

Potentie van CO2 afvang technologieën

- **Er zijn verschillende technologieën om CO2 af te vangen om het pad naar netto nul uitstoot in 2050 te ondersteunen**
- **Twee methoden om CO2 af te vangen zijn Direct Air Capture (DAC) en Direct Ocean Capture (DOC)**
- **DAC is duur omdat de concentratie CO2 in de atmosfeer relatief laag is, waardoor het proces minder efficiënt is**
- **Bovendien is DAC beperkt in schaal en vangt het minder CO2 op dan het volume van de jaarlijkse uitstoot**
- **Elektrochemische Direct Ocean Capture (eDOC) is een innovatieve maar dure technologie**
- **Ondanks de hoge kosten heeft eDOC een groter potentieel om meer CO2 af te vangen dan DAC**



Georgette Boele
Senior Econoom Sustainability
georgette.boele@nl.abnamro.com

Inleiding

Onlangs publiceerden we een ESG & Economie over de koolstofcyclus. Er zijn verschillende plaatsen om koolstof op te slaan, zoals in de lithosfeer, dat is de korst en de bovenste vaste mantel (inclusief fossiele brandstofvoorraden), in de bodem, in planten, in de oceaan en in de atmosfeer. Maar om de klimaatverandering te beperken, zouden we de koolstof die is opgeslagen in de atmosfeer moeten beperken.

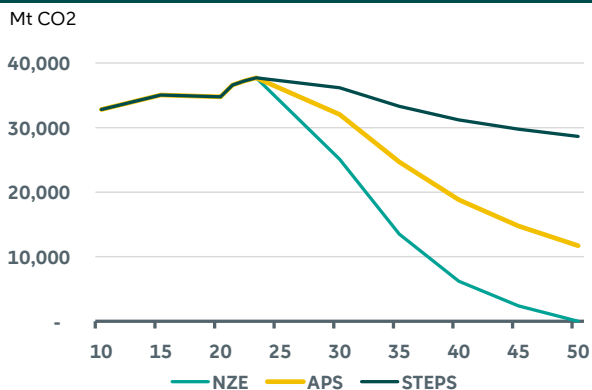
Volgens het Wereldwijde koolstofbudget is er slechts 65 Gt, 160 Gt en 305 Gt koolstof over voor de 1,5°C, 1,7°C en 2,0°C paden. Dit vertaalt zich in een CO2-budget van 238 Gt CO2, 586 Gt CO2 en 1.117 Gt CO2 voor respectievelijk de 1,5°C-, 1,7°C- en 2,0°C-paden. In het huidige tempo van mondiale uitstoot van 41,6 Gt CO2 per jaar is het budget over ongeveer 6 jaar al op voor het 1,5°C-scenario.

Dus er is behoefte aan technologieën die koolstof uit de atmosfeer halen en opslaan. Sinds afgelopen jaar hebben we verschillende rapporten gepubliceerd over het gebruik van koolstofafvang en -opslag en geo-engineering voor koolstofvastlegging. In deze publicatie richten we ons op twee technologieën, namelijk het halen van CO2 uit de atmosfeer (DAC) of het halen van CO2 uit de oceaan (DOC en eDOC). DOC is een relatief nieuwe technologie. In de volgende paragrafen vergelijken we deze technologieën en bekijken we hun voor- en nadelen. We eindigen met een conclusie.

Het halen van CO2 uit de lucht

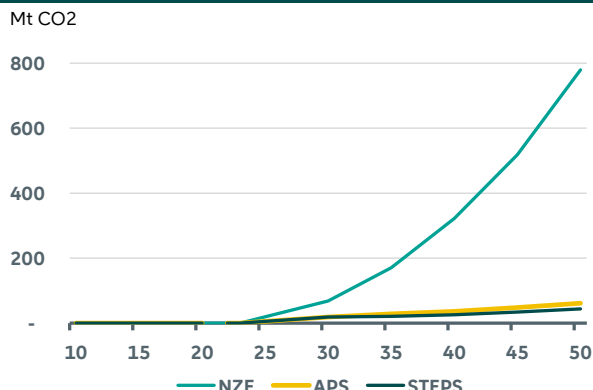
Directe luchtafvang is een technologie die CO2 uit de atmosfeer haalt om daarna op te slaan (zie [hier](#) voor meer informatie) of om te gebruiken (zie [hier](#) voor meer informatie). De grafieken hieronder tonen de CO2-emissies van het Internationaal Energieagentschap (IEA) en directe luchtafvang onder drie verschillende scenario's.

CO2-uitstoot in drie scenario's



Bron: Internationaal Energieagentschap (2024), World Energy Outlook 2024, IEA, Parijs

Directe luchtafvang (DAC) in drie scenario's

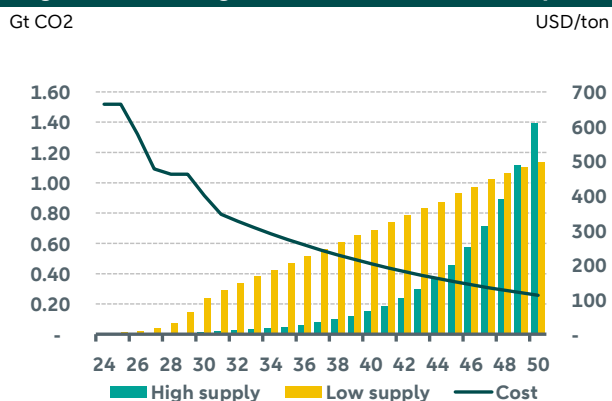


Bron: Internationaal Energieagentschap (2024), World Energy Outlook 2024, IEA, Parijs

De groene lijn vertegenwoordigt het *Net Zero-scenario* (NZE) tegen 2050, de gele lijn het *Announced Pledges Scenario* (APS) en de donkere lijn het *Stated Policies Scenario* (STEPS). In al deze scenario's is de capaciteit voor directe luchtafvang tot 2030 nog steeds onbeduidend in vergelijking met de totale CO2-uitstoot wereldwijd. Na 2030 neemt de rol van directe luchtafvang in absolute en relatieve zin toe, omdat de wereldwijde uitstoot in het NZE-scenario afneemt. In de andere twee scenario's is de rol van directe luchtafvang beperkt omdat de afgevangen CO2 uit de atmosfeer minder dan 1% van de totale jaarlijkse CO2-uitstoot blijft. Volgens het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) zal er tegen het einde van de eeuw tussen de 100-1.000 Gt CO2 uit de atmosfeer moeten worden verwijderd om de opwarming te beperken tot minder dan 1,5°C door directe luchtafvang en andere verwijderingstechnologieën.

Naast het feit dat de capaciteit beperkt is, is er nog een nadeel bij directe luchtafvang. Het is duurder dan koolstofafvang en -opslag (CCS) omdat het zeer energie-intensief is. Dit komt vooral door de lage CO2-concentratie in de atmosfeer in vergelijking met de CO2-concentratie in een rookgas voor CCS. Een groot voordeel is echter dat installaties voor directe luchtafvang overal geplaatst kunnen worden, bijvoorbeeld in de buurt van installaties voor hernieuwbare energie. Volgens *Bloomberg NEF* zullen de kosten van deze technologie in de loop van de tijd dalen van meer dan USD 664 per ton in 2024 tot USD 113 per ton in 2050. Dit is aanzienlijk meer dan de huidige EU ETS-prijzen van EUR 65 per ton (USD 71 per ton). Deze technologie wordt dus pas betaalbaar als de koolstofprijzen boven de kosten uitstijgen.

Laag aanbod en hoge kosten voor Direct Air Capture



Bron: BloombergNEF, Aanbod van 2024-2030 is gebaseerd op aangekondigde projecten en van 2031-2050 wordt voorspeld op basis van een CAGR van 25%. De kosten worden geraamd op basis van leercurves en gesprekken met spelers uit de sector. Dezelfde kostenvooruitzichten worden gebruikt voor beide DAC-voorzieningssenario's.

Het halen van CO₂ uit de oceaan

Naast directe afvang in de lucht is er een nieuwe technologie die CO₂ uit de oceaan haalt. Voordat we dieper op deze technologie ingaan, is het de moeite waard om het gedrag van CO₂ in de oceaan beter te begrijpen. In onze "ESG Economist: Het begrijpen van de koolstofkringloop" (zie [hier](#) voor meer informatie) hebben we uitgelegd hoe koolstof wordt opgeslagen in de oceaan. Dit is een complexe dynamiek. Oceanen slaan 40-50 keer meer koolstof op dan de atmosfeer. Dit komt doordat CO₂ wordt opgelost in water en onderdeel wordt van opgeloste anorganische koolstof. Dit proces gaat door totdat er een evenwicht is. Opgeloste anorganische koolstof bestaat uit CO₂ in waterige vorm, bicarbonaat en carbonaat met een evenwichtsverhouding van 1:88:11. Dit komt overeen met een pH-waarde van 8. Een groot deel van de CO₂ die door de oceaan wordt opgenomen, verandert dus in bicarbonaat en er is slechts een relatief klein deel CO₂ in waterige vorm. Hierdoor absorberen oceanen aanzienlijk meer CO₂ dan de atmosfeer. De pH van het water bepaalt deze verhouding. Een lage pH (zuurder) resulteert in meer CO₂ in waterige vorm, terwijl er bij een hogere pH meer carbonaationen zijn. Het andere evenwicht is de concentratie van CO₂ in de oceaan vergeleken met CO₂ in de atmosfeer. Als de concentratie CO₂ in zeewater lager wordt dan de concentratie in de atmosfeer, dan nemen oceanen CO₂ op uit de atmosfeer.

Er zijn verschillende technologieën die erop gericht zijn om oceanen meer CO₂ uit de atmosfeer te laten opnemen. De technologie waar we ons in deze publicatie op richten is de elektrochemische directe oceaan afvang of eDOC. eDOC maakt gebruik van en verandert de bovengenoemde evenwichten. Er zijn verschillende manieren om dit te doen, maar de voorkeur gaat uit naar methoden die vervuiling van het mariene systeem voorkomen (zie [hier](#) voor meer informatie). Deze technologie neemt het oppervlaktezeewater, voert het door een installatie en wijzigt de pH ervan. Het kan de pH substantieel verlagen tot 4 (zuurder) of verhogen tot 10 (minder zuur). Wat gebeurt er wanneer de pH van het zeewater wordt gewijzigd? Bij een pH van 4 verandert het evenwicht tussen CO₂ waterig, bicarbonaat en carbonaat in het voordeel van CO₂ waterig. Dan wordt een grote concentratie CO₂ uit het water gefilterd, waardoor de CO₂-concentratie in de oceaan lager is dan in de atmosfeer. Als gevolg hiervan neemt de oceaan weer CO₂ op uit de atmosfeer. De afgevangen CO₂ kan worden opgeslagen.

Bij een pH van 10 verandert het evenwicht tussen CO₂ in water, bicarbonaat en carbonaat ten gunste van carbonaat. Bij aanwezigheid van calcium en andere mineralen worden bicarbonaat en carbonaat gemineraliseerd tot calciumcarbonaat. Schelpen en koraalriffen zijn gemaakt van calciumcarbonaat. Koolstof wordt dus opgeslagen in deze schelpen en riffen, maar om deze schelpen en riffen te produceren is er CO₂-ademhaling. Wanneer ze sterven, zinken de schelpen naar de bodem van de oceaan en worden ze opgelost. In dit proces wordt CO₂ aan het water onttrokken.

Deze technologie ziet er veelbelovend uit, maar heeft ook nadelen. Het is een relatief nieuwe technologie en ze is nog niet opgeschaald. De technische gereedheid (TRL) van directe oceaan afvang is nu nog een pilot tot demonstratie of TRL 4-6. Bovendien is (hernieuwbare) elektriciteit nodig om deze technologie te laten werken. Tot slot heeft deze technologie ook iridium en platina nodig, afhankelijk van het prototype. De kosten liggen dicht bij die van directe luchtafvang in het geval van een colocatie met een ontziltingsinstallatie, maar de kosten zijn aanzienlijk hoger voor een zelfstandige installatie.

Conclusie

Er zijn verschillende technologieën voor het afvangen van CO₂ die ons kunnen helpen om tegen 2050 een netto nul uitstoot te bereiken. In deze notitie hebben we ons gericht op twee technologieën voor het afvangen van CO₂, namelijk Directe Luchtafvang (DAC) en Directe Oceaan afvang (DOC). Directe luchtafvang is al bekend, maar de kosten zijn nog steeds hoog door de lage concentratie CO₂ in de atmosfeer en de schaal is beperkt in vergelijking met de jaarlijkse CO₂-uitstoot. Dan is er de elektrochemische technologie voor directe oceaan afvang, die nog nieuw is en waarvan de kosten momenteel erg hoog zijn. De CO₂ prijs moet aanzienlijk stijgen om deze technologie en DAC rendabel te maken. Directe Ocean afvang zou echter succesvoller kunnen zijn omdat het gebruik maakt van de grote koolstofopslagcapaciteit van de oceaan (40-50 meer dan de atmosfeer). Ter vergelijking: de CO₂ die wordt afgevangen met de laatstgenoemde technologie is veel hoger dan de CO₂ die wordt afgevangen met de eerstgenoemde.

DISCLAIMER

Dit document is opgesteld door ABN AMRO. Het is uitsluitend bedoeld om financiële en algemene informatie over economie te verstrekken. De informatie in dit document is strikt vertrouwelijk en wordt u uitsluitend ter informatie verstrekt. Het mag niet (geheel of gedeeltelijk) worden gereproduceerd, gedistribueerd of doorgegeven aan derden of worden gebruikt voor andere doeleinden dan hierboven vermeld. Dit document is informatief van aard en vormt geen aanbod van effecten aan het publiek, noch een uitnodiging tot het doen van een dergelijk aanbod.

Er mag voor geen enkel doel worden vertrouwd op de informatie, meningen, voorspellingen en veronderstellingen in het document of op de volledigheid, nauwkeurigheid of billijkheid ervan. Er wordt door of namens ABN AMRO, haar directeuren, functionarissen, agenten, gelieerde ondernemingen, groepsmaatschappijen of werknemers geen enkele expliciete of impliciete garantie gegeven met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de informatie in dit document en er wordt geen aansprakelijkheid aanvaard voor enig verlies dat direct of indirect voortvloeit uit het gebruik van dergelijke informatie. De opvattingen en meningen in dit document kunnen op enig moment wijzigen en ABN AMRO is niet verplicht om de informatie in dit document na de datum van dit document te actualiseren.

Voordat u in een product van ABN AMRO Bank N.V. belegt, dient u informatie in te winnen over de verschillende financiële en andere risico's en mogelijke beperkingen waarmee u en uw beleggingsactiviteiten te maken kunnen krijgen op grond van toepasselijke wet- en regelgeving. Als u na het lezen van dit document overweegt om in een product te beleggen, wordt u geadviseerd om een dergelijke belegging te bespreken met uw relatiebeheerder of persoonlijke adviseur en na te gaan of het betreffende product - gezien de risico's - past binnen uw beleggingsactiviteiten. De waarde van uw beleggingen kan fluctueren. In het verleden behaalde resultaten bieden geen garantie voor de toekomst. ABN AMRO behoudt zich het recht voor om wijzigingen aan te brengen in dit materiaal.

© Copyright 2025 ABN AMRO Bank N.V. en gelieerde bedrijven ("ABN AMRO")