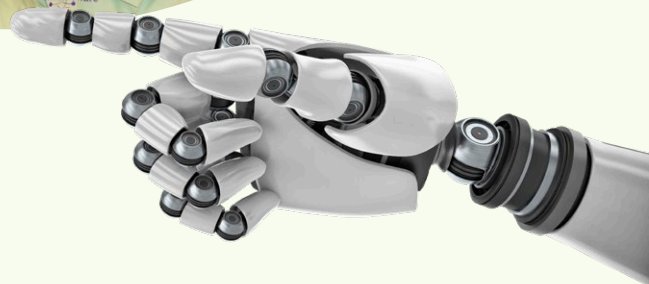


V • CO₂ produceren

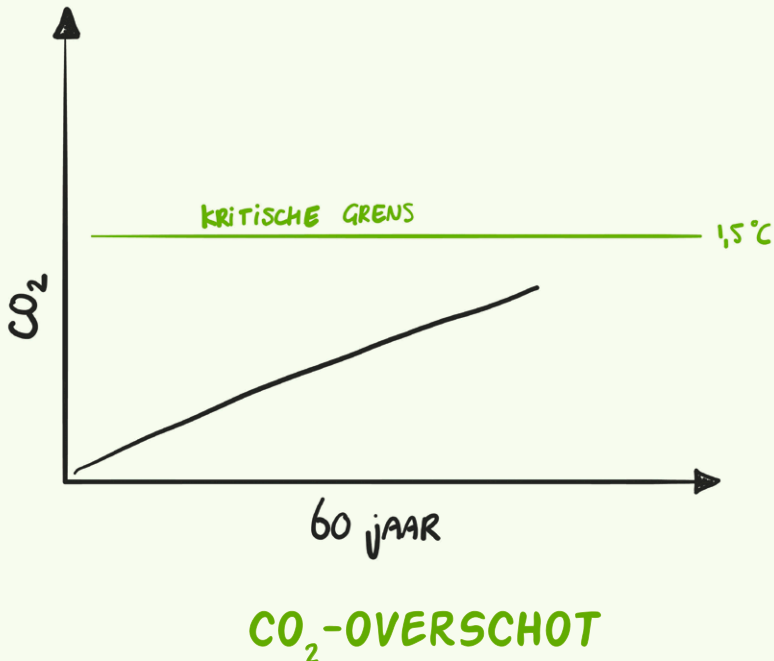
Geschreven door: Gydo Kersbergen & Rogier Westerink
Carbon Innovators



Sinds de industriële revolutie (1750) is de hoeveelheid CO₂-uitstoot van de mens exponentieel toegenomen. We ontwikkelden machines die het zware werk van ons overnamen. Onze maatschappij had steeds meer energie nodig. Deze energie werd opgewekt door het verbranden van fossiele brandstof. Daarbij komt CO₂ vrij. Deze CO₂, die door de aarde is opgeslagen, wordt door de verbranding van fossiele brandstof onnatuurlijk de lucht in geschoten. Voor een paar honderd jaar is de aarde in staat geweest om de piek in CO₂-uitstoot te compenseren. Maar na 1960 werd duidelijk dat de CO₂-concentratie in de atmosfeer toenam.

Zo speelt de mens de laatste paar honderd jaar een grote rol in de balans van de aarde. Wij hebben het natuurlijke proces uit balans gehaald door meer CO₂ te produceren dan de aarde kan verwerken.

Dat is anders in 2050. Dan gebruiken we CO₂ als grondstof. Daardoor halen we veel CO₂ uit de lucht en is de concentratie CO₂ in de atmosfeer enorm gedaald.



V.I • CO₂-CONCENTRATIE IN DE ATMOSFEER

Er is sinds 2020 veel ontwikkeling in Carbon Capture and Storage (CCS) en Carbon Capture and Utilisation (CCU). Dit zijn de processen voor het afvangen, opslaan en nuttig toepassen van CO₂. De combinatie van deze twee termen wordt Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS) genoemd. Tussen 2020 en 2050 hebben er binnen CCUS drie toepassingen plaatsgevonden voor het verminderen van de CO₂-concentratie: er is CO₂ opgeslagen in de grond, CO₂ is gebonden aan een vaste stof en CO₂ wordt aangewend op plekken waar dat nodig is. Hieronder volgt een verdere uitwerking van de drie toepassingen.

V.I.I • CO₂-opslag (CCS)

CO₂-opslag (CCS) is het afvangen van CO₂ na verbranding of vergassing van fossiele brandstoffen. De CO₂ wordt gescheiden, samengeperst en middels pijpleidingen vervoerd naar een permanente opslaglocatie diep onder de grond. Dit was in 2020 een oplossing voor het verminderen van de hoge CO₂-concentratie. In 2050 hebben we CO₂ nodig als grondstof en is CCUS een interessante oplossing. Bij CCUS wordt namelijk de opgevangen CO₂ toegepast op plekken waar dat nodig is in plaats van de CO₂ permanent op te slaan onder de grond.

V.I.II • CO₂ binden aan een vaste stof

Het toevoegen van mineralen aan CO₂ wordt ook wel minerale koolstofverbinding genoemd. Bij minerale koolstofverbinding wordt CO₂ opgeslagen in een chemische verbinding. Een voorbeeld van een mineraal dat hier tussen 2020 en 2050 voor werd gebruikt, is olivijn. Het verwerken van olivijn is effectief met het binden van CO₂ uit de lucht. Olivijn is het meest voorkomende mineraal op aarde. De Nederlandse hoogleraar Schuiling was de eerste om te ontdekken dat het mineraal olivijn broeikasgassen uit de lucht onttrekt. Al in 2009 probeerde Schuiling Den Haag ervan te overtuigen dat olivijn een oplossing was voor het CO₂-overschot. 1 ton olivijn is in staat om 1 ton CO₂ op te nemen in dertig jaar. De exacte hoeveelheid opgenomen CO₂ is afhankelijk van verschillende factoren zoals temperatuur en korrelgrootte.

Net als het opslaan van CO₂ is het binden van CO₂ aan mineralen een tussenoplossing geweest tot 2050. In 2050 is er een hoop bicarbonaat waarin veel CO₂ opgeslagen zit. Dit is het product dat ontstaat na de verwerking van olivijn. Dit bicarbonaat is een grote potentiële bron van CO₂ die we in 2050 gebruiken om juist weer CO₂ aan te onttrekken.

V.I.III • CO₂ gebruiken op plekken waar nodig (CCU)

Voorbeelden anno 2020 hiervan zijn:

- Twence is een Nederlandse afvalverwerker die jaarlijks ongeveer 200.000 ton CO₂ uitstoot. Sinds 2014 vangt Twence op kleine schaal CO₂ af uit rookgassen. De CO₂ wordt gebruikt om natriumcarbonaat van te maken (bakpoeder).
- Productie van brandstof. TNO en de Universiteit Hasselt zijn erin geslaagd om zonlicht en CO₂ te gebruiken om de brandstof methaan te produceren. Zonlicht als duurzame energiebron en CO₂ worden bij lage temperaturen omgezet in methaan dat gebruikt wordt als brandstof voor het aandrijven van chemische processen.
- De Duitse bedrijven BASF en BSE Engineering zetten CO₂ om in methanol. De partijen hebben een proces ontwikkeld waarmee ze bij industriële bedrijven CO₂ afvangen en deze vervolgens omzetten in methanol. Methanol is een belangrijke, multi-inzetbare grondstof voor de chemie.

Naast het nuttig toepassen van 'zwarte' CO₂ uit industriële processen wordt 'groene' CO₂ ook opgevangen en nuttig toegepast. Groene CO₂ is CO₂ uit de atmosfeer. Dit wordt ook wel *air capturing* genoemd. Een voorbeeld hiervan is de Zwitserse onderneming Climeworks. Climeworks zet CO₂ uit de atmosfeer om in een geconcentreerd gas. Dit gas wordt vervolgens gebruikt in diverse toepassingen zoals brandstoffen, plastics en bouwmaterialen.

V.II • CO₂ als grondstof in 2050

In 2050 zijn we goed op weg met het verminderen van onze CO₂-uitstoot. De CO₂-concentratie in de atmosfeer is door middel van CCUS enorm gedaald en weer terug in balans. De ontwikkelingen zijn nu zo ver dat we CO₂ gebruiken als grondstof. Daardoor is er in 2050 in verschillende sectoren en voor diverse toepassingen een enorme vraag naar CO₂:

Land en- tuinbouw

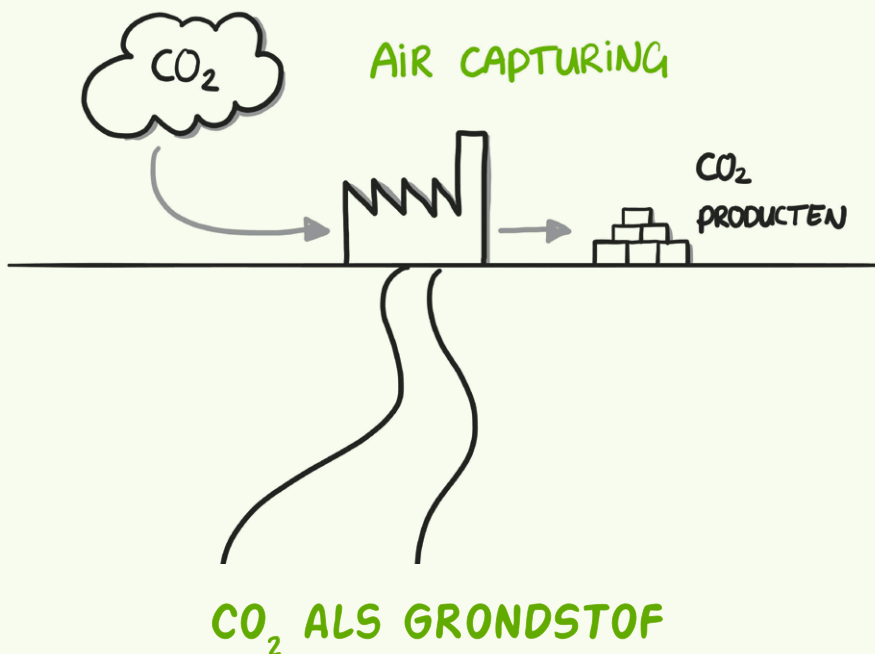
In 2050 wordt op een andere manier voedsel geproduceerd. Zo is verticale landbouw een gangbare manier van voedsel produceren en past men technologieën toe gericht op het herontwerpen van fotosynthese in planten. Deze revolutie in de voedselproductie zorgt ervoor dat er meer gewassen geproduceerd worden op minder vierkante meters. Het gevolg is dat er meer landbouwgewassen zijn die sneller groeien, groter worden en meer CO₂ opnemen uit de lucht. De concentratie CO₂ in kassen zit in 2020 op een niveau van minimaal 1.000 ppm. Ter vergelijking:

in de atmosfeer is in 2019 een CO₂-waarde van >415 gemeten (een waarde boven de 375 ppm tast het leven op aarde aan).

Gewassen die niet kunnen worden geteeld in kassen, worden geproduceerd met behulp van agrobosbouw en agro-ecologie. Ondanks dat deze gewassen niet in een beschermde omgeving worden geproduceerd, is door innovatie en technologie meer opbrengst per hectare (ha) gerealiseerd. Ook hier geldt dat meer opbrengst vraagt om extra CO₂. Hiervoor wordt CO₂ via de grond aangevoerd door de concentratie in de grond te verhogen. Denk bijvoorbeeld aan het 'extra' uitrijden van geconcentreerde mest waardoor de CO₂-concentratie in de grond wordt verhoogd.

Het fabriceren van producten en materialen

In 2050 zijn er CO₂-fabrieken die eigen air capturing-systemen hebben waarmee ze CO₂ uit de lucht afvangen en verwerken in producten. De opgevangen CO₂ wordt ingezet om tal van producten te maken. Zo wordt kunststof niet meer gemaakt uit aardolie, maar uit CO₂. Dit betekent dat petflessen een negatieve CO₂-voetafdruk hebben. Ook medicijnen worden gemaakt van CO₂. De fossiele grondstoffen die in 2020 werden gebruikt om chemische bouwstoffen te maken voor medicijnen, zijn in 2050 vervangen door CO₂.



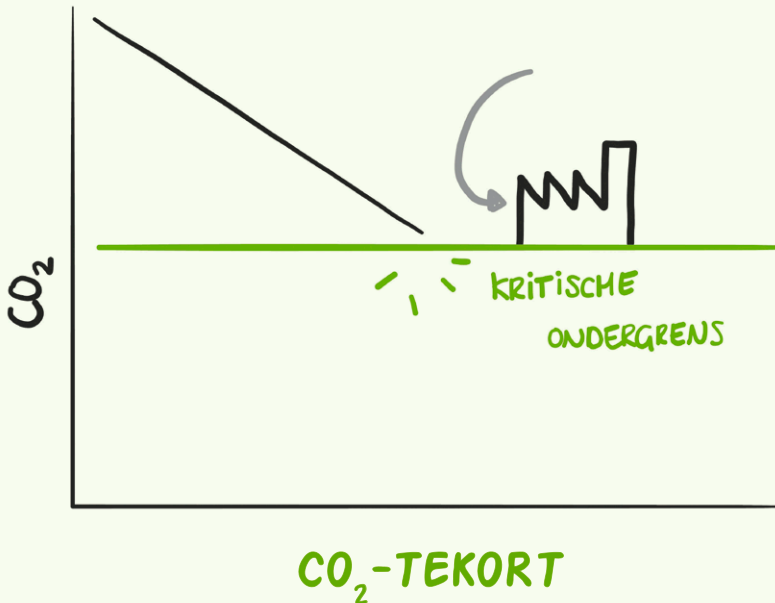
Er zijn veel huizen gebouwd met materialen die broeikasgassen direct of indirect uit de lucht halen. Denk bijvoorbeeld aan beton waar CO_2 aan is toegevoegd of stenen die bij het uitharden broeikasgassen aan de lucht onttrekken.

Brandstof maken van CO_2

CO_2 wordt in 2050 door fabrieken op grote schaal omgezet in bruikbare brandstoffen. CO_2 wordt bijvoorbeeld omgezet in ethaan of methaan. Productie van deze brandstoffen vindt plaats door CO_2 te laten reageren met waterstofgas. Dit wordt gedaan met behulp van elektriciteit uit de kernfusiecentrale.

V.III • CO_2 -fabriek

We leven in 2050 in een CO_2 -neutrale maatschappij. Er wordt nauwelijks meer CO_2 uitgestoten in de atmosfeer. Bovenstaande paragraaf laat juist zien dat de vraag naar CO_2 sterk is toegenomen door de hoogwaardige toepassing ervan in producten, materialen en land- en tuinbouw. Niet overal is de vraag naar CO_2 aanwezig. De vraag richt zich op specifieke locaties bij bovengenoemde toepassingen.



Er zijn dus lokale oplossingen gevonden om de concentratie CO₂ in de atmosfeer in balans te brengen en CO₂ op gerichte locaties toe te passen zodat het benodigde ppm-niveau wordt verkregen. Rondom productielocaties die CO₂ als grondstof gebruiken, zijn CO₂-fabrieken ontstaan die de omliggende productielocaties voorzien van voldoende CO₂. Er wordt op verschillende manieren CO₂ 'gewonnen'. Afhankelijk van de omgeving zijn er drie verschillende typen CO₂-fabrieken (onttrekken, afvangen en creëren) die hieronder worden besproken.

V.III.I • CO₂ onttrekken uit de lucht (air capturing)

Er zijn in 2020 zogenoemde air capturing-fabrieken die CO₂ uit de lucht onttrekken. Zij hebben de functie om de CO₂-concentratie omlaag te brengen. In 2050 is dat niet meer nodig, aangezien de concentratie weer tussen de 250 en 350 ppm is. Deze fabrieken filteren in 2050 nog wel CO₂ uit de lucht, mits er voldoende CO₂ in de atmosfeer zit. Zij transporteren deze vervolgens naar omliggende glastuinbouwbedrijven of andere producenten die CO₂ nodig hebben voor hun productieproces. Omdat de CO₂-concentratie in de atmosfeer is afgenomen, is het niet voldoende om alleen CO₂ uit de lucht te filteren. Er zijn ook fabrieken ontstaan die op andere manieren CO₂ produceren.

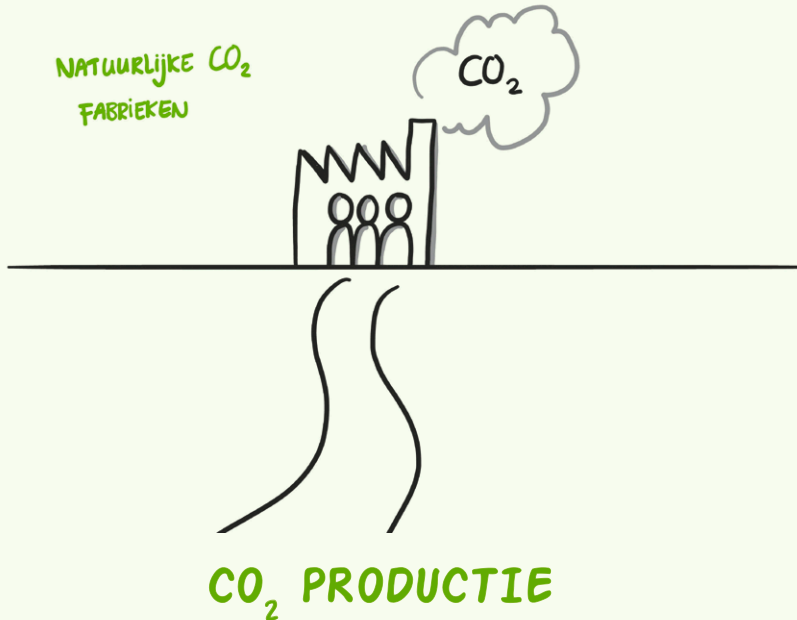
V.III.II • CO₂ afvangen uit een bestaand productieproces

Er komt nog altijd CO₂ vrij bij essentiële processen. Het zou zonde zijn als deze CO₂ zomaar de lucht in wordt geschoten. Daarom wordt de CO₂ opgevangen bij het vrijkomen. Deze opgevangen CO₂ wordt vervolgens als grondstof gebruikt in andere lokale processen, zoals verticale landbouw. Deze vorm van landbouw zal daarom gevestigd zijn in de buurt van de industrie in de productiering, aan de rand van de stad, waar veel CO₂ vrijkomt.

V.III.III • Bewust CO₂ creëren

Het verkrijgen van hoge concentraties CO₂ wordt in 2050 bewust geproduceerd. Er wordt bewust gecreëerd om de hoeveelheid gewonnen CO₂ uit bestaande processen en de atmosfeer aan te kunnen vullen. In het verleden creëerden we CO₂ door het verbranden van (aard)gas en het verstoken van kolen. De CO₂-productie was toen een bijproduct. Dit is in 2050 omgedraaid. Dan zijn er CO₂-fabrieken die op een natuurlijke manier hoge concentraties CO₂ produceren, puur voor het

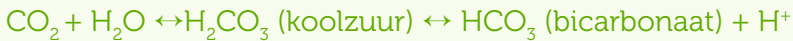
winnen van CO_2 . Ook deze fabrieken bevinden zich in de buurt van andere plekken waar de vraag naar CO_2 groot is.



V.III.IV • CO_2 inspired by nature

Kijkend naar de natuur zijn er verschillende manieren voor het produceren van hoge concentraties CO_2 . Het toepassen van olivijn was een manier voor het verminderen van de hoge CO_2 -concentratie in de atmosfeer. Leuk en aardig in 2020, maar in 2050 hebben we juist een tekort aan CO_2 . Een natuurlijke manier van CO_2 -productie is het gebruiken van bicarbonaat. Bicarbonaat is het product dat vrijkomt bij de verwerking van olivijn. In bicarbonaat zit CO_2 opgeslagen. Bicarbonaat wordt omgezet naar CO_2 via een natuurlijk proces, koolzuuranhydrase, dat ook in ons lichaam voorkomt.

Bicarbonaat (HCO_3) is een bijproduct van ons metabolisme. Het bloed brengt bicarbonaat naar de longen dat vervolgens wordt uitgeademd in de vorm van CO_2 . Ons lichaam is een biologische CO_2 -fabriek.



Dit proces dat in ons lichaam plaatsvindt, wordt in 2050 op grote schaal toegepast. Met dit proces kan de opgeslagen CO₂ in bicarbonaat om worden gezet naar puur CO₂ in gasvorm. Een bijkomend voordeel is dat voor dit proces weinig energie nodig is en er geen afval bij vrijkomt.

Het verhogen van de pH is een ander natuurlijk proces om CO₂ te verkrijgen. Door de pH te verhogen, slaat uit een verzadigde calciumcarbonaatoplossing (calciumcarbonaat is een bouwsteen voor het maken van cement) calciëter. Bij dit proces komt CO₂ vrij en zijn calciëter en water het bijproduct. Calciëter is een natuurlijk mineraal.

V.III.V • CO₂ recyclen

Tot slot is het in 2050 mogelijk om opgeslagen CO₂ te recyclen. CO₂ is een bouwstof die in veel producten voorkomt, in verschillende vormen en maten. We zijn in staat om deze opgeslagen CO₂ terug te winnen en om te zetten naar pure CO₂ in gasvorm.

Twee voorbeelden hiervan zijn asfalt en beton. Dit zijn twee producten waar enorm veel CO₂ in opgeslagen zit. We maken steeds minder gebruik van wegen door het gebruik van drones. Dit asfalt en beton wordt als het niet meer nodig is verwerkt als grondstof voor nieuwe producten en processen. Bij de verwerking van asfalt en beton komt opgeslagen CO₂ vrij die vervolgens wordt opgevangen en opnieuw wordt toegepast.

Naast asfalt en beton zijn er nog tal van andere producten en materialen waarin CO₂ is opgeslagen. De CO₂-fabrieken in 2050 gebruiken in plaats van fossiele brandstoffen recyclebare materialen om CO₂ te kunnen produceren. De CO₂ die vrijkomt bij het recyclen van producten en materialen wordt vervolgens weer gebruikt als grondstof voor nieuwe producten.

V.IV • Conclusie: een CO₂-tekort in 2050?

In 2050 is de vraag naar CO₂ als grondstof hoog en is de uitstoot van CO₂ sterk verlaagd. De infrastructuur is zo ingericht dat we met CO₂-neutrale voertuigen rijden, varen en vliegen. Energie wordt opgewekt zonder verbranding van fossiele

brandstoffen. Bouwen doen we klimaatneutraal met lokaal beschikbare materialen. CO₂ wordt steeds vaker als grondstof ingezet, als bouw materiaal en als extra toevoeging voor het produceren van ons voedsel. De markt vraagt dus om CO₂.

Al deze ontwikkelingen en innovaties zorgen er samen voor dat de CO₂-concentratie in de lucht omlaaggaat. Een te lage CO₂-concentratie in de atmosfeer is echter ook schadelijk. Planten hebben CO₂ nodig om te kunnen groeien. Een te lage CO₂-concentratie betekent dat planten niet meer groeien en dat mens en dier zullen uitsterven.

Het opvangen en aanmaken van CO₂ is de uitdaging in 2050. Het streven is een CO₂-concentratie tussen de 250 en 350 ppm in de atmosfeer.