

EERSTE EMISSIELOZE CEMENTEN VANAF MEDIO 2025
VERKRIJGBAAR DANKZIJ CARBON CAPTURE

De opkomst van net-zero



1 Eind dit jaar wordt in Brevik (Noorwegen) CO₂ afgevangen bij de productie van portlandklinker

Na vele jaren van plannen, engineering en bouwen zal eind dit jaar de carbon capture-installatie van Heidelberg Materials in Brevik (Noorwegen) in gebruik worden genomen. Bij de productie van cement wordt er CO₂ afgevangen en in de Noordzee opgeslagen. Dat biedt de mogelijkheid om vanaf zomer 2025, als eerste cementproducent ter wereld, net-zero cement op industriële schaal op de markt te brengen. Eerst in Europa en dus ook Nederland, vervolgens wereldwijd. Een belangrijke stap naar een klimaatneutrale cementindustrie en klimaatneutraal beton.

Zoals bekend is beton, met 14 miljard m³ per jaar, het meest gebruikte bouwmate-
riaal ter wereld. De bouwopgave van
woningen, kantoren, fabrieken en infrawerken
tot 2050 is vanwege de nog altijd snel groei-
ende wereldbevolking (met een netto groei
van 80 miljoen mensen per jaar) en stijgende
welvaart enorm. In het Klimaatakkoord van
Parijs uit 2015 is als doel gesteld dat de opwar-
ming van de aarde, ten opzichte van voor de
industriële revolutie, onder de 1,5 °C blijft. Om
hieraan te voldoen, zal de uitstoot van CO₂ van

beton flink naar beneden moeten. Cement als
onderdeel van beton is verantwoordelijk voor
circa 7% van de wereldwijde CO₂-uitstoot. In
Nederland is dit, door het veelvuldig gebruik
van hoogovencementen, 1,5%.

KLIMAATNEUTRAAL CEMENT

Heidelberg Materials heeft zich geconfor-
meerd aan de 1,5 °C-grens en zal in 2030 ten
opzichte van 1990 bijna 50% minder CO₂ uit-
stoten en in 2050 of eerder klimaatneutraal
zijn. Een belangrijke stap naar deze doelstel-

ling, een klimaatneutrale cementindustrie, is
het afvangen van de bij de productie van
cement uitgestoten CO₂. In de klimaatplannen
van de Europese Unie is de afvang en opslag
van CO₂, ofwel carbon capture and storage
(CCS), uitdrukkelijk benoemd als één van de
maatregelen om tot CO₂-reductie te komen.
Eind dit jaar wordt de eerste carbon capture
(CC)-installatie in Brevik in Noorwegen in
gebruik genomen (foto 1). Vanaf medio vol-
gend jaar leidt dat tot de introductie van net-
zero cement, onder de merknaam evoZero.

NET-ZERO IN DRIE STAPPEN

Bij de productie van portlandklinker wordt
kalksteen (CaCO₃) bij hoge temperaturen (ca.
1400 °C) verhit. De kalksteen ontleedt zich in
calciumoxide (CaO) en CO₂. De decarbonisatie
van de kalksteen is onvermijdelijk in het proces
en verantwoordelijk voor ongeveer twee derde
van de uitgestoten CO₂. Een derde is het gevolg
van het gebruik van brandstoffen voor het ver-
hitten van de oven (fig. 2).

Om uiteindelijk net-zero cement te produceren,
is het belangrijk het aandeel portlandklinker in
cement zo laag mogelijk te houden (stap 1).
Portlandcement (CEM I) bestaat bijna volledig
uit gemalen portlandklinker en heeft een aard-

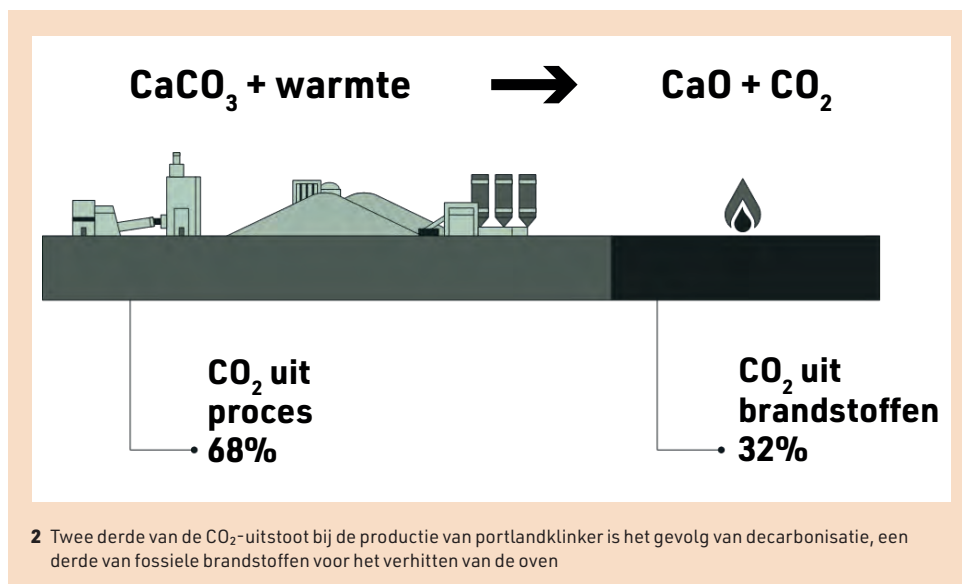
cement



opwarmingsvermogen (*global warming potential*, GWP) van circa 857 kg CO₂-eq/ton. Het in Nederland veel toegepaste hoogoven cement CEM III/B 42,5 LH SR, waarbij 70% portlandklinker is vervangen door gegraneerde hoogovenslak, heeft met 270 kg CO₂-eq/ton een aanzienlijk lager GWP. Het gebruik van zoveel mogelijk alternatieve brandstoffen voor de productie van portlandklinker helpt de CO₂-uitstoot verder te verlagen (stap 2). De laatste en derde stap naar volledig net-zero cement is het afvangen van de vrijgekomen CO₂ tijdens de productie van portlandklinker. Met deze productietechniek kan portlandklinker CO₂-vrij worden gemaakt. Dit vormt de basis voor net-zero cementen.

CO₂ AFVANGEN

De eerste gesprekken binnen Heidelberg Materials over het op industriële schaal afvangen van de uitgestoten CO₂ bij de productie van portlandklinker, dateren uit 2005. Vele duizenden uren zijn er sindsdien besteed aan de engineering van de CC-installatie. Er zijn diverse technieken voor carbon capture (zie kader 'Technieken voor carbon capture'). In Brevik is gekozen voor de aminetechnologie. Dit is een volwassen en bewezen technologie voor het afvangen van CO₂ uit de rookgassen. De tech-



De CC-installatie vangt bij de productie van portlandklinker 400.000 ton CO₂ per jaar af, ongeveer de helft van de totale CO₂-uitstoot

niek is in 2014 op kleine schaal getest, het haalbaarheidsonderzoek is in 2016 afgerond. De daadwerkelijke bouw van de installatie is in 2020 gestart en nadert nu haar voltooiing (foto 3). Eind dit jaar zal deze in bedrijf worden genomen. Per jaar zal dan zo'n 400.000 ton CO₂ worden afgevangen. Dit is ongeveer de helft van de totale hoeveelheid uitgestoten CO₂.

Naast Brevik, staan er nog twee projecten in de planning die voor de Nederlandse markt belangrijk zijn: Anthemis en Gezero. Het project Anthemis betreft een in 2028 te bouwen CC-installatie in Antoing (België). Deze fabriek levert momenteel een significant volume aan klinker voor de Nederlandse markt. Hier zal

circa 800.000 ton CO₂ per jaar worden afgevangen, wat gelijk staat aan 97% van de totale uitstoot. Gezero betreft een CC-installatie in Geseke (Duitsland). De afvangcapaciteit van die installatie is circa 700.000 ton CO₂ per jaar, ook hier betreft het 97% van de totale uitstoot. Wereldwijd heeft Heidelberg Materials nog diverse andere CC-installaties gepland (fig. 7).

OPSLAG ONDER DE ZEEBODEM

De afgevangen CO₂ wordt in de cementfabriek vloeibaar en klaar voor transport gemaakt. Het transport en de opslag (*storage*) zijn onderdeel van het project Northern Lights, een samenwerking tussen Equinor (Noorse overheid), Shell en TotalEnergies. Met speciaal gebouwde

TECHNIEKEN VOOR CARBON CAPTURE

De cementindustrie werkt aan de ontwikkeling van een aantal technieken om CO₂ af te vangen en vervolgens elders te gebruiken of op te slaan. Alle in ontwikkeling zijnde technieken richten zich op het concentreren van de vrijkomende CO₂. De rookgassen van een cementoven bevatten namelijk grofweg 25% CO₂ en dat is veel te weinig om het efficiënt te kunnen afvangen en te gebruiken of op te slaan. In het artikel 'CO₂-afvang bij de productie van cement' in *Betoniek Vakblad 2024/1* worden drie verschillende technieken beschreven, namelijk: oxyfuel, amines en separate calcinatie (Leilac).



3 De CC-installatie in Brevik zal per jaar circa 400.000 ton CO₂ afvangen



ETS

Het Emissions Trading System (ETS) is een systeem voor de handel in emissierechten en een marktinstrument voor het terugdringen van CO₂-uitstoot. Met 1 emissierecht mag een bedrijf 1 ton CO₂ uitstoten. Het aantal beschikbare rechten is beperkt en gaat ook nog eens elk jaar omlaag. De prijs voor een emissierecht, de CO₂-prijs, wordt bepaald door vraag en aanbod.

Wereldwijd zijn er verschillende emissiehandelssystemen. Nederland doet, samen met nog 29 andere Europese landen, mee aan het Europese systeem voor emissiehandel. Dit EU ETS is in 2005 ingevoerd en is het grootste emissiehandelssysteem ter wereld, met ongeveer 10.000 Europese bedrijven die samen verantwoordelijk zijn voor 45% van de CO₂-uitstoot in de EU. Deze deelname is verplicht. Elk jaar stelt de Europese Commissie vast hoeveel CO₂ de ETS-bedrijven mogen uitstoten, hetgeen gelijk staat aan het aantal emissierechten dat op de markt komt.

Het EU ETS wordt in Nederland uitgevoerd door de Nederlandse Emissieautoriteit. Zij verleent de vergunningen, houdt toezicht en voert metingen, inspecties, controles en onderzoeken uit. Daarnaast beheert zij het EU ETS-register, de *carbon bank* met de rekeningen en emissierechten van de ETS-deelnemers.

Bron: emissieautoriteit.nl

(de U staat voor Utilisation, ofwel het gebruik van CO₂ als grondstof). Naast de al genoemde CC-projecten, wordt momenteel op de Maasvlakte gewerkt aan het project Porthos (Port of Rotterdam CO₂ Hub and Offshore Storage). Het project omvat de aanleg van een CO₂-transportleiding die 25 km uit de kust naar een opslag 3 km onder de zeebodem leidt. Vanaf 2026 kan hier in een periode van 15 jaar circa 37 megaton CO₂ worden opgeslagen. De cement-, afvalverwerkings-, chemische en kunstmestindustrie zullen gebruikmaken van deze opslag. De verwachting is dat de Europese carbon capture-industrie in de toekomst 75.000 tot 170.000 banen zal opleveren in de volledige waardeketen.

BOEKHOUDING CARBON BANK

Voor het cement uit Brevik worden de CO₂-afvang en emissieboekhouding onafhankelijk nagekeken door het verificatiebedrijf DNV (Det Norske Veritas). Voor de registratie van carbon capture geldt dat de emissierechten voor elke ton aan afgevangen CO₂ slechts één keer op de rekening van de carbon bank kunnen worden bijgeschreven. Dat gebeurt pas op het moment dat de batch CO₂ daadwerkelijk in de lege olie- en gasvelden is opgeslagen. Vanaf dat moment kunnen de rechten gegarandeerd slechts één keer worden uitgegeven. Dit is gewaarborgd door middel van CO₂-kwaliteitscertificaten en het onherroepelijk en transparant registreren van alle transacties en stappen in blockchain, zodat alles herleidbaar is.

BESCHIKBAARHEID

Door het afvangen van 400.000 ton CO₂ per jaar, kan in Brevik ongeveer 500.000 ton aan emissieloze portlandklinker worden geproduceerd. Afhankelijk van het type cement en portlandklinkeraandeel ligt dat tussen de 600.000 en 1 miljoen ton net-zero cement. Bij een jaarlijkse Europese cementbehoefte van circa 200 miljoen ton is de beschikbaarheid van het emissieloze cement in het begin minder dan 1%. Dat aandeel zal groeien wanneer de komende jaren meerdere CC-installaties met een grotere capaciteit in gebruik zullen worden genomen.

FYSIEK NET-ZERO CEMENT

Heidelberg Materials introduceert twee typen net-zero cementen, fysieke en virtuele. De fysieke krijgt als toevoeging 'Brevik' in de merknaam. Dit betreft de cementen die gro-

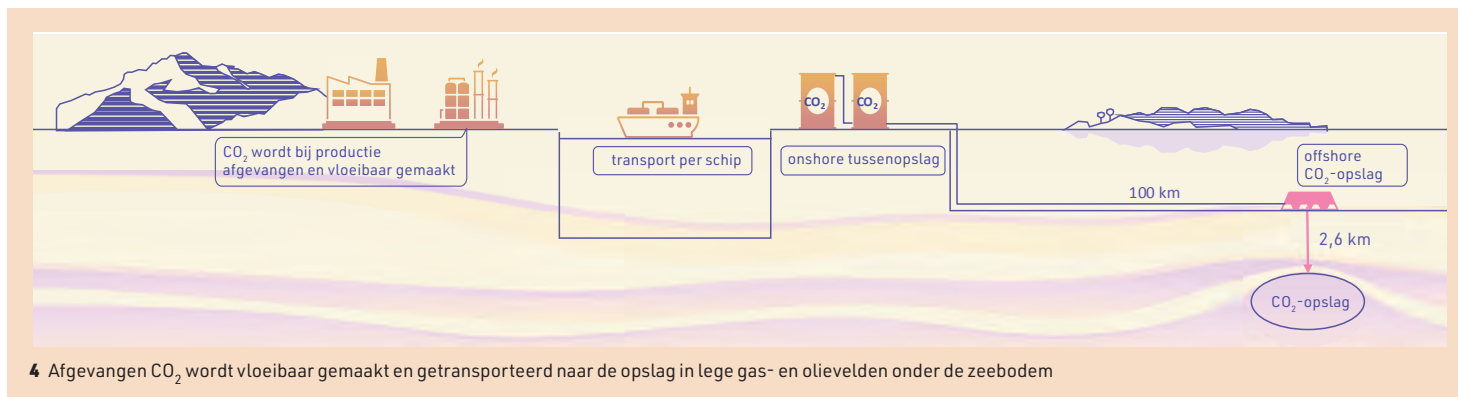
Heidelberg Materials introduceert vanaf medio 2025 twee typen net-zero cement: fysieke en virtuele

schepen zal de vloeibare CO₂ van Brevik naar de tussenopslag aan de westkust van Noorwegen (Øygarden) worden gevaren. Vanaf de tussenopslag gaat het transport verder via een pijpleiding 100 km uit de kust, naar de opslag in lege gas- en olievelden gelegen op 2,6 km onder de zeebodem (fig. 4). Northern Lights slaat op deze plek nog meer afgevangen CO₂ uit andere industrieën permanent op, waaronder die van de Deense biomassaenergiecentrale Ørsted Asnæs (ca. 430.000 ton afgevangen CO₂ per jaar) en kunstmestfabrikant Yara uit Sluiskil.

Het op deze manier opslaan van CO₂ wordt al meer dan 30 jaar door de olie- en gasindustrie toegepast en is een bewezen en veilige techniek. De opgeslagen CO₂ zal na vele (meer dan duizend) jaren uiteindelijk mineraliseren.

CCUS

De EU-commissie subsidieert, met de inkomsten uit verkoop van emissierechten via het Emissions Trading System (zie kader 'ETS'), met miljarden euro's fors in transport- en opslagcapaciteit van CCS- en CCUS-projecten



tendeels in Scandinavië op de markt komen. Aangezien in Brevik ongeveer de helft van het CO₂ wordt afgevangen, kan het gaan om hier geproduceerde cementen die compleet of gedeeltelijk emissieloos zijn, of een traditioneel GWP-profiel hebben. Via het zogenoemde systeem Mass Balance wordt transparant gemaakt bij welke cementen de afgevangen CO₂-emissies zijn verrekend en dat elke ton afgevangen CO₂ maar eenmaal wordt gebruikt.

VIRTUEEL NET-ZERO CEMENT

Het in Noorwegen geproduceerde net-zero cement wordt nu volledig benut in Scandinavië. Het is natuurlijk mogelijk dit fysieke net-zero cement naar de rest van Europa te transporteren, maar dat betekent extra CO₂-uitstoot door transport. Voor elke geëxporteerde ton cement zou er dan ook weer een ton moeten worden geïmporteerd. Om dit transport te voorkomen, komen er ook virtuele net-zero cementen op de Europese markt. Hierbij wordt het zogenoemde systeem *book and claim* gehanteerd. Dit is een systeem waarmee specifieke kenmerken van een bepaald fysiek cement, in dit geval het kenmerk aandeel afgevangen CO₂, kunnen worden losgekoppeld en afzonderlijk worden overgedragen aan een ander cement via een speciaal register (fig. 5). Zowel bij Mass Balance als *book and claim* vindt er controle plaats door het verificatiebedrijf DNV. Bij het gebruik van virtuele net-zero cementen kan dus het in het land zelf toegepaste cement worden toegevoegd. Het heeft als voordeel dat de betonmengsels, de verwerking en de bewaarcondities niet hoeven te worden aangepast. Fysieke en virtuele net-zero cementen zijn dus communicerende vaten: wanneer meer virtueel net-zero cement wordt toegepast, kan er minder fysiek net-zero cement worden toegevoegd.

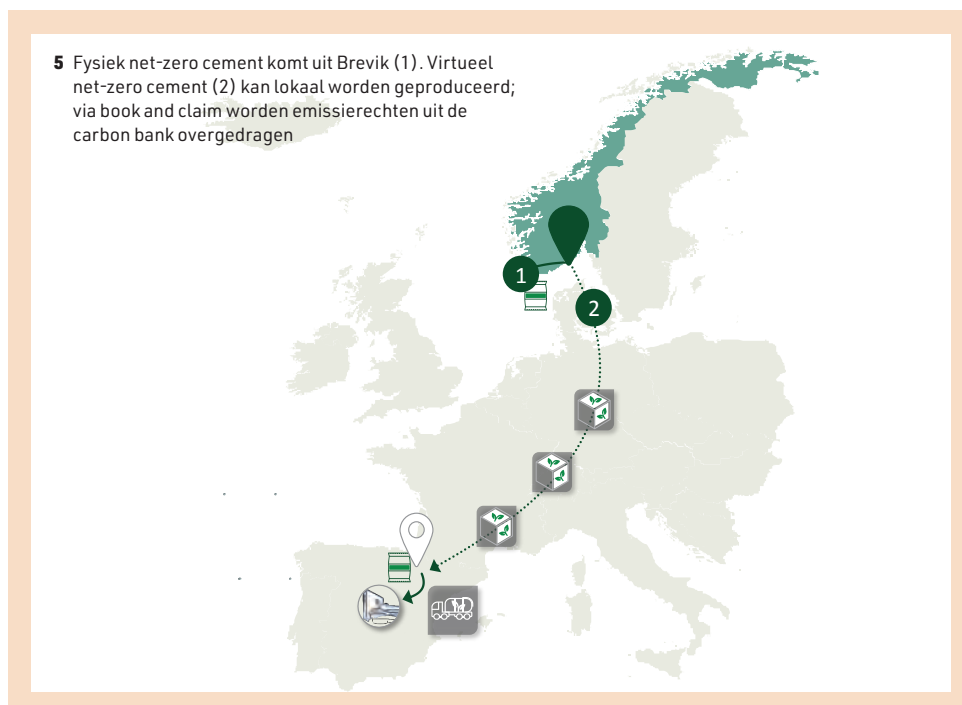
REKENEN MET NET-ZERO CEMENT

Hoe bereken je het milieuprofiel van virtueel net-zero cement? Een Nederlands voorbeeld. Het GWP-profiel van hoogovencement CEM III/B 42,5 LH SR, bestaande uit 30% klinker en 70% hoogovenslak, is 270 kg CO₂-eq per ton cement. Door deze 270 kg CO₂ uit de eigen carbon bankrekening te halen, wordt de emissie gereduceerd naar 0 kg CO₂. Daardoor kan de milieukostenindicator (MKI) verlaagd worden van € 17,30 naar € 3,80 per ton cement. De andere 10 van de nu 11 milieu-impactcategorieën die bepalend zijn voor de MKI blijven immers gelijk (per 1 januari 2025 wordt de MKI berekend op basis van 19 milieu-impactcate-

gorieën). In dit voorbeeld wordt naast de CO₂-emissie van de portlandklinker ook de toegekende CO₂-emissie van de gegranuleerde hoogovenslak gereduceerd.

In een gemiddeld gebouw is beton voor ongeveer de helft verantwoordelijk van de totale CO₂-uitstoot van alle toegepaste bouwmaterialen. Het toepassen van (virtueel) net-zero cement heeft daarmee de potentie om een CO₂-reductie van 50% te behalen. Bij toepassing van dit type cement in een infrastructureel kunstwerk, waar het aandeel beton groter is, zal de reductie van CO₂ nog veel hoger zijn.

Virtuele net-zero cementen kunnen lokaal worden geproduceerd; betonmengsels, de verwerking en de bewaarcondities hoeven niet te worden aangepast



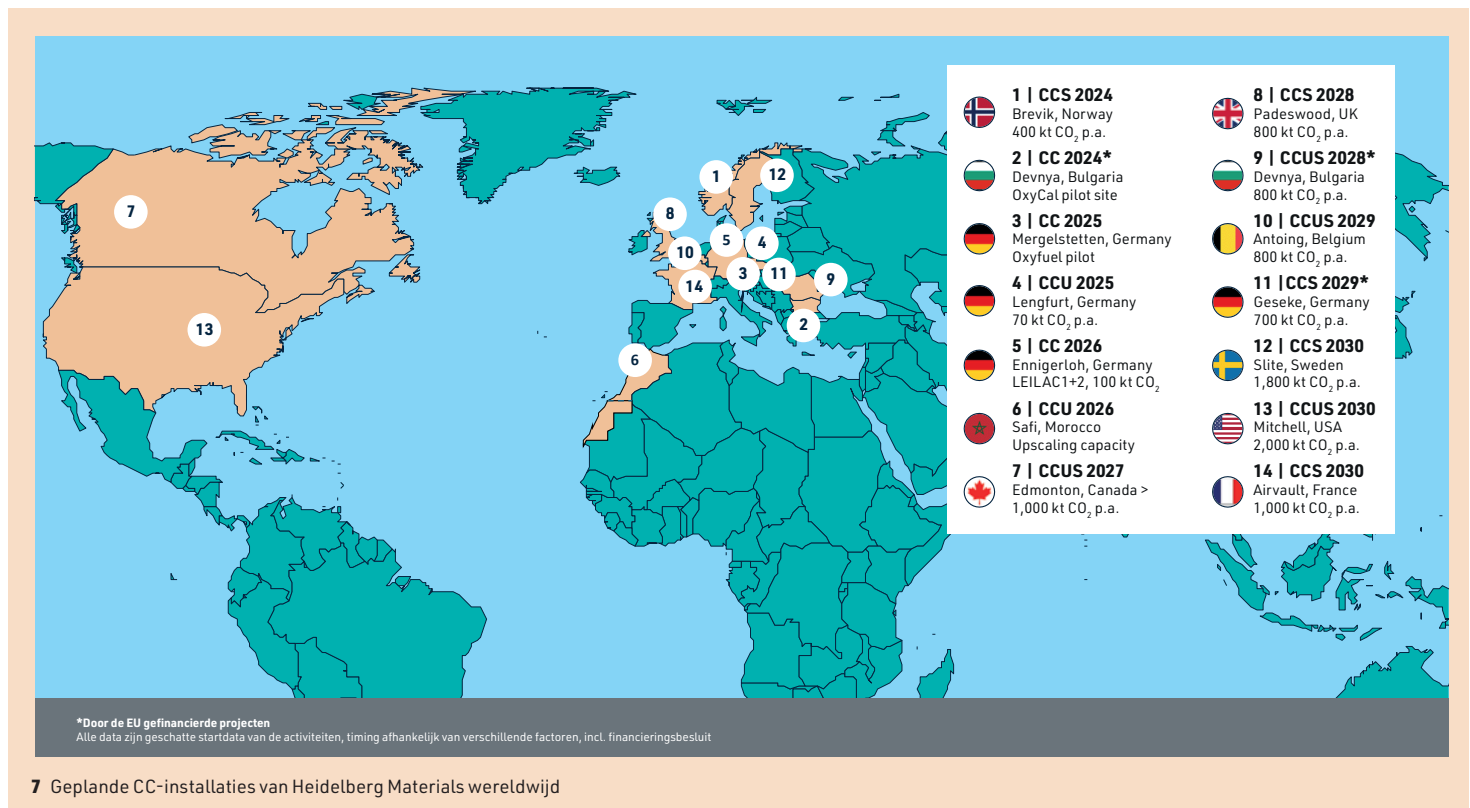
Indien met de opdrachtgever is overeengekomen het principe van Cradle to Grave te hanteren voor de berekening van de CO₂-emissies voor bouwwerken, kan ook de carbonisatie van de betonconstructie gedurende de levensduur en sloop worden meegerekend. Carbonisatie is de chemische reactie waarbij poriewater op het grensvlak beton/lucht in aanraking komt met CO₂ (uit de buitenlucht), waardoor kalksteen (CaCO₃) wordt gevormd. Dit betekent dat het aandeel beton zelfs CO₂-negatief kan zijn.

TOT SLOT

De net-zero cementen komen vanaf medio 2025 op de markt en zijn een belangrijke stap naar een klimaatneutrale cementindustrie en klimaatneutraal beton. Betonproducenten en aannemers hoeven met virtuele emissieloze cementen geen aanpassingen te doen aan het productie- en verwerkingsproces, maar hebben wel het voordeel van volledige CO₂-reductie. De beschikbaarheid is in het begin minder dan 1% van de Europese cementbehoefte, maar dat aandeel zal groeien door de komst van meerdere geplande CC-installaties (fig. 7). Heidelberg Materials heeft de ambitie het emissieloze cement, voor de introductie en zichtbaarheid, op korte termijn toe te passen in iconische infrastructuurwerken en gebouwen, zoals het in 2027 te bouwen nieuwe Nobel Center in Stockholm.



6 Bouw van de CC-installatie in Brevik



7 Geplande CC-installaties van Heidelberg Materials wereldwijd