

Auteur R. (Ruben) Pelzers MSc, lid van TVVL Expertgroep Circulaire Installaties

De CO₂-markt en koolstofbudgetten als standaard voor projecten met klimaatneutrale ambitie

CO₂-equivalenten spelen een essentiële rol in de ambitie van klimaatneutrale gebouwen of gebouwen met een vastgesteld koolstofbudget. Een klimaatneutraal gebouw streeft naar het reduceren van alle CO₂e emissies, zowel afkomstig van materialen als van operationeel gebruik, gedurende de levenscyclus van het gebouw. Een gebouw met een koolstofbudget hanteert een vooraf bepaalde limiet voor alle CO₂e emissies tijdens zijn levenscyclus. Door zowel de 'embodied carbon' (de koolstofvoetafdruk van materialen) als de 'operational carbon' (de koolstofvoetafdruk van energieverbruik) van het gebouw te identificeren, kunnen er maatregelen worden genomen om een klimaatneutrale benadering te bevorderen. Als operationele CO₂e emissies niet met energiebesparende maatregelen verminderd kunnen worden, bestaat de mogelijkheid om deze (tijdelijk) te compenseren door CO₂-certificaten aan te schaffen op een openbare CO₂-markt. Immers wanneer we een klimaatneutraal elektriciteitsnet hebben, dragen energiebesparende maatregelen niet meer bij aan CO₂-besparing.

CO₂-equivalenten

In editie 4 van TVVL Magazine dit jaar is een artikel gepubliceerd over CO₂-equivalenten als een essentiële indicator voor de milieutechnische verbetering van installatietechniek in gebouwen [1]. Deze aandacht werd gewekt naar aanleiding van het fabrieksbezoek van de TVVL Expertgroep Circulaire Installaties (EG CI) op 14 maart dit jaar aan Carrier Montuel in Frankrijk. Na dit bezoek is er besloten dieper in te gaan op het onderwerp, vandaar dit vervolgartikel.

Bij de Franse R&D-afdeling van Carrier ligt al een decennium de focus op LCA (levenscyclusanalyses) en benchmarking om hun producten

milieutechnisch te optimaliseren. Een LCA kan, afhankelijk van de gebruikte methodiek, meer dan 15 milieutechnische indicatoren bevatten. Dit vormt de basis voor het inhoudelijke deel van ons artikel.

Vanuit onze expertgroep is in 2021 een eenvoudige methodologie gepresenteerd in TVVL Magazine om de koolstofvoetafdruk van klimaatconcepten in CO₂eq. te berekenen, aangezien LCA's complex zijn, vanwege bijvoorbeeld benodigde data, de waardering van milieu-impact of complexe rekenmodellen [2, 3]. Het is belangrijk op te merken dat de operationele fase van een gebouw aanzienlijk kan bijdragen aan de totale koolstofequivalenten van de levensloop



van een gebouw. De operationele koolstofuitstoot kan in verhouding staan tot de materiaalgebonden koolstofuitstoot met een verhouding van wel 11-22:1 of zelfs meer [4].

Vanuit nationaal perspectief zijn de operationele koolstofemissies uit de gebouwde omgeving zelfs goed voor 10% van de totale emissies van Nederland [5]. Het Akkoord van Parijs, aangenomen in december 2015, streeft ernaar de opwarming van de aarde te beperken tot ruim onder de 2°C boven pre-industriële niveaus, met een poging om het te beperken tot 1,5°C.

Paris Proof

"Paris Proof" verwijst naar de doelen van het Akkoord van Parijs. Voor Nederland is het daarom noodzakelijk een nationale CO₂-budget vast te stellen. In het project "Paris Proof Materiaalgebonden voor de Whole Life Carbon Aanpak" van het DGBC (Dutch Green Building Council) onderzoekt NIBE het Nederlandse budget en stelt dit vast op 909 miljoen ton CO₂-equivalent. Voor materialen in de bouwsector is dit budget bepaald op 100 miljoen ton CO₂-equivalent, wat 11% van het totale Nederlandse budget is [6]. De jaarlijkse uitstoot van Nederland is 181,1 M ton CO₂-eq. (2019) [7]. Dit betekent dat we binnen 5 jaar, dus vóór 2030, ons in Parijs vastgestelde budget al hebben opgebruikt. Het halen van dit doel voor 2030 is waarschijnlijk

zowel technisch als financieel niet haalbaar, wat de urgentie van klimaatneutraal bouwen en bouwen met een koolstofbudget onderstreept. Hierdoor worden 2050 en 2040 als streefjaren genoemd.

Het 'Paris Proof' scenario houdt in dat het energieverbruik slechts 1/3 is van het huidige verbruik en dat het elektriciteitsnet klimaatneutraal is. Dit betekent dat in alle gebouwen het energieverbruik met 2/3 moet verminderen en dat de koolstofvoetafdruk van het elektriciteitsnet naar 0 CO₂e/kWh moet dalen door het toenemende gebruik van duurzame energie. De Paris Proof Commitment, ondertekend door 94 partijen noemt 2050 als streefjaar [8]. De ambitie is dus te laag vanwege het koolstofbudget genoemd in [6], en dus vermoedelijk hierdoor door de DGBC aangescherpt naar 2040 [8]. De WEii (de Werkelijke Energie intensiteit indicator) hanteert momenteel 2050 [9], maar het jaar 2040 zou de urgentie van de situatie beter weerspiegelen.

Het koolstofbudget voor materiaalgebonden koolstofemissies in gebouwgebonden installaties

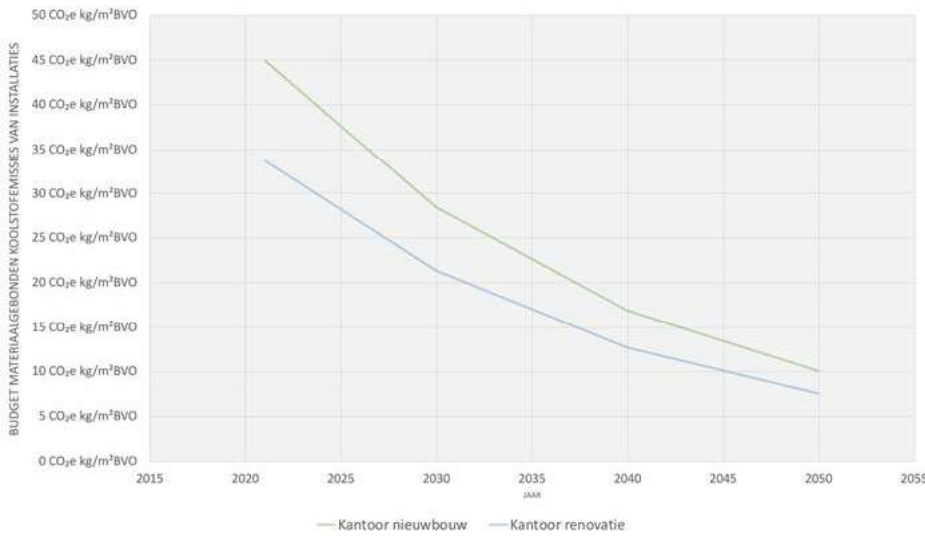
Door het toepassen van koolstofbudgetten in bouwprojecten kunnen we de CO₂-uitstoot beperken. Voor kantoorgebouwen hanteert men bijvoorbeeld een grenswaarde van 250 kg CO₂e per m² BVO voor emissies gerelateerd aan materialen [10, 11]. Volgens de DGBC wordt ongeveer 18% hiervan toegeschreven aan de koolstofemissies van materialen in gebouwgebonden installaties [5], wat neerkomt op 45 kg CO₂e per m² BVO. In de loop der tijd neemt dit budget af als gevolg van CO₂-emissies die de resterende reserves in het landelijk budget doen afnemen.

Het Rekenprotocol Paris Proof Materiaalgebonden Emissies van de DGBC [11] vermeldt verschillende soorten gebouwen en projecten. Koolstofemissies gerelateerd aan materialen, kunnen zich over de levensduur van een gebouw verspreiden, bijvoorbeeld door herbesteding of het bereiken van het einde van de levensduur [5]. Bij herbesteding of einde levensduur kunnen materialen vervangen of verwijderd worden, wat de emissies beïnvloedt. Echter, voor het koolstofbudget van materiaalgebonden emissies in gebouwgebonden installaties heeft dit geen effect.

In Figuur 1 wordt het koolstofbudget voor materiaalgebonden koolstofemissies van een nieuwbouw kantoor weergegeven, zoals bepaald is op basis van [5] en [11]. Andere gebouwen in de utiliteits- en industriële sector resulteren in vergelijkbare cijfers bij berekeningen.



Foto 1: Een kijkje in de fabriek van Carrier in Montuel, Frankrijk (Bron: Carrier).



Figuur 1: De grenswaarden materiaalgebonden CO₂e voor gebouwgebonden installaties in kantoren, bepaald op basis van kengetallen van de DGBC.

Het koolstofbudget voor operationele koolstofemissies van gebouwgebonden installaties.

Het operationele koolstofbudget gaat over de energie-emissies gedurende de levensduur van een gebouw. Als uitgangspunt worden de WEii-classificaties [8] op de WEii-website genomen. Energieprestaties variëren per bouwtype en classificaties. Er wordt uitgegaan van de Parisproof classificatie [12]. Voor een volledig elektrisch nieuwbouwkantoor kan een specifieke grenswaarden vaststellen, gebaseerd op 0,4 Mt CO₂e/kWh [1] in figuur 1. Het budget voor ons volledig elektrisch nieuwbouwkantoor is 29 CO₂e kg / m²/jaar.

Ontwerpen met koolstofbudget

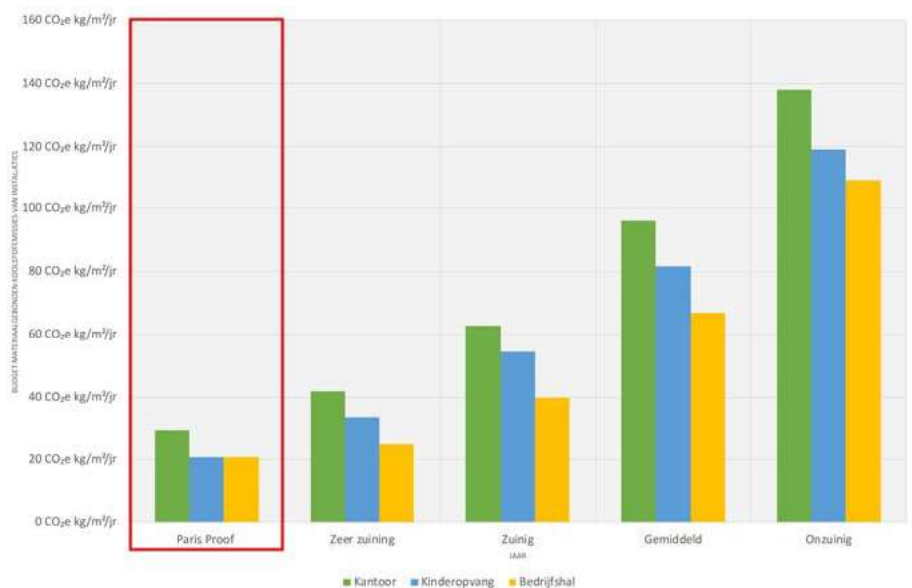
Wanneer in een project ervoor wordt gekozen om een koolstofbudget of klimaatneutrale doelstelling op te nemen in het Plan van Eisen (PvE), kan men een vereenvoudigde methode gebruiken om het totale

koolstofbudget te berekenen. Het koolstof budget is een vaste waarde hoeveelheid CO₂e kg die per m² gebouwd oppervlak wordt bepaald. Binnen het bouwproject kan worden “geschoven” met dit m² budget om meer of betere uitgangspunten te verkrijgen voor de technische uitgangspunten van het ontwerp. Een vereenvoudigde bepaling van het koolstofbudget wordt voorgesteld als:

$$WLC_b = EC_b + OC_b + ELC_b + RC_b$$

Waarbij **WLC_b** (whole life carbon budget) het totale koolstof budget is, in CO₂e kg/m². **EC_b** (embodied carbon budget) is materiaal gebonden koolstof is, in CO₂e kg/m². **OC_b** (operational carbon budget) in CO₂e/m², **ELC_b** (End-of-life carbon budget) is het einde levensduur koolstofbudget, in CO₂e kg/m² en **RC_b** (Refurbishment / Replacement carbon budget) is renovatie en vervangings koolstofbudget, in CO₂e kg/m². Voor **ELC_b** en **RC_b**

Figuur 2: De grenswaarden materiaalgebonden CO₂e voor gebouwgebonden installaties in bouwtypen kantoren, kinderopvang en bedrijfshallen voor de WEii-classes [13], waarbij het gebouw volledig elektrisch is. Paris proof is de grenswaarde voor een gebouw met koolstofbudget en is omkaderd.



wordt nul aangenomen om enige eenvoud te borgen verderop in het artikel. OC_b kan verder uitgedrukt worden in een gemiddeld jaarbudget:

$$OC_{b;gem;jr} = \frac{OC_b}{t_{lc}}$$

Waarbij $OC_{b;gem;jr}$ het gemiddelde jaar budget voor operationele emissies is, in CO₂e kg/m². t_{lc} is het aantal jaar dat de installatie meegaat. Omdat het een budget is betekent het dat korte levensduur van het gebouw geeft, dus hogere jaarlijkse koolstofbudgetten voor operationele activiteiten.

Het aantal jaar van levensduur is afhankelijk van bedrijfs- of gebouwactiviteit en moet zorgvuldig worden ingeschat om een te korte of lange duur te voorkomen. Normen zoals NEN 1990, NEN 2767-2, NEN-ISO 15686 en NEN 8006 geven richtlijnen voor levensduurbepaling. Voor het besproken nieuwbouwkantoor in dit artikel is een levensduur van 20 jaar voor de installaties aangehouden. Het koolstofbudget voor een nieuwe all-electric kantoorgebouw is dan 630 CO₂e kg/m²BVO. De verhouding tussen materiaal en operationeel (= OC_b/EC_b) is 13.

Verdisconteren

CO₂e kan prijzmatig worden uitgedrukt, waardoor het budget gecorrigeerd worden op basis van het aankoopmoment van de CO₂. Bij aanschaf van koolstofkrediet aan het begin van de levensduur van een gebouw voor klimaatneutraliteit, stelt een verdisconteringsfactor f ons in staat meer koolstofkrediet voor dezelfde prijs te verkrijgen, doordat toekomstige koolstof duurder wordt aangeschaft. Hiermee

wordt effectief extra koolstofkrediet verkregen met dezelfde budgetprijs.

Dit is uit te drukken met:

$$OC_{b;gecorrigeerd} = \frac{OC_b}{f_c}$$

In aanvulling op (3), kan worden gedefinieerd dat:

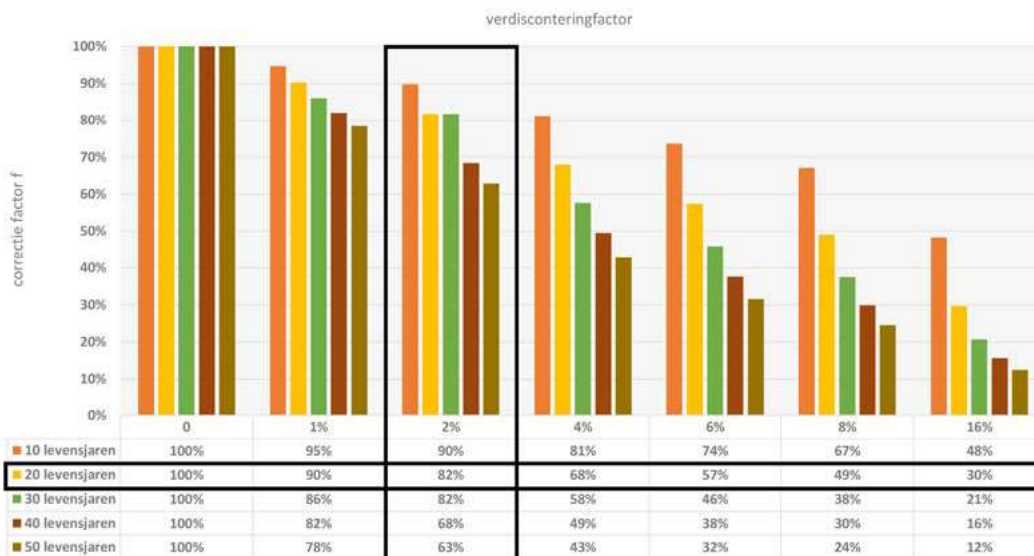
$$f_c = \frac{\sum^{t_{lc}} 1/(1+n)^{t_{lc}}}{t_{lc}}$$

Bij (3) en (4), is n de verdisconteringsfactor, t_{lc} is het aantal jaar dat de installatie meegaat en f_c is de correctiefactor.

Als de Europese streefinflatie van 2% wordt gehanteerd, dan is voor het genoemde nieuwbouw kantoor met 20 levensjaren voor de installatie de correctiefactor f 82%. Overige bepaalde correcties zijn weergegeven in Figuur 3.

Invloed elektriciteitsnet op EC

Een andere factor die het operationele koolstofbudget beïnvloedt, is de koolstofvoetafdruk van energiedragers. Dit artikel focust op het elektriciteitsnet. Volgens [1] is de huidige uitstoot 0,4 kg CO₂e/kWh in Nederland, maar in het Parisproof scenario dit in 2040 0 kg CO₂e/kWh zijn en dus klimaatneutraal is. Dit betekent dat een gebouw in de toekomst meer elektrische energie kan verbruiken zonder dat het jaarlijkse koolstofbudget verandert. Gebouwegebonden installaties in andere EU-landen kunnen bij hetzelfde operationeel budget tot zelfs 6 keer meer aan energie verbruiken [1]. De verhouding tussen operationele koolstof emissies en materiaalgebonden koolstofemissies, de OC_b/EC_b -verhouding is geschat tussen de 11



Figuur 3: Verdisconteringsfactor uitgedrukt per correctie factor f . Wanneer de Europese streefinflatie van 2% wordt gehanteerd voor de verdisconteringsfactor wordt voor 20 levensjaren, de correctiefactor f is 82%.

en 22 op basis van [4, 1] in NL. Wanneer het Nederlandse elektriciteitsnet eerder klimaatneutraal is, is er budgettair gezien (bij een constante WLC_b), een hogere EC_b beschikbaar voor een installatie in een gebouw. Wanneer er geen klimaatneutraal elektriciteitsnet wordt verwacht, kan de toename van het budget voor de materiaal gebonden (EC_b) worden bepaald. In Figuur 4 staat dit weergegeven.

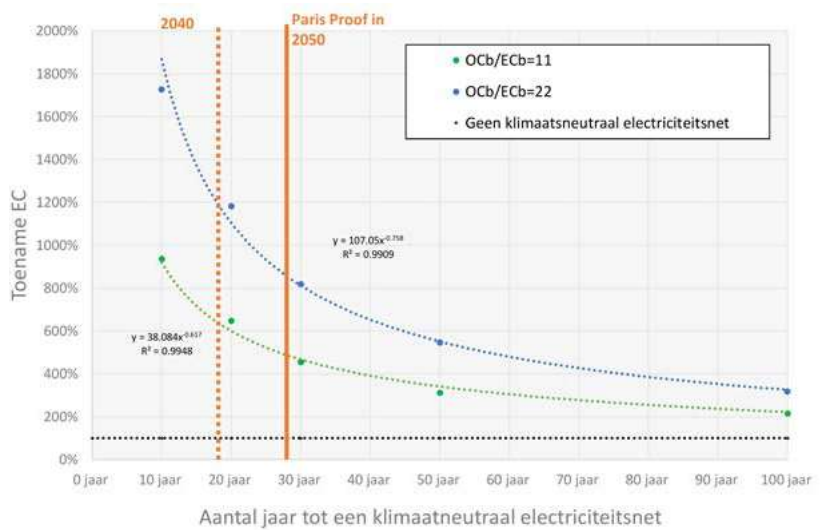
Voorbeeld van een laboratorium met koolstofbudget

Een voorbeeld van een gebouw dat met een koolstofbudget werkt is het laboratorium BioPartner 5 in Leiden [15]. Het koolstofbudget was bij dit laboratorium bepaald op 250 kg CO₂e /m² totaal. Een cruciaal punt dat tijdens onze reis naar Lyon naar voren is gekomen, betreft de discussie over CO₂-uitstoot op korte termijn (materiaal) versus op lange termijn (operationeel). Door een hogere investering te doen in een installatie, kunnen de voordelen van een hogere initiële uitstoot leiden tot lagere jaarlijkse emissies. Dit kan ertoe leiden dat de keuze voor nieuwe installaties boven hergebruik wordt overwogen, zoals ook genoemd wordt door Mantijn van Leeuwen (NIBE) [16]. Het is van essentieel belang om nu de focus te leggen op CO₂-uitstoot, gezien de dringende klimaatuitdagingen. Bij zowel een koolstofbudget als een klimaatneutrale ambitie kan het vermijden van CO₂ mogelijk goedkoper zijn dan het compenseren ervan door CO₂-certificaten te kopen via een openbare CO₂-markt of een online CCS-project.

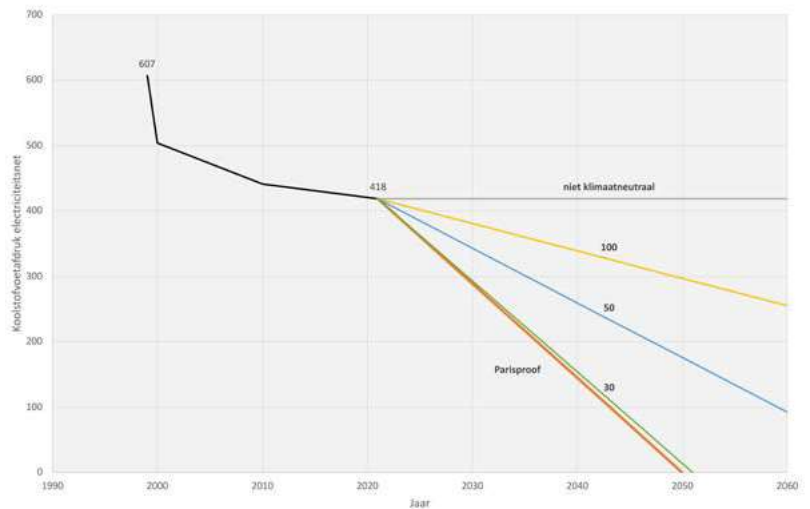
De koolstof markt

De wereldwijde koolstofmarkt werd in 2022 geschat op 310 Mt verstrekte kredieten (en 166 Mt koolstofkredietterugtrekkingen) en is opgesplitst in twee delen: de conformiteitsmarkt (98%) en de vrijwillige markt (2%). In 2023 is verwacht dat deze markt 5x groter is. Het overgrote deel van deze markt wordt gevormd door vergunningen van regulerende instanties, zoals die binnen de EU-ETS, die het wettelijke recht verlenen om één ton CO₂ uit te stoten. Het overige deel bestaat uit koolstofkredieten die via bedrijven of vrijwillige koolstofmarkten worden verhandeld of verstrekt. Opmerkelijk is dat de conformiteitsmarkt sinds 2020 met een factor 2,5 is gegroeid, terwijl de vrijwillige koolstofmarkt maar liefst viermaal zo groot is geworden in 2022. De huidige prijzen schommelen rond de \$20 per Mt CO₂e en men verwacht dat deze in 2023 zullen stijgen naar

\$30 per Mt CO₂e [17]. Elektronische handelsplatformen zoals NASDAQ bieden een marktplaatsdienstenplatform aan voor koolstofkredietbeurzen, waardoor bedrijven hun koolstofkredieten kunnen verhandelen ter bevordering van hun klimaatneutrale doelstellingen. Climate Impact X is een voorbeeld in Scandinavië dat zich richt op de vrijwillige koolstofmarkt en maakt gebruik van de NASDAQ-technologie [18, 19]. Internationaal zijn er diverse vrijwillige koolstofmarkten te vinden, waaronder ACX (AirCarbon Exchange), The Voluntary Carbon Markets Integrity Initiative (VCMi), en Viridios [20]. Het vastleggen, opslaan of gebruiken van CO₂ uit de lucht kan worden gerealiseerd met behulp van verschillende CCS-technologieën.



Figuur 4: Bij een vastgesteld koolstofbudget kan, afhankelijk van hoe snel we het elektriciteitsnet klimaatneutraal maken, meer budget gaan naar materiaalgebonden koolstof. Hierbij is de referentie voor toename van EC, bij een OC/EC van 11 of 22 waarbij het elektriciteitsnet niet klimaatneutraal wordt.



Figuur 5: CO₂-equivalent per electriciteitsgeneratie eenheid in Nederland over 25 jaar en toekomst (geschat) [14, 9].

Carbon Capture Storage (CCS)

Carbon Capture Storage (CCS) omvat verschillende projecten en technologieën om CO₂ uit de lucht te halen of de CO₂-uitstoot te verminderen. Dit gebeurt al sinds de jaren 70, vooral door oliemaatschappijen die CO₂ onder de grond opslaan [21]. Bijvoorbeeld, in Nederland levert het OCAP-project CO₂ aan de tuinbouw om gewassen te verbeteren. Dit is een voorbeeld van Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS). Er zijn ook technologieën zoals DAC, waarbij bedrijven CO₂ rechtstreeks uit de lucht halen met bedrijven zoals Climeworks [22, 23] en Carbfix2 [24, 25]. Bulkprijzen voor DAC rond de 600 €/Mt CO₂e liggen. CalCapture is project dat CO₂ van een Californische energiecentrale afvangt en ondergronds opslaat en doet 1.4 MtCO₂e per jaar [26, 27]. Dit zijn enkele voorbeelden van CCS-projecten en -technologieën.

Conclusie

In de zoektocht naar klimaatneutraliteit spelen CO₂-markten een cruciale rol voor projecten met klimaatneutrale doelstellingen. Ons bedrijfsbezoek aan Carrier Montuel in Frankrijk heeft de waarde van levenscyclusanalyses en benchmarking benadrukt als middelen om de milieuprestaties van installatietechniek te verbeteren. Dit artikel legt de nadruk op de urgente noodzaak van koolstofbudgetten voor gebouwgebonden installaties in bouwprojecten, in lijn met de doelstellingen van het Parijs Akkoord, waarmee zowel de koolstofemissies van materialen als de operationele koolstofemissies

worden beperkt. We illustreren ook hoe een koolstofbudget eenvoudig kan worden berekend en geoptimaliseerd kan worden voor een plan van eisen om de technische eisen te bepalen voor een nieuwbouw kantoor. De overblijvende koolstofemissies die niet met energiebesparende maatregelen worden gereduceerd zouden via openbare CO₂-markt online kunnen worden afgekocht en worden verlegt.

Dankwoord

De auteur wil graag zijn dankbaarheid uiten voor de inspiratie en ondersteuning die hij krijgt vanuit van de Expertgroep Circulaire Installaties. Zonder de toewijding, hulp en feedback van deze experts zou het schrijven van dit artikel niet haalbaar zijn geweest. Indien u informatie uit dit artikel wenst te gebruiken, gelieve dan te verwijzen naar de TVVL Expertgroep Circulaire Installaties van de TVVL.

Referenties

- R. (Ruben) Pelzers MSc., „CO₂-equivalenten als indicator voor milieutechnische verbetering van installatietechnologie,” TVVL magazine, nr. vol. 4, pp. 30-33, september 2023.
- W. Zeiler, R. Pelzers en M. W., „LCA in The Netherlands: A Case Study,” in Sustainability in Energy and Buildings, Eindhoven, 2012.
- W. Klöpffer, „The Hitch Hiker’s Guide to LCA - An orientation in LCA methodology and application,” in The International Journal of Life Cycle Assessment, 2006.
- ing. T (Toine) van den Boomen, „Circulaire klimaatsconcepten: What’s the best guess?,” TVVL magazine, nr. vol. 04, pp. 26-33, 2021.
- DGBC, „Position Paper Whole Life Carbon,” [Online]. Available: <https://www.dgbc.nl/publicaties/position-paper-whole-life-carbon-44>. [Geopend 2023].
- NIBE, „Paris Proof Materiaal gebonden Achtergrondrapport,” DGBC, 2022.
- RIVM, „Definitieve emissiecijfers over 2019 bekend,” 2021. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/nieuws/definitieve-emissiecijfers-over-2019-bekend>. [Geopend 2023].
- DGBC, „Paris Proof Commitment,” 2023. [Online]. Available: <https://www.dgbc.nl/paris-proof-commitment-182>.
- WEII, „WEII-klassen,” [Online]. Available: <https://www.wei.nl/wei-klassen-11>. [Geopend 2023].
- Ruben Zonnevrije (DGBC), „Plafond voor maximum CO₂-budget in de bouw dringend nodig,” 2022. [Online]. Available: <https://www.duurzaam-ondernemen.nl/ruben-zonnevrije-dgbc-plafond-voor-maximum-co2-budget-in-de-bouw-dringend-nodig/>. [Geopend 2023].
- DGBC, „Plafond voor maximum CO₂-budget in de bouw dringend nodig,” 2022. [Online]. Available: <https://www.dgbc.nl/nieuws/plafond-voor-maximum-co2-budget-in-de-bouw-dringend-nodig-6346>. [Geopend 2023].
- WEII, „Waarom WEII?,” [Online]. Available: <https://www.wei.nl/support/veelgestelde-vragen#berekeningen-wei>. [Geopend 2023].
- TVVL en DGBC, „Energiegebruik per bouwtype,” 2023. [Online]. Available: <https://www.wei.nl/upload/files/Wei%20%2B%20logo%20pdf.pdf>.
- Europa Environment Agency, „Greenhouse gas emission intensity of electricity generation,” [Online]. Available: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-12/#tab-chart_2.
- Biopartner, „Biopartner Homepage,” 2023. [Online]. Available: <https://www.biopartnerleiden.nl>. [Geopend 2023].
- Trouw, Esther Bijlo, „Het eerste ‘Parijs-bestendige’ gebouw staat in Leiden: een lab vol tweedehands spul in de vloeren en muren,” 2021. [Online]. Available: <https://www.trouw.nl/duurzaamheid-economie/het-eerste-parijs-bestendige-gebouw-staat-in-leiden-een-lab-vol-tweedehands-spul-in-de-vloeren-en-muren-b8005fc7/?referrer=https://www.nibe-sustainability-experts.com/>. [Geopend 2023].
- Shell BCG, „The voluntary carbon market: 2022 insights and trends,” 2022. [Online]. Available: <https://www.shell.com/shellenergy/othersolutions/carbonmarketreports.html#vanity-aHR0cHM-6Ly93d3cuc2hlbGwuy29tL2NhcmJvbm1hcmtldHJlcG9ydHMuaHRtbA>. [Geopend 2023].
- NASDAQ, „Carbon Credit Resource Center,” [Online]. Available: <https://www.nasdaq.com/solutions/marketplace-services-platform/carbon-credit-exchanges#resources>. [Geopend 2023].
- CIX, „Climateimpact X Homepage,” [Online]. Available: <https://www.climateimpactx.com/>. [Geopend 2023].
- Environmental Finance, „Voluntary Carbon Market Rankings 2023,” 2023. [Online]. Available: <https://www.environmental-finance.com/content/awards/voluntary-carbon-market-rankings-2023/>. [Geopend 2023].
- International Energy Agency, „Carbon Capture, Utilisation and Storage,” 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage#overview>. [Geopend 2023].
- geoengineeringmonitor, „CARBIFIX AND CLIMEWORKS’ LARGE-SCALE PLANS TO CAPTURE CO₂ AND INJECT IT INTO BASALT FORMATIONS IN ICELAND INVOLVE HIGH CONSUMPTION OF SCARCE RESOURCES AND POTENTIAL RISKS,” 2023. [Online]. Available: <https://www.geoengineeringmonitor.org/2021/10/carbifix-and-climeworks-large-scale-plans-to-capture-co2-and-inject-it-into-basalt-formations-in-iceland-involve-high-consumption-of-scarce-resources-and-potential-risks/#:~:text=Since%20June%202019%2C%208%2C00>. [Geopend 2023].
- Climeworks, „Climeworks Homepage,” [Online]. Available: https://climeworks.com/actnow?utm_source=bingBrand&utm_medium=cpc&utm_campaign=BS-AO-World-en-Brand&utm_term=climeworks&mclid=9cb4996cb4cc1bbd3965fc6a5a18cf99&utm_content=brand%20-%20E.
- Carbfix, „Carbfix hf.,” [Online]. Available: <https://www.carbfix.com/>.
- European Commission | Cordis, „Upscaling and optimizing subsurface, in situ carbon mineralization as an economically viable industrial option,” 2023. [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/article/id/430309-co2-turned-into-stone-for-zero-carbon-emissions>. [Geopend 2023].
- California Resources Corporation, „CALCAPTURE,” [Online]. Available: <https://www.crc.com/carbon-terravault/Projects/CalCapture/default.aspx>. [Geopend 2023].
- ASME, „Five Carbon Capture Projects in the U.S.,” [Online]. Available: <https://www.asme.org/topics-resources/content/carbon-capture-sets-its-footing>.
- DGBC, „Paris Proof,” [Online]. Available: <https://www.dgbc.nl/themas/paris-proof>. [Geopend 2023].