte opslagduur en het risico op voortijdig vrijkomen met elkaar samenhangen, maar niet een-op-een gerelateerd zijn. Zo kan opgeslagen CO₂ bij (her)bebouwing mogelijk langer worden vastgelegd dan bij houtbouw: een bos kan eeuwen blijven staan, maar eeuwenoude houten huizen zijn zeldzaam. Aan de andere kant is de kans op voortijdig vrijkomen van CO₂ die is opgeslagen in een bos groter, omdat het bos mede wordt bedreigd door natuurlijke factoren zoals bosbranden en boomziektes. Bij houtbouw zijn er minder van dit soort bedreigingen. Vanuit risicoperspectief gaat de voorkeur uit naar de inzet van methoden die een klein risico van voortijdig vrijkomen hebben.

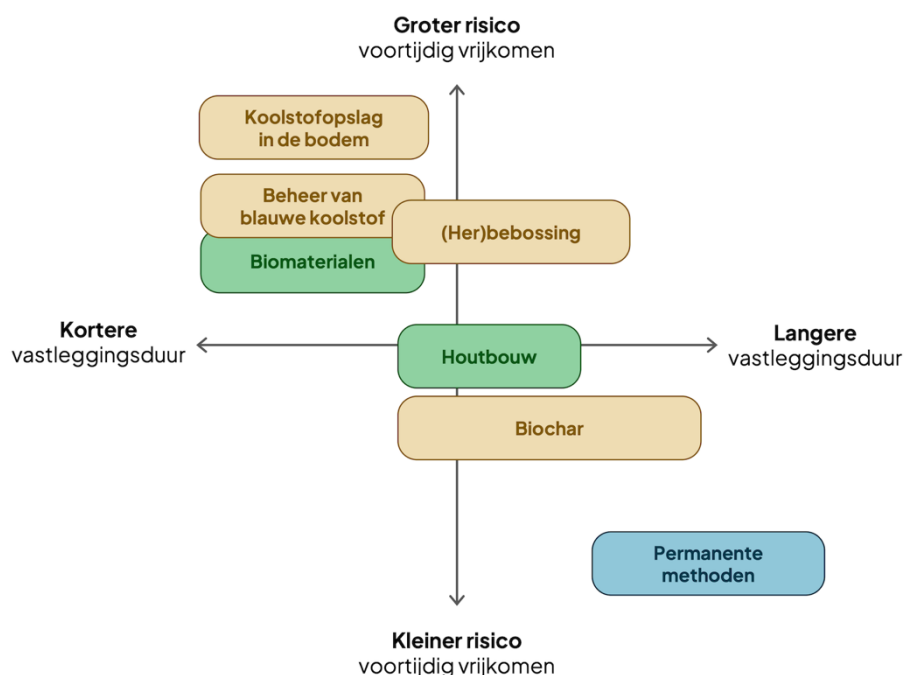
²⁹ Dat zal naar verwachting in 2025 het geval zijn, zie European Commission (2024) voor de planning.

³⁰ De exploitant is degene die het CO₂-verwijderingsproject uitvoert, de operator in het Engels.

³¹ Badgley et al. (2022).

³² Zie bijvoorbeeld Höglund (2022).

4 Wanneer is compensatie van emissies door tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord?



Figuur 4. Indeling van CO₂-verwijderingsmethoden aan de hand van vastleggingsduuren het risico op voortijdig vrijkomen. Groen staat voor tijdelijke vastlegging in producten en bruin voor vastlegging in bodems en gewassen. De assen zijn indicatief.

Een andere dimensie is de mate waarin het voortijdig vrijkomen van opgeslagen CO₂ voorspelbaar is. Bij het voorbeeld van het bos geldt dat niet alleen het risico op voortijdig vrijkomen relatief groot is, maar dat het moment waarop zoiets gebeurt moeilijk te voorspellen is. In een hete, droge zomer kan ineens een groot oppervlak aan bos afbranden of CO₂ gaan uitstoten. Bij houtbouw is het risico op voortijdig vrijkomen van opgeslagen CO₂ (bijvoorbeeld bij sloop of brand) daarentegen beperkter en is het beter te voorspellen: er is een gelijkmatiger verloop.

4.3 Verantwoorde compensatie vanuit projectoverstijgend perspectief

Als de CO₂-verwijdering op projectniveau verantwoord is, dan betekent dat niet noodzakelijkerwijs dat het op een projectoverstijgend niveau ook zo is, bijvoorbeeld op het niveau van een land of de EU. We noemen hier enkele voorbeelden.

CO₂ kan onder bepaalde omstandigheden tegelijkertijd bij meerdere tijdelijke CO₂-verwijderingsprojecten voortijdig vrijkomen

Denkbaar is dat (gekoppelde) risico's op voortijdig vrijkomen zich tegelijkertijd bij meerdere tijdelijke CO₂-verwijderingsprojecten voordoen. Denk bijvoorbeeld aan branden of plantenziektes die meerdere bosaanplantprojecten tegelijkertijd aantasten. Dit vergt ook een vorm van risicomangement over de projecten heen. Strategieën om dit soort risico's te verkleinen zijn bijvoorbeeld diversificatie in toegepaste CO₂-verwijderingsmethoden en ruimtelijke spreiding van projecten met een vergelijkbaar risicoprofiel. Als meerdere risico's zich tegelijkertijd voordoen, kan bovendien een situatie optreden waarbij individuele projecten wel verzekerd zijn, maar verzekeraars de schade niet (volledig) kunnen compenseren omdat meerdere projecten tegelijkertijd geraakt worden.³³ Deze situatie kan zich bijvoorbeeld voordoen tijdens een zomer met veel bosbranden door heel Europa.

³³ Dat kan gaan om financiële compensatie of compensatie in de vorm van CO₂-verwijderingscertificaten. Zie bijvoorbeeld Kita (2023).

4 Wanneer is compensatie van emissies door tijdelijke CO₂-verwijdering verantwoord?

Koolstoflekkage kan optreden bij grootschalige tijdelijke CO₂-verwijdering

De som van meerdere tijdelijke CO₂-verwijderingsprojecten kan leiden tot een substantiële vergroting van het areaal aan landbouwgrond (verandering in landgebruik) elders, ervan uitgaande dat de voedselvraag constant is. Daarmee draagt CO₂-verwijdering bij aan koolstoflekkage.³⁴ De verantwoordelijkheid voor het voorkomen van lekkages van deze omvang overstijgt die van de exploitant en zou op een hoger niveau belegd moeten worden.

³⁴ Mitchell-Larson en Allen (2022).

5 In hoeverre voldoet de emissieboekhouding aan de eisen voor gelijkwaardige compensatie?

Hoofdstuk 3 laat zien dat de uitstoot van een broeikasgas slechts in enkele situaties in aanmerking komt voor compensatie met tijdelijke CO₂-verwijdering. In de overige situaties mag de uitstoot alleen met permanente CO₂-verwijdering worden gecompenseerd. De huidige systematiek van de emissieboekhouding en het klimaatbeleid maken nog geen onderscheid tussen de oorsprong en de aard van de uitstoot van een broeikasgas en het type bijbehorende CO₂-verwijdering, tijdelijk of permanent. Dat betekent dat het *like-for-like* principe voor compensatie uit hoofdstuk 3 daarbij niet wordt toegepast en compensatie dus niet altijd gelijkwaardig plaatsvindt.

In dit hoofdstuk lichten we enkele tekortkomingen toe. Paragraaf 5.1 richt zich op de tekortkomingen in de emissieboekhouding. Paragraaf 5.2 geeft een serie aandachtspunten mee voor de vormgeving van het toekomstige Europese klimaatbeleid om tijdelijke CO₂-verwijdering zodanig in te zetten dat rekening wordt gehouden met de eisen aan compensatie.

5.1 Tijdelijke CO₂-verwijdering in de emissieboekhouding

5.1.1 Meetellen van tijdelijke CO₂-verwijdering in de emissieboekhouding

Binnen de boekhoudcategorie *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF) hebben de meeste tijdelijke CO₂-verwijderingsmethoden al een plek in de emissieboekhouding. Concreet gaat het om (her)bebouwing, koolstofopslag in de bodem, beheer van blauwe koolstof, biochar en houtbouw.³⁵ In principe kunnen ook biomaterialen op basis van *houtige* biomassa meegeteld worden, aangezien de voorraad koolstof in 'geogoste houtproducten' (*harvested wood products*) wordt bijgehouden. Niet alle vormen van koolstofopslag in biomaterialen vallen daar nu onder.³⁶ De koolstofopslag in biomaterialen op basis van *niet-houtige* biomassa telt nog niet mee als CO₂-verwijdering. Dit komt omdat de huidige boekhoudsystematiek ervan uitgaat dat bij de oogst van niet-houtige biomassa de daarin opgeslagen koolstof direct vergaat ('instantane oxidatie').³⁷

Of tijdelijke CO₂-verwijderingen worden meegeteld in de boekhouding is sterk afhankelijk van de gekozen inventarisatiemethode en het detailniveau daarvan. Vaak worden standaard emissiefactoren gebruikt om de netto uitstoot in een boekhoudcategorie te bepalen. Het kan daardoor gebeuren dat een individueel CO₂-verwijderingsproject niet meetelt. Er zijn voorstellen om het detailniveau van de inventarisatie te verhogen door data van individuele CO₂-verwijderingsprojecten te koppelen aan de boekhouding.³⁸

5.1.2 Tekortkomingen bij compensatie met tijdelijke CO₂-verwijderingen in de huidige boekhoudsystematiek

De huidige boekhoudsystematiek kent enkele tekortkomingen als het gaat om het omgaan met tijdelijke CO₂-verwijderingen.³⁹ Het risico hiervan is dat er op papier klimaatwinst kan worden geboekt met CO₂-verwijdering, die er in de werkelijkheid niet (volledig) is. We lichten er drie tekortkomingen uit:

- **Het *like-for-like* principe wordt niet gehanteerd in de huidige boekhoudsystematiek.** In de boekhouding is de netto broeikasgasuitstoot de som van de geregistreerde broeikasgasemissies en CO₂-

³⁵ Zie hoofdstuk 3 in Jörß et al. (2022).

³⁶ De boekhouding voor *harvested wood products* wordt gedaan met verschillende *pools*, met elk een geschatte halfwaardetijd op basis waarvan de koolstof uit die *pools* vergaat. In Nederland worden de volgende vier *pools* gehanteerd: *Sawnwood*, *Wood panels*, *Other industrial round wood*, en *Paper and paperboard* (RIVM, 2024). Houtbouw valt in de eerste drie *pools*, maar voor biokunststoffen is er nog geen geschikte *pool*. Het IPCC werkt momenteel aan een verbetering van de richtlijnen voor emissieboekhoudingen, en neemt biomaterialen ook mee onder de noemer 'durable biomass products' (IPCC, 2024, p. 20).

³⁷ Zie p. 23 in Jörß et al. (2022).

³⁸ Zie bijvoorbeeld Olesen (2023) en sectie 4.1.4 in Fallasch et al. (2024).

³⁹ Net als in hoofdstuk 3 gebruiken we 'compenseren' hier ruim: het gaat dus ook om de bijdrage die CO₂-verwijdering kan leveren aan de netto uitstoot, dus wat er 'onder de streep' overblijft aan uitstoot minus verwijderingen.

5 In hoeverre voldoet de emissieboekhouding aan de eisen voor gelijkwaardige compensatie?

verwijdering. Dit betekent dat de uitstoot van fossiele CO₂ of andere langlevende broeikasgassen weggestreept kan worden tegen tijdelijke CO₂-verwijderingen. Als dat het geval is, dan is niet voldaan aan het *like-for-like* principe.

- **De huidige boekhoudsystematiek onderschat het opwarmend effect van kortlevende broeikasgas-**
sen. Om het opwarmend effect van broeikasgassen met elkaar te vergelijken, wordt het *Global Warming Potential* (GWP) gebruikt. Op grond daarvan is het mogelijk de uitstoot van overige broeikasgas-
sen om te rekenen in CO₂-equivalenten. In de boekhouding voor het Parijsakkoord gebeurt dat op ba-
sis van een vergelijking van het opwarmend effect van een overig broeikasgas met dat van CO₂ over
een tijdsperiode van 100 jaar (GWP100).⁴⁰ Deze methode onderschat het opwarmend effect van kort-
levende broeikasgassen zoals methaan op de korte termijn, maar overschat het effect op de lange ter-
mijn. Als uitstoot van kortlevende broeikasgassen gecompenseerd wordt met (tijdelijke) CO₂-verwij-
dering kan het daardoor op de boekhouding lijken dat het volledige opwarmend effect is gecomp-
seerd, maar kan er op korte termijn toch nog een opwarmend effect zijn.
- **Doordat natuurlijke koolstofvastlegging en tijdelijke antropogene CO₂-verwijdering niet goed van
elkaar worden onderscheiden, kan de klimaatwinst van een verwijdering dubbel worden geteld en
dus overschat.** Historisch is een groot deel van de uitstoot door de mens opgenomen door natuurlijke
koolstofputten op land en in zee, waardoor het klimaat veel minder is opgewarmd dan anders het geval
zou zijn. Klimaatmodellen rekenen op deze natuurlijke koolstofputten bij de berekeningen van hoeveel
CO₂ de mens nog mag uitstoten om de Parijsdoelen te halen. Ook de definitie van klimaatneutraliteit is
gebaseerd op het idee dat bossen en oceanen door natuurlijke processen CO₂ blijven opnemen, zo-
dat netto nul broeikasgasuitstoot door actief menselijk handelen voldoende is om de opwarming te
stoppen. Als de natuurlijke vastlegging wordt meegeteld, is er geen garantie dat het bereiken van kli-
maatneutraliteit de opwarming daadwerkelijk stopt.⁴¹

Natuurlijke vastleggingen staan toch vaak in de boekhouding, omdat het in de praktijk moeilijk is deze
te scheiden van vastleggingen als gevolg van menselijk handelen. Om hier rekening mee te houden,
maakt de huidige systematiek onderscheid tussen '*managed lands*' (gronden die door mensen wor-
den beheerd of gebruikt) en '*unmanaged lands*' (gronden zonder menselijk beheer of gebruik). Op *un-*
managed lands worden uitstoot en koolstofvastleggingen niet meegeteld in de nationale boekhou-
ding. In de EU is echter het overgrote deel van het land geclassificeerd als *managed land*, en in Neder-
land zelfs al het land.⁴² Dit betekent dat alle vastleggingen in Nederlandse bossen meetellen, ook als ze
niet het gevolg zijn van direct menselijk handelen en dus eigenlijk niet op de boekhouding thuishoren.
Een voorbeeld hiervan is de vastlegging die ontstaat door extra CO₂ in de bossen (CO₂-fertilisatie of -
bemesting), die al wordt meegeteld als 'natuurlijke vastlegging' in de klimaatmodellen. Als deze vast-
legging ook nog op de boekhouding wordt meegeteld, is er dus sprake van een dubbeltelling: de-
zelfde vastlegging wordt dan zowel in de klimaatmodellen als in de boekhouding meegenomen.
Voor een land als Nederland is het effect van deze dubbeltelling relatief beperkt, maar in grotere lan-
den kan dit een groter probleem worden. Naarmate verduurzaming moeilijker wordt, kan er bovendien
een prikkel ontstaan voor landen om natuurlijke vastleggingen als actieve verwijderingen door de mens
te claimen, om zo gemakkelijker aan hun klimaatdoelen te voldoen. Dergelijke dubbeltelling sugge-
reert dan progressie of een klimaatneutrale en veilige balans, maar leidt feitelijk tot het onderschatten
van het opwarmende effect van deze uitstoot. Dit risico wordt groter naarmate er meer natuurlijke
vastlegging is, en maakt het des te belangrijker om natuurlijke en tijdelijke antropogene verwijderingen
goed te scheiden in de boekhouding of in beleid.

⁴⁰ UNFCCC (2019).

⁴¹ Allen et al. (2024).

⁴² Zie tabel 4.1 in European Union (2023), en van Baren et al. (2024).

5 In hoeverre voldoet de emissieboekhouding aan de eisen voor gelijkwaardige compensatie?

5.2 Aandachtspunten voor het inzetten van tijdelijke CO₂-verwijderingen in klimaatbeleid

5.2.1 Tijdelijke CO₂-verwijdering in uitstootdoelen

Emissieboekhoudingen worden onder meer gebruikt om te bepalen of het halen van de uitstootdoelen – zoals klimaatneutraliteit in 2050 – op schema ligt. Paragraaf 5.1.2 laat zien dat op basis van de huidige boekhoudsystematiek het risico bestaat dat de opwarming groter is dan de boekhouding suggereert, vanwege de manier waarop tijdelijke CO₂-verwijderingen meetellen.

Zo staat in de Klimaatwet dat Nederland “de netto-uitstoot van broeikasgassen uiterlijk in 2050 tot nul reduceert”.⁴³ Dat zou kunnen betekenen dat tijdelijke CO₂-verwijdering fossiele uitstoot mag compenseren, tegen het *like-for-like* principe in. In overeenstemming met onze eerdere aanbevelingen zou het toevoegen van extra voorwaarden – zoals het vereisen van een lage absolute uitstoot en het hanteren van het *like-for-like* principe – dit kunnen voorkomen.⁴⁴

In de praktijk zijn er al voorbeelden van het stellen van extra voorwaarden aan het bereiken van een uitstootdoel. Zo mag maximaal 225 MtCO_{2e} aan CO₂-verwijdering worden ingezet voor het halen van het EU-emissiereductiedoel voor 2030.⁴⁵ Dat terwijl het doel voor de LULUCF-sector is om 310 MtCO_{2e} aan CO₂-verwijdering in 2030 te realiseren: slechts een deel van die CO₂-verwijdering mag dus worden ingezet voor het 2030-doel.

5.2.2 Aandachtspunten bij het ontwerp van EU-klimaatbeleid

Binnen de huidige architectuur van het Europese klimaatbeleid bestaat beperkt de mogelijkheid om fossiele of langlevende broeikasgassen te compenseren met tijdelijke CO₂-verwijdering. Die mogelijkheid zit in het flexibiliteitsmechanisme (*LULUCF flexibility*) waarbij lidstaten CO₂-verwijdering uit de LULUCF-sector kunnen gebruiken voor het behalen van hun doelstellingen in de *Effort Sharing Regulation* (ESR) sector. Als er dan in de LULUCF-sector meer CO₂-verwijdering wordt gerealiseerd dan nodig is voor het bereiken van de LULUCF-doelen, kan die CO₂-verwijdering worden ingezet voor het bereiken van de doelen voor de ESR-sector. Dit kan ertoe leiden dat tijdelijke CO₂-verwijdering vanuit de LULUCF-sector compenseert voor fossiele uitstoot of lachgasuitstoot in de ESR-sector, wat tegen het *like-for-like* principe ingaat en dus leidt tot ongelijkwaardige compensatie. Omdat de hoeveelheid tijdelijke CO₂-verwijdering die vanuit de LULUCF-sector via dit mechanisme kan worden ingebracht, beperkt is en omdat er ook biogene CO₂- en methaanuitstoot onder de ESR-sector valt, is het risico op ongelijkwaardige compensatie echter beperkt.⁴⁶

Bij de verdere ontwikkeling van de architectuur van het Europese klimaatbeleid zijn er mogelijkheden om compensatie conform het *like-for-like* principe te waarborgen. In de volgende geplande of voorgestelde beleidssectoren bestaat er, zonder dat er extra voorwaarden worden gesteld, namelijk het risico op schending van dat principe:

- **ETS-1 en ETS-2:**⁴⁷ Beide emissiehandelssystemen hebben betrekking op fossiele uitstoot. Als het mogelijk wordt om hierin uitstootrechten te krijgen door CO₂-verwijdering te realiseren, dan zou dit beperkt kunnen worden tot permanente CO₂-verwijdering. Zie aanbeveling 3 in WKR (2024b).

⁴³ Klimaatwet (2019).

⁴⁴ Zie aanbeveling 1 en 3 in WKR (2024b).

⁴⁵ Artikel 4.1 uit de Europese klimaatwet (2021).

⁴⁶ De totale hoeveelheid CO₂-verwijdering die op deze manier kan worden ingezet is beperkt tot 262,2 MtCO_{2e} voor de periode 2021–2030, uitgesplitst over de periodes 2021–2025 en 2026–2030, en verder verdeeld over individuele lidstaten naar verhouding van hun landbouwemissies (Fridahl et al., 2023; Verordening 2023/857, 2023).

⁴⁷ ETS1: Europees emissiehandelssysteem dat zich richt op emissies van CO₂, N₂O (lachgas) en PFK's (perfluorkoolstoffen) uit energie-intensieve bedrijven zoals de elektriciteitssector, raffinage-industrie, chemische industrie, metaalsector.

ETS2: Europees emissiehandelssysteem dat zich richt op CO₂-emissies van de gebouwde omgeving, transport en andere sectoren (vooral kleine industrie die niet onder EU ETS-1 valt).

5 In hoeverre voldoet de emissieboekhouding aan de eisen voor gelijkwaardige compensatie?

- **AgETS of AFOLU-sector:**⁴⁸ Er zijn ideeën om een Europees emissiehandelssysteem voor de landbouw te creëren (AgETS) of een sector bestaande uit de landbouwsector en de LULUCF-sector (AFOLU-sector). Conform het *like-for-like* principe zou tijdelijke CO₂-verwijdering niet in aanmerking komen voor compensatie van emissies uit veenweidegebieden of van lachgas. Zie paragraaf 3.2.

⁴⁸ AgETS: Emissions Trading System for Agriculture. AFOLU: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

Afkortingen

AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Uses
AgETS	Emissions Trading System for Agriculture
CO _{2e}	CO ₂ -equivalenten
ESR	Effort Sharing Regulation
ETS	Emission Trading System
ETS-1	Europees emissiehandelssysteem 1 dat zich richt op emissies van CO ₂ , N ₂ O (lachgas) en PFK's (perfluorkoolstoffen) uit energie-intensieve bedrijven zoals de elektriciteitssector, raffinage-industrie, chemische industrie, metaalsector
ETS-2	Europees emissiehandelssysteem 2 dat zich richt op CO ₂ -emissies van de gebouwde omgeving, transport en andere sectoren (vooral kleine industrie die niet onder EU ETS 1 valt)
F-gassen	Gefluoreerde broeikasgassen
GWP	Global Warming Potential
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
Mt	megaton
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
WKR	Wetenschappelijke Klimaatraad

Referenties

- Allen, M. R., Frame, D. J., Friedlingstein, P., Gillett, N. P., Grassi, G., Gregory, J. M., Hare, W., House, J., Huntingford, C., Jenkins, S., Jones, C. D., Knutti, R., Lowe, J. A., Matthews, H. D., Meinshausen, M., Meinshausen, N., Peters, G. P., Plattner, G.-K., Raper, S., . . . Zickfeld, K. (2024). Geological Net Zero and the need for disaggregated accounting for carbon sinks. *Nature*.
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-08326-8>
- Allen, M. R., Frame, D. J., Huntingford, C., Jones, C. D., Lowe, J. A., Meinshausen, M. & Meinshausen, N. (2009). Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature*, 458(7242), 1163-1166. <https://doi.org/10.1038/nature08019>
- Axelsson, K., Wagner, A., Johnstone, I., Allen, M., Caldecott, B., Eyre, N., Fankhauser, S., Hale, T., Hepburn, C., Hickey, C., Khosla, R., Lezak, S., Mitchell-Larson, E., Malhi, Y., Seddon, N., Smith, A. & Smith, S. M. (2024). *Oxford Principles for Net Zero Aligned Carbon Offsetting (revised 2024)*. Oxford: Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford.
- Badgley, G., Chay, F., Chegwidan, O. S., Hamman, J. J., Freeman, J. & Cullenward, D. (2022). California's forest carbon offsets buffer pool is severely undercapitalized. *Frontiers in Forests and Global Change*, 5. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.930426>
- van Baren, S. A., Arets, E. J. M. M., Hendriks, C. M. J., Kramer, H., Lesschen, J. P. & Schelhaas, M. J. (2024). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands: Methodological background, update 2024* (WOT-technical report, Issue. Wageningen: WOT Natuur & Milieu.
<https://doi.org/10.18174/648278>
- Cullenward, D. (2023). *A framework for assessing the climate value of temporary carbon storage*. Carbon Market Watch. <https://carbonmarketwatch.org/publications/a-framework-for-assessing-the-climate-value-of-temporary-carbon-storage/>
- European Commission. (2024). *5th Meeting of the Carbon Removals Expert Group*. https://climate.ec.europa.eu/document/download/134fd5c7-8c2d-43d5-ba71-34a9466c6abe_en?filename=event_20241021_day_1_en.pdf
- European Union. (2023). *2023 Common Reporting Format (CRF) Table*. <https://unfccc.int/documents/627830>
- Fallasch, F., Böttcher, H., Schneider, L., Herrmann, H., Jörß, W., Siemons, A., Flohr Reija, M. & Meyer-Ohlendorf, N. (2024). *The EU Carbon Removal Certification Framework: Options for using certified removal units and funding mitigation activities*. Dessau-Roßlau: German Environment Agency. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/the-eu-carbon-removal-certification-framework>
- Fridahl, M., Schenuit, F., Lundberg, L., Möllersten, K., Böttcher, M., Rickels, W. & Hansson, A. (2023). Novel carbon dioxide removals techniques must be integrated into the European Union's climate policies. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 459. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01121-9>
- Girardin, C. A., Jenkins, S., Seddon, N., Allen, M., Lewis, S. L., Wheeler, C. E., Griscom, B. W. & Malhi, Y. (2021). Nature-based solutions can help cool the planet—if we act now. *Nature*.
<https://doi.org/10.1038/d41586-021-01241-2>
- Höglund, R. (2022). Carbon can be temporarily stored for a long time. *Marginal Carbon*.
<https://marginalcarbon.substack.com/p/carbon-can-be-temporarily-stored-for-a-long-time-4bd7f94e3156>
- ICOS. (2025). *Finland's forests have become a source of carbon*. Integrated Carbon Observation System. Geraadpleegd op 5 februari 2025 van <https://www.icos-cp.eu/news-and-events/news/finlands-forests-have-become-source-carbon>
- ICVCM. (2024). *Core Carbon Principles, Assessment Framework and Assessment Procedure*. Integrity Council for the Voluntary Carbon Market. <https://icvcm.org/wp-content/uploads/2024/02/CCP-Book-V1.1-FINAL-LowRes-15May24.pdf>
- IPCC. (2018). Summary for Policymakers. In *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>
- IPCC. (2021). Annex VII: Glossary. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 2215-2256). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/9781009157896.022>

Referenties

- IPCC. (2024). *IPCC Scoping Meeting for a Methodology Report on Carbon Dioxide Removal Technologies, Carbon Capture Utilization and Storage*. Institute for Global Environmental Strategies. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/mtdocs/pdffiles/2410_CDR_CCUS_Scoping_Report.pdf
- Jörß, W., Emele, L., Moosmann, L. & Graichen, J. (2022). *Challenges for the accounting of emerging negative and zero/low emission technologies*. Oeko-Institut. <https://www.oeko.de/publikation/challenges-for-the-accounting-of-emerging-negative-and-zero-low-emission-technologies/>
- Kita. (2023). *Fungibility Challenges in the Carbon Markets – Can carbon credits be ‘like-for-like’?* Kita. <https://www.kita.earth/blog/report-fungibility-challenges-in-the-carbon-markets>
- Klimaatwet (2019). <https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2023-07-22>
- Matthews, H. D., Zickfeld, K., Dickau, M., Maclsaac, A. J., Mathesius, S., Nzotungicimpaye, C.-M. & Luers, A. (2022). Temporary nature-based carbon removal can lower peak warming in a well-below 2 C scenario. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 65. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00391-z>
- Matthews, H. D., Zickfeld, K., Koch, A. & Luers, A. (2023). Accounting for the climate benefit of temporary carbon storage in nature. *Nature Communications*, 14(1), 5485. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41242-5>
- Microsoft & Carbon Direct. (2024). *Criteria for High-Quality Carbon Dioxide Removal (2024 edition)*. <https://www.carbon-direct.com/research-and-reports/criteria-for-high-quality-carbon-dioxide-removal>
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2024). *Ontwerp-Klimaatplan 2025-2035. Op weg naar een klimaatneutraal Nederland*. <https://www.internetconsultatie.nl/klimaatplan2024/b1>
- Mitchell-Larson, E. & Allen, M. (2022). Prosets: a new financing instrument to deliver a durable net zero transition. *Climatic Change*, 174(1), 15. <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03423-x>
- Olesen, A. S. (2023). *Linking Public and Private Greenhouse Gas Inventories in the Land Use Sector (JRC135025)*. Luxembourg. P. O. o. t. E. Union. <https://doi.org/10.2760/113045>
- PBL. (2024). *Wat zijn rechtvaardige en haalbare klimaatdoelen voor Nederland?* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. <https://www.pbl.nl/publicaties/wat-zijn-rechtvaardige-en-haalbare-klimaatdoelen-voor-nederland>
- RIVM. (2024). *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2022. National Inventory Report 2024*. Bilthoven: National Institute for Public Health and the Environment. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2024-0017>
- Schleussner, C.-F., Ganti, G., Lejeune, Q., Zhu, B., Pfeleiderer, P., Prütz, R., Ciais, P., Frölicher, T. L., Fuss, S., Gasser, T., Gidden, M. J., Kropf, C. M., Lacroix, F., Lamboll, R., Martyr, R., Maussion, F., McCaughey, J. W., Meinshausen, M., Mengel, M., ... Rogelj, J. (2024). Overconfidence in climate overshoot. *Nature*, 634(8033), 366–373. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08020-9>
- Schleussner, C. F., Ganti, G., Rogelj, J. & Gidden, M. J. (2022). An emission pathway classification reflecting the Paris Agreement climate objectives. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 135. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00467-w>
- UNFCCC. (2019). *Report of the conference of the parties serving as the meeting of the parties to the Paris agreement on the third part of its first session, held in Katowice from 2 to 15 December 2018. PA/CMA/2018/3/Add. 2*. <https://unfccc.int/documents/193407>
- United Nations. (2022). *Race to Zero Lexicon*. <https://climatechampions.unfccc.int/wp-content/uploads/2022/06/R2Z-Lexicon-2.0.pdf>
- Verordening (EU) 2021/1119 van het Europees Parlement en de Raad tot vaststelling van een kader voor de verwezenlijking van klimaatneutraliteit, en tot wijziging van Verordening (EG) nr. 401/2009 en Verordening (EU) 2018/1999 (“Europese klimaatwet”) (2021). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>
- Verordening (EU) 2023/857 van het Europees Parlement en de Raad tot wijziging van Verordening (EU) 2018/842 betreffende bindende jaarlijkse broeikasgasemissiereducties door de lidstaten van 2021 tot en met 2030 teneinde bij te dragen aan klimaatmaatregelen om aan de toezeggingen uit hoofde van de Overeenkomst van Parijs te voldoen, en van Verordening (EU) 2018/1999 (2023). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0857>
- Verordening (EU) 2024/3012 tot vaststelling van een certificeringskader van de Unie voor permanente koolstofverwijderingen, koolstoflandbeheer en koolstofopslag in producten (2024). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=OJ:L_202403012
- Winkler, K., Yang, H., Ganzenmüller, R., Fuchs, R., Ceccherini, G., Duveiller, G., Grassi, G., Pongratz, J., Bastos, A. & Shvidenko, A. (2023). Changes in land use and management led to a decline in Eastern Europe’s terrestrial carbon sink. *Communications Earth & Environment*, 4(1), 237. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00893-4>

Referenties

- de Wit, B. (2024). *Vrijwillige CO₂-markt update - juni 2024*. Geraadpleegd op 5 februari 2025 van <https://regreener.earth/nl/kennisbank/vrijwillige-co2-markt-update-juni-2024>
- WKR. (2024a). *Achtergrondrapport CO₂-verwijdering*. Den Haag: Wetenschappelijke Klimaatraad. <https://www.wkr.nl/adviezen-van-de-klimaatraad/documenten/rapporten/2024/07/10/adviesrapport-de-lucht-klaaren>
- WKR. (2024b). *De lucht klaren? Advies over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO₂-verwijdering uit de atmosfeer* (rapport nummer 002). Den Haag: Wetenschappelijke Klimaatraad. <https://www.wkr.nl/documenten/rapporten/2024/07/10/adviesrapport-de-lucht-klaaren>

Bijlage: Geraadpleegde experts

Myles Allen	Oxford University	hoogleraar Geosystem Science en directeur Oxford Net Zero Initiative
Edward Brans	Universiteit Utrecht	hoogleraar Duurzaamheid en Milieuaansprakelijkheid en advocaat bij Pels Rijken
Wolfram Jörß	Öko-Institut	onderzoeker Carbon Accounting

Achtergrondrapport: Verantwoord inzetten van tijdelijke CO₂-verwijdering

Behorend bij WKR-rapport 002: De lucht klaren? Advies over uitgangspunten en beleid voor sturing op CO₂-verwijdering uit de atmosfeer

Auteurs

Commissieleden: Heleen de Coninck (voorzitter), Sanne Akerboom en Wouter Peters

Stafmedewerkers: Tiny van der Werff (projectleider), Rens Baardman en Daan van Herpen

Beeldomslag

Hans Roggen Fotografie (2017)

© Wetenschappelijke Klimaatraad, Den Haag 2025

De inhoud van deze publicatie mag (gedeeltelijk) worden gebruikt en overgenomen voor niet-commerciële doeleinden. De inhoud mag daarbij niet veranderen. Citaten moeten altijd aangegeven zijn, bij voorkeur als:

WKR. (2025). Achtergrondrapport: Verantwoord inzetten van tijdelijke CO₂-verwijdering. Den Haag, Wetenschappelijke Klimaatraad.