

Aan de slag met CO_2-arm beton in vastgoed projecten

Een praktische handreiking

Juni 2026

Lente Akkoord 2.0
Circulair Industrieel Bouwen

Aan de slag met CO_2-arm beton in vastgoed projecten

Een praktische handreiking

Inhoudsopgave

Voorwoord 4
Inleiding 5
Mythes rondom duurzaam beton 6
De weg naar duurzamer betongebruik 8
- Duurzame betonsoorten 8
  - Alternatieven voor portlandklinker 8
  - Beton met plafondwaarden en koploperwaarden 9
  - Secundaire toeslagstoffen 10
  - Secundaire bindmiddelen 11
  - Geopolymeerbeton 12
  - Vastleggen van CO_2: biochar, olivijn, CO_2-opslag 13
  - Anders wapenen 14
- Duurzaamheid in prefab beton 15
  - Diverse betonproducten Bruil 15
  - Dycore breedplaatvloer 17
  - Geelen Beton 18
  - Betonelementen Lammers Beton 19
  - Spaansen betonwanden 20
  - VBI Kanaalplaatvloer 21
  - Voorbij Prefab casco's 22

Snelle stappen naar duurzamer beton 23
Wat opdrachtgevers kunnen doen 25
Drie praktijkvoorbeelden 27
- KJ Den Haag: besparing in hogeresterktebeton 28
- WijCK Pijnacker: minder en duurzamer beton 31
- Zaandam: circulair beton 33

Voorwoord

Deze handreiking CO_2-arm beton geeft een prachtig overzicht van alle technische mogelijkheden om het bouwmateriaal beton te verduurzamen. Het laat zien wat er nu al aan innovaties op grote schaal kan worden toegepast en wat er binnenkort op de markt komt.

De vele voorbeelden van CO_2 arm beton maken duidelijk dat verduurzaming van beton geen mythe maar realiteit is.

Als de hier genoemde duurzame betonsoorten worden toegepast, scheelt dat enorm veel CO_2-uitstoot en verhoogt het de circulariteit van de betonketen. Nu draagt beton 8% bij aan de wereldwijde CO_2-uitstoot. Dat kan en moet anders.

De mythe dat duurzaam beton te duur zou zijn en onvoldoende beschikbaar, nuanceren verschillende ervaringsdeskundigen in deze handreiking. Vaak is dat helemaal niet het geval, beweren zij. Dit geldt zeker bij laaghangend fruit dat nog volop geplukt kan worden.

Wel zullen betonproducenten in hun productie zaken moeten aanpassen en toeleveranciers van nieuwe bindmiddelen moeten investeren in nieuwe productiefaciliteiten.Vanzelfsprekend vergt dat investeringen. Maar als deze vernieuwing snel opgeschaald wordt, daalt de kostprijs.

Om ervoor te zorgen dat deze betonalternatieven versneld op de markt komen, is gerichte sturing nodig. Het Betonakkoord heeft daarom bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gepleit voor wettelijke regulering via de aanbestedingseisen van publieke opdrachtgevers. Hieraan heeft het Ministerie gehoor gegeven. Naar verwachting zal deze wetgeving begin 2028 ingevoerd zijn binnen de Infra. In de B&U wordt een vergelijkbare sturing voorbereid maar dan op vrijwillige basis.

Het Betonakkoord heeft een grote coalitie van private en publieke opdrachtgevers bereid gevonden hieraan deel te nemen, waaronder (ontwikkelende) bouwbedrijven, projectontwikkelaars, industrieel/logistiek vastgoedontwikkelaars, beleggers, Rijksvastgoedbedrijf en woningcorporaties. Op 10 juni 2026 tekenen deze partijen gezamenlijk de intentieverklaring ‘Verduurzaming beton’.

De introductie van CO_2-arm beton komt in een stroomversnelling. Ik nodig iedereen uit om aan te sluiten! Daarbij is deze handreiking erg behulpzaam.

Jacqueline Cramer
Voorzitter van het Betonakkoord

Inleiding

Voor verduurzaming van de bouwsector ligt vaak het accent op gebruik van biobased materialen. Die zijn in opmars en leveren een belangrijke bijdrage aan CO_2-reductie van de bouwsector. Maar biobased materialen vormen slechts een deel van de oplossing. Materialen van minerale afkomst zullen altijd een grote rol blijven spelen vanwege hun technische prestaties. “Hout waar het kan, en beton waar het moet” zeg maar.

Veel vastgoedpartijen werken volgens de zogenoemde 30-30-30 biobased doelstelling: 30 procent van de nieuwbouwwoningen (tot vijf bouwlagen) die in 2030 voor minstens 30 procent bestaat uit biobased materialen. Dat betekent echter wel dat voorlopig meer dan 90 procent van de materialen voor woningbouw nog van minerale oorsprong is. Een houten gebouw met een paalfunderingen kan zo maar voor de helft uit beton bestaan. Voor het verlagen van de milieu-impact van het gebouw is het dan ook essentieel om het beton te verduurzamen.

En dat is goed nieuws. Aan de slag gaan met CO_2-arm beton kan kostenneutraal, heeft veel positieve impact en past in een bestaand bouwproces. Maar het vraagt wel om tijd, aandacht en de juiste kennis.

Om dat laatste op peil te brengen, en professioneel opdrachtgevers handvatten te geven hoe ze hiermee aan de slag kunnen, hebben we deze handreiking opgesteld.

De publicatie is tot stand gekomen dankzij de inzet en kennis van marktpartijen, producenten en experts die de al volop bezig zijn met de transitie richting CO_2-arme betonoplossingen. We zetten de ontwikkelingen op een rij en laten zien wat er mogelijk is in de uitvraag van opdrachtgevers.

Ik hoop van harte dat deze publicatie partijen helpt om stappen te maken in de verduurzaming van het betonaandeel in hun projecten. Meer vraag naar CO_2-arme betonoplossingen leidt tot meer aanbod, en zo kunnen we als sector de materiaaltransitie een flinke boost geven. Het is geen hogere wiskunde, dus laten we aan de slag gaan!

Sander Woertman

programmaleider Lente-akkoord namens de samenwerkende brancheverenigingen NEPROM, IVBN, Bouwend Nederland, BNA, WoningBouwersNL en Aedes en het ministerie van BZK.

Mythes rondom duurzaam beton

Er heersen nogal wat hardnekkige verhalen rondom de beschikbaarheid van duurzaam beton. Het zou te duur zijn en onvoldoende beschikbaar, het zou lastig in te passen zijn in het huidige proces en het zou het maar in beperkte sterkteklasses beschikbaar zijn. Mythes of waarheid? We vroegen het aan vier experts: Lizzy Butink van bouwonderneming Dura Vermeer (DV), Teun Verhagen van bouwonderneming Van Wijnen (VW), Sven Hiskemuller van der Zijden van Urban Mine (UM) en Frank Wijnen van prefab leverancier Geelen Beton (GB).

Duurzaam beton is te duur

DV: Minder cement gebruiken maakt het beton niet duurder. Veelal is het zelfs goedkoper omdat portlandcement duurder is dan bijvoorbeeld. hoogovenslak. Het kan wel betekenen dat je kiest voor een ander bouwtempo, zoals later ontkisten. Onze ervaring is dat de prijs niet de showstopper is als je de juiste keuzes maakt en het laag hangende fruit plukt.

De stap richting CO_2-neutraal beton vraagt echter veelal om opschaling van innovaties. De prijs is dan vaak hoger, mede door de kosten voor pilots, certificeringen en dergelijke. Deze meerprijs ligt vaak wel onder de prijs van bouwen in hout, terwijl de CO_2-reductie enorm is. Na opschaling en een eerlijke verrekening van CO_2-impact, zal het beton niet perse duurder zijn.

VW: Uitgaande van de plafondwaarde van het Betonakkoord zijn de eerste stappen tot het verlagen van de MKI en CO_2-uitstoot van in situ beton vaak zelfs kostenneutraal te realiseren met een leverancier. De stappen hierna gaan meer kosten, ook omdat de aanbodkant hier nog niet op is afgestemd. Als het benodigde volume op gang kan komen, zal de prijs zakken. Beton op koploperwaardes van het betonakkoord is nu nog marginaal duurder dan conventioneel beton, voornamelijk bij de prefab producten.

UM: Beton op koploperwaardes is niet duurder dan conventioneel beton. De perceptie in de markt is echter anders. Dat is een van de redenen waarom we ons in de markt niet per se als duurzaam adverteren, maar vooral zorgen voor een concurrerende prijs ten opzichte van conventionele aanbieders.



GB: Op grondstoffen-niveau kan het zijn dat er de afgelopen jaren kleine prijsverhogingen zijn geweest. De duurzamere alternatieven worden populairder en daarmee stijgt de prijs. Het productieproces is echter van significant grotere invloed. De opgave voor de prefab-branche zit de komen jaren in tijd en warmte. Daarvoor moeten productieprocessen aangepast te worden. Dat kan verschillen van enkele kleine aanpassingen tot de verdubbeling van de procescyclus. Daarin zit een prijsverhoging, maar dat heeft op de totale prijs van het gebouw slechts beperkte invloed.

Er is te weinig duurzaam beton om aan de vraag te voldoen.

DV: Het laaghangende fruit is voldoende opgeschaald om overal te worden toegepast. De innovaties die in pilots worden toegepast moeten verder worden opgeschaald, wat investeringen vraagt. Dat vraagt commitment van marktpartijen voor afname. Hoe meer opdrachtgevers voorschrijven dat ze beton met lage CO_2-impact willen, hoe sneller de opschaling van innovaties zal plaatsvinden.

VW: Er zijn voldoende toekomstbestendige middelen beschikbaar om portlandcement te vervangen. Cementvervangers zoals slakken en vliegas worden wereldwijd schaarser, waardoor de sector moet overschakelen op nieuwe materialen zoals vulkanische as en gecalcineerde klei. Het zal een diverser speelveld worden met meer verschillende oplossingen. De beschikbaarheid van secundaire grondstoffen zoals betongranulaat en gerecyclede betonfines is beperkt, omdat de materialen uit sloop vaak voor andere doeleinden worden gebruikt.

UM: Er is voldoende aanbod van secundaire grondstoffen vanuit sloop. Een groot deel gaat echter nu nog als puinverharding onder wegen. De volgende stap is het opschalen van de verwerking ervan. Daar wordt nu hard aan gewerkt.

GB: Er zijn inmiddels verschillende leveranciers met opties voor CO_2-arm(ere) mengsels. De beschikbare hoeveelheid hangt af van de mate waarin de productiefaciliteiten zijn aangepast. Dit staat op zijn beurt in relatie tot vraag en aanbod. Als er voldoende vraag is zullen leveranciers de productieprocessen aanpassen en vice versa (kip/ei). Bij Geelen Beton zijn voor breedplaatvloeren en casco's de processen inmiddels aangepast, deels vooruitlopend op de vraag.

Duurzaam beton is lastig toe te passen in het huidige proces.

DV: Bij prefab beton blijft het product voor de bouwer gelijk, maar vindt er verandering plaats bij de producent, met bijvoorbeeld andere mengsels, langere ontkistingstijden, verwarmen van de mallen, etc. Onze leveranciers van casco's zetten daar volop op in. Voor in het werk gestort beton zijn we ook zelf aan zet. Dat zit namelijk ook in ontwerp- en uitvoeringskeuzes. Kunnen we materiaal besparen door andere keuzes te maken aan de voorkant? Kunnen we de stempels langer laten staan of warmte toevoegen aan de kist? Dat vaagt extra inspanning.

VW: De koplopers laten zien dat CO_2-arm beton in woningen, utiliteit en infra al breed toepasbaar is, mits het ontwerp hierop is afgestemd. De sector moet werken aan procesaanpassingen, zoals eerder afstemmen tussen constructeur, leverancier en aannemer, en ruimte bieden voor langere uithardingstijden en prestatiegericht specificeren in plaats van receptgericht. Verder gaat met name bij geopolymeerbeton (beton zonder portlandcement) de sterkteontwikkeling veel langer door. Door de sterkteontwikkeling in de tijd beter te benutten, kun je met minder portlandcement toe.

GB: Er is onderscheid in toepassing, milieuklasse en sterkteklasse. Van groot belang zijn vooral tijd en warmte tijdens het uithardingsproces. Daarmee zijn mengsels te optimaliseren op CO_2-emissie met behoud van voldoende functionaliteit (milieuklasse en sterkteklasse).

Duurzaam beton is in beperkte sterktes beschikbaar.

DV: De prestatie-eisen zijn geen beperkende factor. Ook voor beton met hoge sterktes, kan er geoptimaliseerd worden in mengsel en daarmee CO_2-impact.

VW: De sterkteontwikkeling van beton met minder portlandcement is in het begin langzamer maar uiteindelijk wordt het sterker doordat de curve langer doorgaat. Dit gegeven kan beter benut worden.
CO_2-arm beton is inmiddels goed beschikbaar in de meest gebruikte klassen in woning- en utiliteitsbouw. Hogere sterktes (C50/60 en hoger) zijn lastiger te maken met lage CO_2-uitstoot, omdat deze meer klinker of hoogwaardige bindmiddelen vereisen, maar het is niet onmogelijk. Innovaties zoals gecalcineerde klei, alkalisch geactiveerde binders en geopolymeren vergroten de sterkte-range, maar zitten nog in opschaling.
Het Betonakkoord benadrukt dat de sector waar mogelijk moet ontwerpen op lagere sterktes, omdat dit de grootste CO_2-winst oplevert. Vaak wordt er nog overgedimensioneerd.

GB: Mengsel met lagere sterkteklassen zijn eenvoudiger te optimaliseren wat betreft CO_2-emissie. Daarom ook zijn voor mengsels met een hogere milieuklasse en sterkteklasse aangepaste waarden opgesteld als het gaat om de maximale hoeveelheid CO_2.

De weg naar duurzamer betongebruik

Duurzame betonsoorten

Alternatieven voor portlandklinker

Voor reductie van de CO_2-uitstoot van beton zijn er diverse scenario's en mogelijkheden. De CO_2-impact van beton wordt voor circa 60 tot 80 procent veroorzaakt door de productie van portlandklinker. De overige uitstoot, circa. 20 tot 40 procent, wordt veroorzaakt door winning en transport van de andere grondstoffen (zand, grind, vulstoffen en additieven) en door transport van het beton. Vooral alternatieven voor portlandcement kunnen dus bijdragen aan een reductie van de emissie.

Hieronder zetten we de alternatieven op een rij en de ontwikkelingen die daarin gaande zijn.

Portlandklinker (de grondstof voor portlandcement) wordt verkregen door gemalen kalksteen ($CaCO_3$) te verhitten zodat het 'uiteenvalt' in calciumoxide (CaO) en koolstofdioxide (CO_2). Per ton kalksteen ontstaat ca. 440 kg CO_2. Dit gebeurt bij hoge temperatuur (1450 ^{0}C) en kost dus veel energie. Vooralsnog is deze energie niet volledig groen, wat dus extra CO_2-uitstoot betekent. Een ton portlandcement betekent daardoor ongeveer 850 kg CO_2-emissie.

Hoogovenslakken

Het type cement en daarmee de hoeveelheid portlandklinker heeft grote invloed op de CO_2-impact van het beton. Een alternatief voor portlandcement is bijvoorbeeld het gebruik van gegranuleerde hoogovenslakken. Zo is in het veelgebruikte hoogovencement een deel van de portlandklinker (tot ca. 70%) vervangen door gegranuleerde hoogovenslakken (een bijproduct van de staalindustrie).

Hoogovenslakken hebben een aanzienlijk lagere CO_2-impact dan portlandcement. Niettemin moeten daar wel kanttekeningen bij geplaatst worden. Nu nog wordt de CO_2-emissie van de hoogovens volledig toegerekend aan het geproduceerde staal; in de toekomst zal die emissie deels ook aan de hoogovenslak worden toegerekend. Daarmee krijgt de hoogovenslak een hogere MKI-score, al zal die nog altijd veel langer zijn dan die van portlandcement.

Een belangrijke beperking van het gebruik van hoogovenslakken is de beschikbaarheid. Wereldwijd zijn hoogovenslakken beschikbaar om maximaal 10 procent van het huidige cementgebruik te vervangen. Op macroniveau gezien heeft het dan ook geen zin om oplossingen te ontwikkelen waarin meer dan 10 procent van het cement wordt vervangen door hoogovenslak. Hoogovenslakken zijn nu nog goedkoop en worden in bulk zelfs vanuit China over de gehele wereld vervoerd (wat overigens in de huidige LCA is meegerekend). Omdat de beschikbaarheid beperkt is, zal een op termijn toenemende vraag naar hoogovenslak de prijs opdrijven. Dat zal een positieve invloed hebben op de productie van alternatieve bindmiddelen.

Geopolymeerbeton

Hoogovenslakken hebben een lager reactief vermogen dan portlandcement en kunnen die dan ook niet voor 100 procent vervangen in cementbeton. Er is wel cementloos beton mogelijk, genaamd geopolymeerbeton. Daarin kan met een alternatieve alkalische reactor zoals waterglas wel volledig met hoogovenslak worden gewerkt. De milieu-impact van waterglas is echter vergelijkbaar met die van portlandcement; wel is er in geopolymeerbeton minder activator nodig vergeleken met portlandcement in beton met hoogovenslak. Geopolymeerbeton kan op termijn ook met alternatieve bindmiddelen worden geproduceerd.

Alternatieve bindmiddelen

In het verleden werd ook vliegas gebruikt als alternatief voor cement. Dat is een reststof uit kolencentrales, die ontstaat door verbranding van resten zand en klei in de kolen. Kolencentrales worden steeds meer uitgebannen, waardoor vliegas nauwelijks meer beschikbaar is.

Andere mogelijkheden liggen in gebruik van zogeheten puzzolanen of latent-hydraulische materialen. Beide vallen in de categorie Supplementary Cementitious Materials SCM oftewel cementvervangers. De latent hydraulische materialen hebben niet alleen water maar ook een hoge pH-waarde nodig (alkaliteit). Puzzolane stoffen hebben water, een hoge pH-waarde maar ook oplosbaar calcium nodig om te reageren. Naast gegranuleerde hoogovenslak en poederkoolvliegas zijn er nog andere cementvervangers (SCM's) zoals gemalen kalksteen, gecalcineerde klei, betonfines, biomassa-vliegas, glasafval, bodemas van verbrandingsovens en lavameel of vulkanische as.

Met veel van deze cementvervangers kan ook geopolymeerbeton gemaakt worden, waarbij bij afwezigheid van calcium de hoge alkaliteit van bijvoorbeeld waterglas dan voor de geopolymeer-reactie zorgt.

Gerecycled cement

Een andere ontwikkeling is het gebruik van RCF (Recycled Concrete Fines, oftewel gerecyled cement), zoals Freement of NXT Concrete. Dit materiaal wordt gewonnen uit betonpuin en bevat reactieve bestanddelen en gehydrateerde delen die opnieuw als bindmiddel kunnen functioneren. RCF is inmiddels opgenomen binnen de NEN 197-6. Dit betekent dat toepassing ervan binnen reguliere cementproductie en betonmengsels is toegestaan en dus direct opschaalbaar is binnen bestaande kwaliteitskaders.

Daarmee vormt RCF een praktisch en circulair alternatief dat niet alleen bijdraagt aan CO_2-reductie, maar ook aan het hoogwaardig hergebruik van betonafval, zonder dat fundamentele wijzigingen in ontwerp- of uitvoeringsprocessen nodig zijn.

Beton met plafondwaarden en koploperwaarden

In 2024 zijn als uitwerking vanuit het Betonakkoord zogenoemde plafondwaarden en koploperwaarden vastgesteld voor de MKI-waarde (milieukosten indicator) en CO_2-emissie van beton (zonder meerekenen van de wapening). Dit zijn waardes die nu al haalbaar zijn voor de betonsector, waarbij de plafondwaardes zeer beperkte invloed hebben op het proces en eigenlijk de standaard zouden moeten zijn. Tussen 1990 en 2020 is de CO_2-impact van beton al 15 procent gedaald. Met plafondwaarden daalt de impact met nog eens 25 procent ten opzichte van 2020. Met koploperwaarden is dat zelfs 40%.

Opdrachtgevers kunnen de plafondwaardes voor in situ beton nu al heel eenvoudig uitvragen en in bestekken opnemen, zonder dat dit noemenswaardige consequenties heeft. Ook de koploperwaardes kunnen uitgevraagd worden, maar die hebben vaak wel meer impact op het bouwproces, waarvoor dan vooral meer tijd nodig is. Het is vooral aan de aannemer om dat in zijn proces te verwerken. Om die tijd - die ook geld kost - terug te winnen, zijn investeringen nodig in geïsoleerde kisten en verwarming op de bouwplaats. Zo blijken houten kisten van zichzelf al beter te isoleren dan stalen kisten. Ook warm tunnelen is een zeer goede optie om het cementgehalte te kunnen verlagen.

Voor prefab beton is het ook mogelijk om de plafondwaardes en de koploperwaardes uit te vragen. Niettemin is juist in prefab het cementgehalte vaak hoog om snel te kunnen ontkisten. Lagere cementgehaltes vragen dan ook om andere productieprocessen. Dat betekent dat zelfs al bij het voorschrijven van de plafondwaardes het aantal leveranciers beperkter zal zijn; dit geldt nog sterker voor beton volgens de koploperwaardes.

Betonakkoord

In 2018 is het Betonakkoord gesloten om de betonsector te verduurzamen. Het Betonakkoord streeft nu naar tenminste 70 procent CO_2-reductie in 2030 en zo mogelijk klimaatneutraal. Daarnaast moet in 2030 100 procent van al het herbruikbaar beton circulair worden gesloopt en zo hoogwaardig mogelijk hergebruikt. Dat hergebruik omvat — in volgorde van prioriteit - levensduurverlenging, hergebruik van betonelementen en hoogwaardige recycling, waarbij beton wordt teruggebracht naar de bestanddelen grind, zand en cement. De plafondwaardes en koploperwaardes die in 2024 afgesproken zijn, zijn een vervolg hierop.

Diverse partijen in de bouwsector hebben zich inmiddels geconformeerd aan de plafond- en koploperwaardes. Naar verwachting zullen de plafondwaardes geen tot weinig impact hebben op de aanneemsom, mits de ze al in de uitvraag worden voorgeschreven. Koploperwaardes zijn technisch haalbaar, maar vragen in bepaalde gevallen wel aanpassingen en maatregelen. Uiteraard voldoet beton van zowel de plafondwaarde als de koploperwaarde aan alle eisen en regelgeving en gaat dit niet ten koste van de levensduur (durability).

De plafondwaardes en koploperwaardes dalen de komende jaren steeds iets verder. Dat geeft aannemers en betonfabrieken de gelegenheid om hier tijdig op in te spelen en in te investeren en hun processen daarop aan te passen.

Hoogovenslak

Voor een lagere milieubelasting wordt een deel van het portlandcement vervangen door hoogovenslak. Voor de plafondwaarde loopt dit op tot 50%; voor de koploperwaarde zelfs tot 65%. De bedoeling is dat hoogovenslak op termijn weer wordt vervangen door puzzolanen (zie Alternatieven voor Portlandklinker/ Alternatieve bindmiddelen) of Recycled Concrete Fines RCF (zie Alternatieven voor Portlandklinker/Gerecycled Cement).

Hoogovenslak is een minder reactief materiaal dan portlandcement. Dat betekent dat het beton meer tijd nodig heeft om te verharden of er meer warmte moet worden toegevoerd. Zo kan in tunnelbouw bijvoorbeeld gekozen worden voor verwarming. Dat kan eventueel ook elektrisch doordat er 's nachts toch stroom over is op de



bouwaansluiting, maar zelfs bij verwarming met gas is dit interessant qua CO_2-emissie. In het werk gestort beton kan ook worden afgedekt met thermische dekens, met wellicht elektrische verwarmende dekens ter plaatse van de kritische knooppunten.

Verschillende waardes

De plafond- en koploperwaardes verschillen voor ongewapend beton, beton voor binnentoepassing, beton voor buitentoepassing en beton voor toepassing in een agressief milieu. Daarnaast verschillen de waardes ook voor hogere sterkteklasses. Die zijn nu eenmaal alleen haalbaar met meer cement. Alternatief zou zijn om meer beton toe te passen, maar ook dan zal de totale hoeveelheid cement toenemen, evenals overig materiaalgebruik. De hogere waardes voor prefab beton worden de komende jaren wel afgebouwd.

Er zijn ook verschillende waarden voor in het werk gestort beton versus prefab beton. De vereiste aanpassing van de productieprocessen van prefab beton zijn namelijk veel groter dan voor in situ beton. Met het oog op maximaal gebruik van mallen is snelheid van verharding hier vaak essentieel.

Ook voor storten onder wintercondities gelden verhoogde waardes omdat de verharding anders te langzaam zou verlopen, met mogelijke kwaliteitsrisico's.

Secundaire toeslagstoffen

Beton bestaat nog vaak uit 100 procent primair zand en grind/granulaat. Binnen de geldende regelgeving kan regulier betongranulaat het grind tot 50 procent vervangen. Met beter gewassen en geclassificeerd brekermateriaal of zand en grind uit hoogwaardige betonrecycling mag tot 100 procent grind en 60 procent zand worden vervangen. Dit is afhankelijk van de kwaliteit van de grondstoffen. Het is zelfs mogelijk om 100 procent van het grind en het zand te vervangen; daarvoor is echter wel aanvullende certificering nodig is.

Opdrachtgevers kunnen in hun uitvraag aan aannemers specifiek voor secundaire grondstoffen in beton sturen op de streef- of limietwaarden volgens het Betonakkoord. De streefwaarde is zonder meer breed toepasbaar; de limietwaarde dient te worden gecombineerd met een goede kwaliteitsbeschrijving van de secundaire grondstoffen zoals CUR 127 (*). Met gebruik van slim en hoogwaardig gebroken grondstoffen kunnen specifieke leveranciers zoals Urban Mine en NXT Concrete nog hogere percentages verantwoord (gecertificeerd) toepassen.

Beton met de streefwaardes aan gerecycled toeslagmateriaal is goed verkrijgbaar; om te voldoen aan de limietwaardes zullen centrales extra inspanningen moeten doen. Betontechnisch gezien zou het percentage recycling wel verder omhoog kunnen; probleem is echter vooral de beschikbaarheid van secundaire materialen. Daarvoor zullen onder meer nieuwe recyclinginstallaties gebouwd moeten worden.

De uitvraag van beton met gerecycled toeslagmateriaal is probleemloos te combineren met het uitvragen van plafond- en koploperwaardes.

Vervanging zand en grind

Voor vervanging van grind en zand wordt ook gekeken naar diverse andere secundaire grondstoffen. Naast betongranulaat is er nu ook secundair grind beschikbaar, evenals grind uit de reiniging van teerhoudend asfalt en grind van spoorballast, dat na verloop van tijd te klein is geworden om nog dienst te doen als ballast. De stroom van grind uit de reiniging van teerhoudend asfalt is overigens

(*)In CROW-CUR Aanbeveling 127 worden definities, eisen, regels en rekenvoorbeelden gegeven voor het toepassen van fijne en/of grove fracties betongranulaat in beton, met daarbij toelaatbare vervangingspercentages zonder aanpassing van de constructieve rekenregels.

eindig omdat dit asfalt niet meer nieuw wordt toegepast. Voor vervanging van primair zand is secundair zand beschikbaar, maar ook komt een materiaal als brekerzand in beeld. Daarnaast is baggerslib beschikbaar. Dit is juist fijner dan regulier zand. Mengen met brekerzand zou wellicht een mooie mix opleveren. Op basis van de huidige inzichten lijkt het mogelijk om 50 procent van het primaire zand en grind dat in beton verwerkt wordt te vervangen voor secundaire grondstoffen.



Zand en grind worden volledig gewonnen uit geoogst betonpuin en hoogwaardig gescheiden met de NXT Separator.

Secundaire bindmiddelen

Om minder portlandklinker te gebruiken kunnen ook zogenaamde latent-hydraulische materialen (hoogovenslak) of puzzolanen worden toegevoegd (beide zijn cementvervangers ofwel Supplementary Cementitious Materials SCM). Ook hiervoor wordt gekeken naar secundaire grondstoffen.

Betonfines

Onder deze cementvervangers vallen onder meer de zogenaamde 'betonfines' of RCF (recycled concrete fines). Dit is het cementachtige poeder dat vrij komt bij betonrecycling, naast (breker)zand en grind. Deze betonfines kunnen eventueel worden gecalcineerd of gecarbonateerd, afhankelijk van of deze uit een droog of nat breekproces komen. Dit vrijkomende 'cement' is dus geen klinker, maar een cementvervanger. Het mag tot 35 procent van het portlandcement vervangen (mits de overige 65 procent pure portlandklinker is; in cementmengsels met naast portlandcement ook hoogovenslak of andere cementvervangers is dit maximaal 20 procent). Wanneer RCF gecalcineerd worden, zijn nog hogere percentages cementvervanging mogelijk.

Juist vanwege de kansen die gerecycled cement biedt, is het belangrijk dat beton bij sloop binnen de betonketen blijft. Bij gebruik van betonpuin als granulaat voor fundering onder wegen wordt de cementwerking niet gebruikt. Voor de betonsector is dit juist de belangrijkste milieucomponent. Voor funderingen zijn andere steenachtige materialen — zonder cement — dan ook een betere keuze.

Alternatieve grondstoffen

Er wordt op dit moment verder volop onderzoek gedaan naar mogelijkheden om andere —secundaire — grondstoffen in te zetten voor beton. Een onderzoek wordt uitgevoerd met INVIE Binder, ontwikkeld door ASCEM B.V. (BTE groep). Dit bestaat uit een mix van reactief glas, vulstof en alkalisch activator. Het glas wordt in een (elektrische) oven geproduceerd, uit minerale reststoffen die niet goed kunnen worden hergebruikt. INVIE kan zowel als cementvervanger dienen in cementbeton als reactor (precursor) in geopolymeerbeton. Een ander onderzoek beoogt de inzet van stoffen die gewonnen worden bij de reiniging van teerhoudend asfalt en bij de thermische reiniging van met olie verontreinigde grond.



Geopolymeerbeton

Geopolymeerbeton is beton zonder cement. In plaats daarvan wordt hoogovenslak gebruikt in combinatie met onder andere waterglas als alkalische activator. Ook kan vulkanische as of gecalcineerde klei als bindmiddel worden gebruikt. Fabrikanten houden de recepten van geopolymeerbeton grotendeels geheim, zodat de samenstelling meestal niet exact bekend is. Met een procescertificaat garanderen enkele fabrikanten dat de afnemer geopolymeerbeton krijgt dat is samengesteld volgens het (geheime) recept. Productcertificaten — op het beton zelf dus — zijn er helaas nog niet voor geopolymeerbeton.

Geopolymeerbeton mag momenteel worden toegepast op basis van aantoonbare gelijkwaardigheid, maar dat kan in de praktijk soms lastig zijn. Er is een CROW richtlijn voor de toepassing van constructief geopolymeerbeton in ontwikkeling. Die wordt eind 2026 verwacht. Opdrachtgevers zouden op dat moment specifiek aan kunnen geven voor welke onderdelen van een gebouw zij de toepassing van geopoymeerbeton toestaan of zelfs vereisen.

Geopolymeerbeton zal in veel gevallen voldoen aan de koploperwaarden van het betonakkoord (dus minimaal 50 procent CO_2-reductie t.o.v. gemiddeld beton in 1990).

De verkrijgbaarheid van geopolymeerbeton neemt steeds meer toe. Met name geopolymeerbeton volgens de SQAPE-technologie is bij diverse centrales verkrijgbaar. Deze techniek gebruikt speciaal geselecteerde minerale reststoffen (silicium en aluminium), die hun eerste werkzame leven al achter de rug hebben. Daardoor staat de CO_2-emissie van deze stoffen op nul. Door het gebruik van deze reststoffen in plaats van cement, levertde SQAPE-technologie (*) een grote milieuwinst op: tot 80 procent CO_2-reductie en een uiterst lage MKI.

(*) Deze techniek gebruikt onder meer speciaal geselecteerde minerale reststoffen (silicium en aluminium). Deze secundaire grondstoffen hebben hun eerste werkzame leven al achter de rug zodat er geen CO_2-emissie meer worden toegerekend. De SQAPE-technologie levert dat een milieuwinst op tot 80% CO_2-reductie en een uiterst lage MKI.

De Randstad blijft echter achter in de verkrijgbaarheid van geopolymeerbeton. Lange transportafstanden zijn met geopolymeerbeton niet mogelijk gezien de relatief korte open tijd. Ook is het duurder dan cementbeton; niettemin zal de prijs bij toenemende vraag ongetwijfeld verder gaan dalen. Daarnaast zou de voorgenomen CO_2-belasting de prijs van cementbeton verhogen ten gunste van geopolymeerbeton.

Ondanks dat geopolymeerbeton cementloos is, is het niet per se dé oplossing. De overige stoffen hebben namelijk ook milieu-impact. Daarbij is geopolymeerbeton sterk alkalisch (hoge pH-waarde), waardoor het behoorlijk agressief is. Traditionele bekistingsolie wordt er door aangetast; dat geldt ook voor bijvoorbeeld verzinkte staalprofielen.

Nog niet optimaal

Milieutechnisch is de huidige samenstelling van geopolymeerbeton niet per se optimaal. De nog veel toegepaste hoogovenslak zal op den duur een slechter milieuprofiel krijgen doordat hieraan ook CO_2-emissies van de hoogovens worden toegerekend, die nu nog alleen aan het geproduceerde staal worden toegerekend. Daarnaast is de beschikbaarheid van hoogovenslakken beperkt, terwijl ze als cementvervanger in cementbeton meestal effectiever zijn dan in geopolymeerbeton. In geopolymeerbeton moeten verhoudingsgewijs dus vaak meer hoogovenslakken worden toegepast dan in cementbeton. Waterglas als alkalische activator in geopolymeerbeton heeft per kilogram een gelijke milieu-impact als cement, maar er wordt meestal wel minder van toegepast.

Overigens is hoogovenslak qua werking en chemische reactie sterk vergelijkbaar met portlandcement. Pas als de hoogovenslak achterwege blijft en puzzolanen gaan zorgen voor de reactie, ontstaan echte geopolymeren.

Nieuwe bindmiddelen

Nieuwe bindmiddelen, uit bijvoorbeeld geproduceerd uit bodemas en staalslak, zouden de milieu-impact verkleinen, evenals gebruik van vulkanische as of gecalcineerde klei in plaats van hoogovenslak. In geopolymeerbeton zijn deze bindmiddelen gemakkelijker in hoge dosering toe te passen dan in cementbeton. Deze toepassing lijkt vooral een kwestie van tijd en marktontwikkeling. Als portlandcementklinker wordt belast met de CO_2-heffing wordt die duurder. De vraag naar hoogovenslak zal dan toenemen, waardoor ook die duurder wordt. Als gevolg daarvan zullen andere materialen economisch interessanter worden. Dan zal geopolymeerbeton zich waarschijnlijk verder ontwikkelen en steeds interessanter worden als vervanger van cementbeton.

Vastleggen van CO_2: biochar, olivijn, CO_2-opslag

Een andere methode om beton te verduurzamen is door CO_2 op te slaan. Dat kan op verschillende manieren: door toevoeging van biochar, door stoffen toe te voegen die CO_2-bindend zijn, zoals gecarbonateerd olivijn, of door de CO_2 die vrijkomt bij de productie van cement op te slaan in ondergrondse aardlagen. Deze methodes vallen allemaal onder CCUS: Carbon Captive Utilization and Storage.

Beton met biochar is bij eerste leveranciers beschikbaar. Opdrachtgevers die biogene koolstof opslag interessant vinden kunnen die nu dus ook in beton toepassen. Gecarbonateerde mineralen zoals olivijn zijn op beperkte schaal voor pilot projecten beschikbaar. CCS cement is op dit moment alleen met certificaten te verkrijgen en dus ook niet in een LCA/MPG op te nemen.

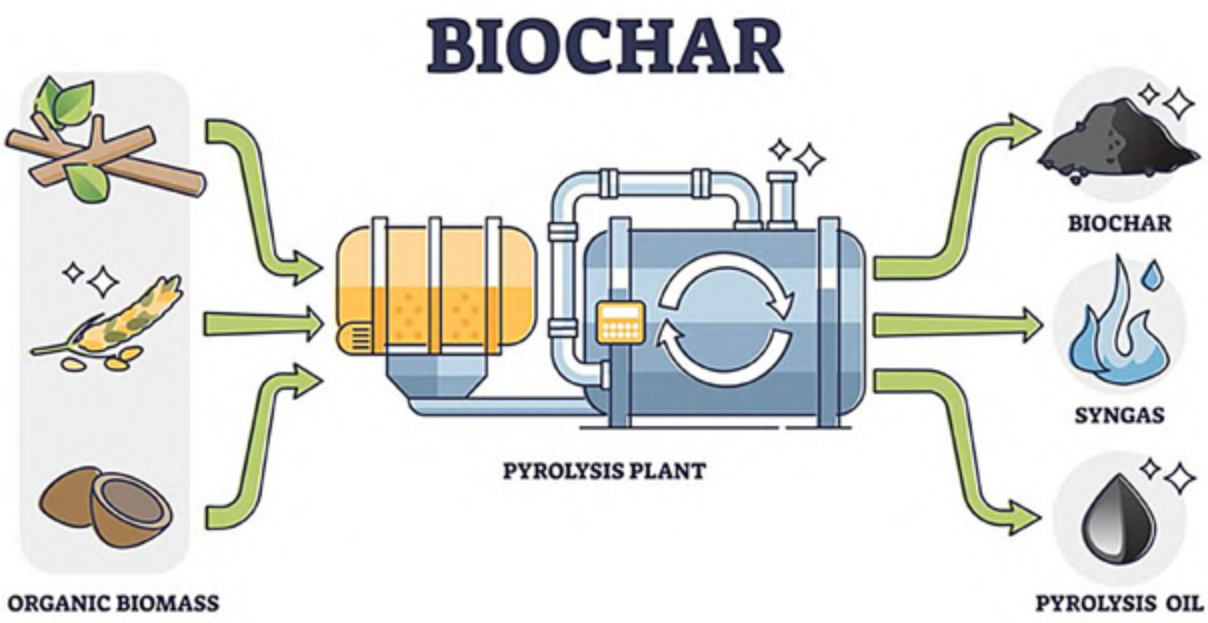
Opslag in aardlagen

De cementindustrie lijkt te opteren voor opslag van CO_2 in aardlagen. Dan komt deze CO_2 dus niet in de atmosfeer terecht. De kosten van deze methode zijn hoog, maar het alternatief is dat cement wordt belast met een CO_2-heffing (ETS). In beide gevallen zal cement aanzienlijk duurder worden. Bij CO_2-opslag in aardlagen zal de milieubelasting van cementgebruik rekenkundig echter veel gunstiger uitvallen. Aan het cement zelf verandert daarbij niets; dat blijft exact hetzelfde als nu.

Biochar en MKI

De andere methodes van opslag van CO_2 gaan niet over het cement, maar over beton. Daaraan kan onder meer biochar worden toegevoegd. Dat is een vorm van verkoold





bioafval. Door het bioafval op een zuurstofarme manier te verhitten ontstaat een nieuwe vaste stof zonder dat er CO_2 vrijkomt, zoals bij natuurlijke afbraak of verbranding. Hiermee is in feite CO_2 vastgelegd in het materiaal. Door het vervolgens als vulstof te gebruiken bij beton wordt CO_2-uitstoot vermeden. Beton is hier puur het opslagmateriaal voor deze koolstof, zonder dat biochar invloed heeft op de technische kwaliteit van het beton zelf. Het heeft echter wel enige invloed op de verwerkbaarheid van het beton. Het is namelijk een sterk hydrofiele stof, die veel water aan het betonmengsel onttrekt. Dat kan met plastificeerder grotendeels worden gecompenseerd. Biochar geeft beton een donkere kleur.

Biochar heeft echter geen effect op de Levens Cyclus Analyse van beton waarmee de milieu-impact (MKI/MPG) wordt berekend. Bij alle gebruik van biobased materialen gaat de regelgeving er vooralsnog vanuit dat het materiaal aan het einde van de levensduur wordt verbrand, waarbij de CO_2 alsnog vrijkomt.

Dit geldt niet voor andere opslagmethodes, zoals toevoeging van gecarbonateerd olivijn. Olivijn is een gesteente dat CO_2 bindt. Deze CO_2-opslag telt wel mee in de LCA. Datzelfde geldt voor een methode waarbij biogene kalksteengroei ontstaat door toevoeging van bijvoorbeeld calciumsulfaat en bacteriën in water. Bij deze kalksteengroei wordt eveneens CO_2 vastgelegd.

Anders wapenen

Milieuwinst is er ook te behalen door anders te wapenen. De wapening vormt in de B&U nu ongeveer een derde van de milieubelasting van beton. In de GWW-sector kan dat oplopen tot de helft en zelfs twee derde. Daarbij is vrijwel alle wapeningsstaal al gerecycled staal. Wel is er nog winst te behalen door bij de recycling duurzaam opgewekte energie te gebruiken. Waar de uitstoot van nieuw staal circa 2,5 kg CO_2 per kg staal is, is dat bij gerecycled staal circa 1 kg CO_2 en bij gebruik van duurzame energie bij recycling zelfs maar 0,25 à 0,50 kg. De volgende stap is om te besparen op de hoeveelheid wapeningsstaal of door andere materialen te gebruiken.

Het toepassen van hybride wapening, waarbij wapeningsstaven en staalvezelbeton worden gecombineerd, is voor bijvoorbeeld kelders al veelvuldig toegepast en verhoogt de levensduur en verlaagt de milieu-impact. Vaak is het ook kostenefficiënt. Deze toepassing kunnen opdrachtgevers dus toestaan of zelfs voorschrijven. Nadeel is wel dat hybride wapening lastiger te recyclen is.

Minder scheurgevoelig

Om te besparen op de hoeveelheid wapeningsstaal helpt het om beton te gebruiken dat minder gevoelig is voor scheurvorming of zelfhelend is in geval van scheurvorming. Een groot deel van de wapening is niet voor de sterkte van het beton, maar voor het beperken van de scheurwijdte. Dit geldt met name in de GWW en bouwwerken zoals kelders. Door (staal)vezels toe te voegen — zogenoemde hybride wapening - kan de scheurwijdte beperkt worden en kan de hoeveelheid staal worden verminderd. Ook zijn er hulpstoffen die in beton kunnen worden toegepast om krimp te beperken of zelfs te voorkomen. Als hiermee voldoende ervaring is opgedaan kan de hoeveelheid

krimpwapening op termijn mogelijk worden afgebouwd. Een andere mogelijkheid is het toepassen van zelfhelend beton. De zelfhelende hulpstof in beton kan bacterieel zijn of kristallijn. In beide gevallen 'groeien' scheuren weer dicht met kalksteen.

Basaltwapening

Bij voldoende beperking van krimp en adequate zelfheling van het beton wordt het ook mogelijk om in plaats van staal te kiezen voor wapening van basaltstaven. Qua sterkte presteren die — afhankelijk van de belastingduur - beter dan staal, maar ze zijn minder goed in scheurwijdtebeperking. Omdat basalt niet gaat roesten, zal er ondanks scheurvorming geen 'betonrot' optreden, maar scheuren kunnen ook leiden tot vorstschade en moeten dus alsnog beperkt worden. Dit effect zou met bijvoorbeeld zelfhelend beton kunnen worden bestreden. Een extra voordeel van basaltwapening is dat het niet geleidt. Daardoor is het een goed alternatief bij projecten waar statische elektriciteit onwenselijk is, zoals spoorwegen en industriële hallen of laboratoria.

Voor de verdere ontwikkeling van alternatieve wapening zoals basaltstaven, helpt het als opdrachtgevers deze toepassing toestaan voor pilotprojecten. Zo kan ervaring worden opgedaan die nodig is voor verdere opschaling.

Beton met 'eeuwige levensduur'

Met zelfhelend beton met krimpreduceerder en basaltwapening zou wellicht beton met een 'eeuwige



levensduur' kunnen worden gerealiseerd. Proeven bij onder andere Mobilis moeten dat uitwijzen. Dat zou vanuit oogpunt van levensduur een mooie ontwikkeling zijn. Zulk beton is dan wellicht ook aan te raden voor gevels, kelderbouw en funderingsbalken. Dat beton is constructief heel belangrijk maar bevindt zich nu vaak op de grens van natte en droge omstandigheden, waar het gevoelig is voor betonrot. Palen bevinden zich veelal in het grondwater en zijn daardoor minder gevoelig. Boven de grond gelegen delen blijven veelal droog of drogen sneller en zijn daardoor eveneens minder gevoelig. In de huidige rekenmethodes volstaat voor betonnen constructies een verwachte levensduur van 50 jaar. Op langere termijn zijn dan echter grote reparaties nodig tegen hoge kosten. Een hogere levensduur levert dan ook een belangrijke bijdrage aan duurzaamheid en milieu-impact.

Duurzaamheid in prefab beton

In prefab beton zijn grote stappen te zetten als het gaat om reductie van CO_2-emissie. Mengsels voor prefab beton bevatten traditioneel vaak extra cement zodat de producten na één dag kunnen worden ontkist. Plafond- en koploperwaarden in het Betonakkoord houden daar rekening mee en zijn daarom voor prefab beton ook hoger gesteld dan voor in situ beton.

Niettemin zou gebruik van prefab beton in de toekomst juist belangrijker kunnen worden om CO_2-emissies te beperken. Bij verdere aanscherping van de eisen kan in situ beton langere verhardingstijden vergen, die niet meer eenvoudig inpasbaar zijn. Dat zou het bouwproces onwenselijk vertragen. Prefab beton kan dan helpen om het bouwproces te optimaliseren.

Ondertussen zijn diverse betonproducenten volop bezig met aanpassingen om betonproducten voor de woningbouw te kunnen leveren die voldoen aan de plafond- en deels zelfs koploperwaardes. De huidige waarden zijn veelal nog redelijk inpasbaar in de productieprocessen, met bijvoorbeeld extra maatregelen als verwarming, aanbrengen van thermische dekens en extra verhardingstijd door te storten op vrijdag. Voor producten met voorgespannen wapening, zoals kanaalplaatvloeren en heipalen, blijkt het lastiger om deze waarden te halen.

Om in de toekomst aan nog scherpere eisen te voldoen, zijn over het algemeen ingrijpender aanpassingen van het productieproces nodig, alsmede ontwikkeling — en certificering — van nieuwe bindmiddelen. Het zal zeker enkele jaren vergen voordat dit zo ver is.

Het aanbod van producten met duurzaam beton volgens huidige plafond- en koploperwaarden zal naar verwachting snel toenemen. Onderstaand een greep uit het actuele aanbod, met een doorkijkje naar de toekomstige ontwikkelingen.

Diverse betonproducten Bruil

Bruil levert zowel kanaalplaten als ribcassettevloeren die standaard voldoen aan de plafondwaarden van het Betonakkoord. Hiervoor heeft Bruil niet alleen ingezet op optimalisatie van het mengsel, maar ook aanpassingen gedaan in het productieproces, zoals een langere uithardingstijd, baanverwarming en afdekken van producten na het storten van het beton.

Kanaalplaten zijn al een gunstige keuze als het gaat om de hoeveelheid beton in de vloer, maar Bruil kan daarnaast als enige in Nederland in de NMD aantonen dat zijn kanaalplaatvloeren voldoen aan de plafondwaarden, zo benadrukt algemeen directeur Alfons van Woensel. “De doorontwikkeling in onze mengsels laat zien dat we hier dit jaar en komende jaren nog stappen gaan zetten. Hiervoor is uitbreiding van de betoncentrale nodig, alsook aanpassingen van het productieproces.” Ook voor de ribcassettevloer wordt gewerkt aan verdere optimalisatie.

Aan verbetering van andere producten wordt volop gewerkt.

Voorspanning

Voor heipalen is het volgens Van Woensel lastig om de waardes te halen. “Uitdaging zit hier in de voorspanning in combinatie met de ontkistingssnelheid en de vereiste sterkteklasse. Om aan de plafondwaardes te kunnen gaan voldoen zullen we de betoncentrale en het productieproces moeten aanpassen. Momenteel zijn we met de voorbereidingen bezig voor de bouw van een nieuwe betoncentrale, die eind dit jaar operationeel is. De uitdaging ligt dan in het productieproces. Hopelijk komen we dan in de buurt van de plafondwaarden.”

Voor prefab betonwanden zijn de plafondwaarden dan in ieder geval wel haalbaar. “Wanden worden op dezelfde locatie geproduceerd als de heipalen. Ook hiervoor is het dus wachten op de realisatie van de nieuwe betoncentrale. Omdat in wanden geen sprake is van voorspanning, zullen we dan in staat zijn om te voldoen aan de plafondwaarden.”

Voor alle vier productgroepen werkt Bruil aan de ontwikkeling van beton met andere bindmiddelen om de koploperwaarden te kunnen halen. “Hier geldt wel dat bestaande regelgeving een beperkende factor is, in combinatie met terughoudendheid van opdrachtgevers om dergelijke innovatieve bindmiddelen te willen toepassen. Daarnaast zijn aanpassingen in het productieproces nodig. Cruciaal daarvoor is dat opdrachtgevers structureel uitvragen naar plafondwaarden en daarnaast koploperwaarden in de gunningscriteria gaan belonen.”



“De doorontwikkeling in onze mengsels laat zien dat we hier dit jaar en komende jaren nog stappen gaan zetten.”

Dycore breedplaatvloer

Dycore, producent van prefab betonnen systeemvloeren, is inmiddels in staat om op projectbasis breedplaatvloeren te leveren die voldoen aan de koploperwaarden voor 2027. “We zagen de vraag aankomen en waren hier al geruime tijd mee bezig”, vertellen Guust Backelandt, plantmanager breedplaatvloeren, en duurzaamheidsmanager Sabine Welman. “Toen Era Contour (TBI-Groep) daadwerkelijk een breedplaatvloer met duurzaam beton vroeg, konden we snel schakelen en het product productiegereed maken.” Dankzij een ander mengsel realiseert Dycore nu een CO_2-reductie van 50 procent in het betonmengsel ten opzichte van 2021.

De toepassing van de alternatieve grondstof vroeg om aanpassingen in het volledige productieproces. Het mengsel heeft een langere verhardingstijd nodig, waardoor het ook langer duurt voordat de vereiste ontkistingsterkte is bereikt. Bij uitlevering aan de bouw is de sterkte gelijk aan die van een standaardmengsel. Uiteindelijk behaalt het duurzame beton zelfs een hogere eindsterkte.

Omdat deze productie moet worden ingepast naast het reguliere proces, levert Dycore de duurzame breedplaat nu alleen projectmatig. Bij toenemende vraag zullen verdere procesaanpassingen nodig zijn, bijvoorbeeld door uitbreiding van het aantal productietafels. Deze extra stappen en bijbehorende risico’s maken dat de duurzame breedplaat momenteel iets duurder is dan die met een regulier mengsel.

Arbeidshygiënisch onderzoek

Op de langere termijn voorziet Dycore nieuwe uitdagingen. Met name de beschikbaarheid en prijs van alternatieve grondstoffen kunnen onder druk komen te staan. Dit maakt andere cementvervangers interessanter. Ook geopolymeerbeton is een optie waar Dycore al volop mee experimenteert. Daarnaast test Dycore de inzet van Forz®Filler als mogelijke cementvervanger. Deze secundaire grondstof, afkomstig uit onder meer thermische reiniging van asfalt en verontreinigde grond, is veelbelovend maar nog niet gecertificeerd voor toepassing in constructief beton.

Parallel hieraan werkt Dycore mee aan arbeidshygiënisch onderzoek van TNO en RIVM naar nieuwe cement-vervangers die worden gewonnen uit afvalstromen. Het is cruciaal om te bepalen of deze alternatieve grondstoffen geen zware metalen of andere toxische stoffen bevatten die een risico vormen voor de gezondheid van medewerkers.

Dycore Breda verwerkt inmiddels standaard al 40 procent gecertificeerd betongranulaat in haar betonproducten. Afgekeurde platen uit zowel de bouw als de eigen fabriek worden door buurman Sando verwerkt tot hoogwaardig betongranulaat, dat weer dient als vervanger voor primair grind. Door lokaal samen te werken ontstaat een circulaire keten.



Geelen Beton



Geelen Beton zet volop in op aangepaste betonmengsels om te kunnen voldoen aan plafondwaarden en koploperwaarden. Waar mogelijk zijn productieprocessen aangepast. Dat resulteert erin dat voor cascowanden inmiddels de volledige productiecapaciteit te leveren is onder koploperwaarde. Voor zowel breedplaatvloeren als ribbenvloeren is plafondwaarde 2026 inmiddels standaard voor de gehele productie. Breedplaten zijn ook leverbaar in koploperwaarde. Geelen Beton kan deze waarde realiseren voor 40 procent van de productie, ofte wel 300.000 m^2. De vraag uit de markt blijft echter achter bij de productiemogelijkheden.

Geelen Beton realiseert de verschillende stappen onder meer door optimalisatie van de betonmengsels, zoals vervangen van een deel van het cement door hoogovenslak. Daarbij wordt ook geoptimaliseerd naar toepassing en benodigde betonkwaliteit bij de gevraagde functionaliteit van grondgebonden woningen voor de wanden.

Bij de optimalisaties blijft een 24-uurs cyclus voor de productie van groot belang vanwege de betaalbaarheid. Dat betekent dat cascowanden nu in klimaatkamers gaan voor snellere uitharding. Tevens is de opslagcapaciteit voor het uitharden verdubbeld. Ook voor breedplaatvloeren op koploperwaarde maakt Geelen gebruik van klimaatkamers. Ribbenvloeren lenen zich hier niet voor vanwege de grote hoeveelheid EPS aan de onderzijde.

Bouwelementen

Voor bouwelementen die Geelen produceert, is leveren onder plafondwaarde nog niet voor de gehele productie standaard. Dit hangt onder meer samen met de benodigde sterkteklasse en milieuklasse van het beton. Op aanvraag zijn mengsels onder plafondwaarde leverbaar. Er zijn zelfs mengsels die aanschuren tegen koploperwaardes, maar daarvoor is een tweedaagse productiecyclus nodig en die werkt kostenverhogend, geeft Frank Wijnen van Geelen Beton aan. “Toch zou het mooi zijn als de markt daar wel naar gaat vragen, al was het maar voor bepaalde onderdelen. Dan kunnen we laten zien wat er mogelijk is. En bij toenemende vraag kunnen we hier ook in investeren.”

Toekomstige maximale emissies zullen volgens Geelen Beton niet meer haalbaar zijn met enkel het voortborduren op de huidige ontwikkelingen, die sterk gestoeld op mengseloptimalisaties. Er zullen dan nieuwe ontwikkelrichtingen en grondstoffen moeten worden ingezet. Die zitten nu echter nog in de pilotfase. Dit zal ook grotere aanpassingen van het productieproces vergen, met bijvoorbeeld meerdaagse productiecycli en/of toevoegen van warmte. Nadeel van die laatste stap, die ook nu al deels wordt toegepast, is dat die de CO_2-uitstoot in Scope 1 en 2 zal verhogen, terwijl juist daar voor bedrijven juist de wettelijke verplichting zit om CO_2-emissie te reduceren.

Betonelementen Lammers Beton

Lammers Beton is inmiddels in staat om prefab betonproducten te leveren conform plafondwaardes en koplopers van het Betonakkoord voor 2026. Plafondwaarden zijn zelfs standaard in alle productgroepen, zoals galerij- en balkonplaten, bordessen, wanden en sandwich gevelelementen.

Lammers kon dit doen met relatief geringe aanpassingen. Om het met minder cement toch na één dag te kunnen ontkisten, kan Lammers onder meer warm water gebruiken in het mengsel en het gestorte beton afdekken met thermische dekens. Ook verbeterde Lammers de korrelpakking in het mengsel. Vervoer van zand en grind met elektrische vrachtwagens helpt ook om de MKI en CO_2-uitstoot van de producten te verlagen en met 3D-ontwerpen van wapening weet Lammers op de hoeveelheid wapeningsstaal te besparen.

Geopolymeerbeton

Het bedrijf zet daarnaast in op geopolymeerbeton / alkalisch geactiveerd beton. Het heeft daarvoor met het innovatielab van BPN (Betonproducten Nederland) een eigen recept ontwikkeld. “We doen al pilots op basis van onze eigen beproevingen, maar het product is nog niet officieel gevalideerd”, zegt Dion van den Dungen. “Voor toepassingen in een binnenmilieu zijn we daar heel ver mee; voor toepassingen in een buitenmilieu moeten we nog aanvullend onderzoek doen naar vorst- en dooibestendigheid. We hopen eind dit jaar een gevalideerd mengsel te hebben, maar wellicht trekken we de binnenwanden naar voren en zijn die vanaf de zomer al leverbaar.” Dit geopolymeerbeton heeft een CO_2-emissie van minder dan 100 kg per m^3 en zit daarmee ruim onder koploperwaarden van het Betonakkoord.

In 2026 kan Lammers ook nog voldoen aan de koploperwaarde, maar naarmate de norm aangescherpt wordt zullen de mengsels geoptimaliseerd moeten worden. “We kijken daarvoor naar alternatieve en verbeterde mengselsamenstelling, bijvoorbeeld door toevoeging van alternatieve grondstoffen en versnellers. Je zou een deel van de productie — namelijk de vrijdagstort — in de toekomstige koploperwaarden kunnen blijven leveren, maar dat is met ons brede assortiment lastig te plannen. We willen hier de komende jaren aan blijven voldoen, maar zullen dan mogelijk het productieproces moeten aanpassen.”



Spaansen betonwanden

Betonproducent Spaansen slaagt er inmiddels in om de standaard prefab betonwanden te produceren onder de plafondwaarde van het Betonakkoord. Met het product Eco Wall duikt het bedrijf zelfs ruim onder de koploperwaarden. En voor wie nog groener prefab beton wil, biedt Spaansen extra opties aan.

De stap naar beton van plafondwaarden was voor Spaansen niet zo groot, zegt duurzaamheidsadviseur Johan Valkering. Het bedrijf was mede vanwege kosten altijd al zuinig met grondstoffen, waaronder cement. Voordeel daarbij is het dat het bedrijf produceert op vaste tafels en niet in een carrousel.

De stap naar de Eco Wall met koploperwaarden vergde wel ingrepen. Beton met minder cement en meer hoogovenslak heeft een langere verhardingstijd. Dat betekent dat de wanden een dag langer blijven liggen voor ontkisten. “Door op vrijdag te produceren, kunnen we de meerkosten beheersbaar houden. Doordeweeks kunnen we op dit moment nog beperkt Eco Wall produceren. Dat is circa 20 procent van ons volume. Als we naar 100 procent willen gaan, moeten we investeren in bijvoorbeeld verwarming of andere stoffen toevoegen. Voor dat laatste is de regelgeving nog niet aangepast.”

Spaansen maakt gebruik van circulaire toeslagstoffen. “Maar de beschikbaarheid daarvan en de normeringen zetten daar wel een rem op.”

Carbon credits

Nog groener kan het worden doordat Spaansen ook winning van grondstoffen en transport in eigen hand heeft. “Als we schepen voor winning van zand en grind langzamer laten varen — dus 60 uur retour in plaats van 48 uur- scheelt dat heel veel emissie, evenals het gebruik van biobrandstoffen voor schepen en vrachtwagens”, zegt commercieel directeur Aike Minnes. “Daarbovenop beschikken we over carbon credits voor 10 procent van onze cement, door het toepassen van evoZero, een CO_2-arm cement dat in Noorwegen wordt geproduceerd.. Dit zit nog niet in regelgeving, maar helpt wel bij verduurzaming. Carbon credits die niet door klanten van onze producten worden gebruikt, mogen we verrekenen met onze eigen CO_2-emissie.”

Voor de toekomst kijkt Spaansen naar het gebruik van alternatieve bindmiddelen en bijvoorbeeld geopolymeren. Maar die zullen eerst nog verder ontwikkeld en gecertificeerd moeten worden.



VBI Kanaalplaatvloer



Duurzaam beton begint met het gebruik van minder beton, benadrukt VBI. Kanaalplaten zijn met hun circa 40 procent holle ruimtes daarvoor dan ook een goede keuze. Het bedrijf rekent daarbij niet in kubieke meters beton, maar in vierkante meters vloer (functionele eenheid), juist vanwege de holle ruimtes in de kanaalplaat.

“Bij constructieve vloersystemen is de CO_2-impact per m^2 BVO leidend - in lijn met de Paris Proof-indicatoren en de Europese ontwikkeling richting kg CO_2 per m^2 gebruiksoppervlak”, zegt Dennis Duffels, hoofd Marketing en Communicatie. VBI levert inmiddels dan ook alle standaard kanaalplaatvloeren onder het label VBI Groen.

Voor partners met ambitieuze duurzaamheidsdoelen produceert VBI onder VBI GroenPlus een gelimiteerd volume vloerelementen met een nog lagere milieu-impact. Door productie te concentreren in specifieke fabrieken en daar de duurzaamste instellingen toe te passen, wordt het milieuprofiel verder aangescherpt. Dit omvat onder meer mengseloptimalisatie en geoptimaliseerde productiecycli met langere uithardingstijden om het cementgebruik te verlagen. Daarnaast wordt gewerkt met gecertificeerd duurzaam staal en wordt de logistiek verder verduurzaamd, bijvoorbeeld door transport op HVO (biobrandstof). Ook zet VBI in op groenere energiebronnen, zodat zowel in productie als in ketenlogistiek het milieuprofiel maximaal wordt aangescherpt.

Alle producten binnen het standaard Groen-assortiment en de woningbouw-plaattypen van GroenPlus zijn opgenomen in de Nationale Milieudatabase. MKI’s verschillen per plaattype.

GroenLab

Met VBI GroenLab test VBI samen met partners innovatieve materialen, zoals momenteel INVIE van ASCEM als cementvervanger. Hiermee wordt een reductie tot wel 75 procent van de CO_2-impact van het bindmiddel bereikt. Inmiddels is het product in een concreet project toegepast en ook gevalideerd door het Beton Innovatieloket.

VBI onderschrijft het Betonakkoord: verduurzaming van betonmengsels per m^3 maar ook maximale materiaalreductie per m^2 vloer. Juist in die combinatie ligt volgens het bedrijf de structurele verduurzaming van prefab beton.

Voorbij Prefab casco's

De prefab casco's van Voorbij Prefab zitten nu standaard al onder de koploperwaardes van het Betonakkoord en daarmee ook iets onder de waardes van het Klimaatakkoord van Parijs. Met de huidige emissie van 115 kg CO_2 per m^3 zit Voorbij zelfs al op de waardes die Parijs pas in 2032 vraagt. "Dat leveren we zonder verhoging van de meerprijs", benadrukt directeur Alexander van Tintelen.

Voorbij Prefab heeft daarvoor in de huidige mengsels een deel van het cement vervangen door hoogovenslak. Met een extra activator slaagt het bedrijf er in om het beton toch zo snel te laten verharden dat het na acht uur al kan worden ontkist.

Een stap verder gaat Voorbij Prefab met het toevoegen van biochar als CO_2-opslag. Casco's van dit IMpakt beton worden al in de praktijk toegepast en zijn onbeperkt beschikbaar. Biochar is een toevoeging, waar dus wel een prijskaartje aan hangt.

Vanaf 2029 verwacht Voorbij Prefab een betoncasco Net-Zero te kunnen maken om vervolgens door te ontwikkelen naar CO_2-positief. Of dat met Biochar of op andere wijze zal zijn, is op dit moment nog niet bekend.

Diverse scenario's

Voorbij heeft diverse scenario's om de CO_2-emissie in de reguliere casco's nog verder te laten dalen zodat die in 2050 nog steeds onder de Parijse waarden zit. Ook dat zonder kostprijsverhoging. Het bedrijf heeft inmiddels 35 verschillende mogelijkheden getest die een positieve bijdrage gaan vormen. Dat gaat onder meer om alternatieve bindmiddelen, het beter benutten van het volledige reactievermogen van de bindmiddelen en toepassing van vulmiddelen die fijner zijn dan zand. Deze stappen vergen echter tijd, onder meer vanwege goedkeuring van stoffen, maar ook investeringen in het productieproces. "Dé oplossing bestaat niet", zegt Van Tintelen. "Het is een samenspel van allerlei kleine oplossingen. Waar beton nu nog bestaat uit bulk van water, zand, grind en cement, gaan we heel veel kleine stromen toevoegen. Daarbij gaat het veelal om reststoffen, die ook weer uitgeput kunnen raken, waarna je weer andere stoffen gaat gebruiken. Die mix gaat continu veranderen."

> *"Dé oplossing bestaat niet, het is een samenspel van allerlei kleine oplossingen"*



Snelle stappen naar duurzamer beton

De sterkteontwikkeling van beton is afhankelijk van de beschikbare tijd, de temperatuur bij verharden en de hoeveelheid cement. Meer tijd, warmte en/of cement leiden tot hogere sterkte. Toevoegen van meer cement is uiteraard het minst wenselijk met het oog op de CO_2-impact. Onderzoek laat zien dat er veel mogelijkheden zijn om met minder cement toch tot een goed betonmengsel te komen en te besparen op CO_2-emissie.

1. Warme tunnelgietbouw (CO_2-reductiepotentieel 40 procent)

Bij tunnelgietbouw wordt de tunnelkist de dag na het storten van het beton verwijderd om deze weer in te kunnen zetten voor de volgende stort. Het beton moet dus na één nacht voldoende sterk zijn om zijn eigen gewicht te dragen. Omdat de beschikbare tijd vast staat (circa 14 tot 16 uur), wordt vaak de hoeveelheid (portland)cement verhoogd. Dat leidt tot een aanzienlijke milieu-impact tot wel 300 kg CO_2/m^3. Door in plaats daarvan de mal te verwarmen kan beton met veel minder en trager verhardend (hoogoven)cement worden toegepast, waardoor de milieu impact tot circa 150 kg CO_2/m^3 afneemt. Doordat het verwarmen plaatsvindt met aardgas is de netto CO_2-reductie circa 40%.

2. Gebruik van versnellers of alkalische activatoren (CO_2-reductiepotentieel 30-40 procent)

Vooral in de prefab-betonproductie wordt beton snel ontkist. Om voldoende sterkte te behalen wordt er veel snel verhardende portlandcement toegepast. De verharding van beton kan echter ook worden versneld worden met alkalische activatoren en versnellers. Beide producten worden al in de betonindustrie voor gecertificeerd beton gebruikt en kunnen de milieu-impact van beton aanzienlijk verlagen.

3. Aangepaste bekisting en onderstempeling (CO_2-reductiepotentieel 20 procent)

Zeker in de winterperiode heeft beton dat in het werk gestort wordt, langere tijd nodig om uit te harden. Om te zorgen dat beton niet te veel afkoelt is het beter om houten kisten toe te passen dan stalen kisten of om een houten plaat in de stalen kist aan te brengen, die werkt als isolator. Bij volledig in het werk gestorte vloeren wordt traditioneel een tafelkist gebruikt die al snel weer verwijderd moet worden voor de volgende verdieping. Door in plaats daarvan een bekistingssysteem met valkoppen toe te passen zijn de bekistingspanelen verwijderbaar terwijl de onderstempeling van de vloer blijft staan. Deze aanpassingen geven beton meer warmte of meer tijd om uit te harden, waardoor minder (portland)cement nodig is in het beton en daardoor dus de milieu-impact afneemt.

4. Uitgestelde sterkte van beton (CO_2-reductiepotentieel 10 procent)

De sterkte van beton wordt gebruikelijk vastgesteld na 28 dagen. De ontwikkeling van de sterkte van beton loopt daarna echter nog verder op. In een aantal situaties, zoals funderingen en wanden en hoogbouw, keldervloeren of grote warehousevloeren, kan die langeduur-betonsterkte gebruikt worden om minder cement toe te passen en daarmee milieu-impact te verlagen. Vooral door gebruik te maken van 'bestaande bouw' normen kan een reductie van de milieu-impact van 5 tot 15 procent gerealiseerd worden. Het toepassen van lange duur betonsterkte vergt afstemming met de constructeur en bouwtoezicht

5. Aangepaste tunnelcyclus (CO_2-reductiepotentieel 40 procent)

Bij de tunnelgietbouw is het gebruikelijk om na één nacht uitharden de mal te verwijderen. Door daar twee nachten van te maken kan aanzienlijk minder (portland) cement gebruikt worden. De bouwtijd neemt hierdoor mogelijk toen. Het is echter ook mogelijk om meet bekistingsmaterieel in te zetten. De inzet van meer bekistingsmaterieel kan ook bij ander bouwmethoden worden overwogen als het geplande ontkistingstempo om snelle verharding (meer cement) vraagt.

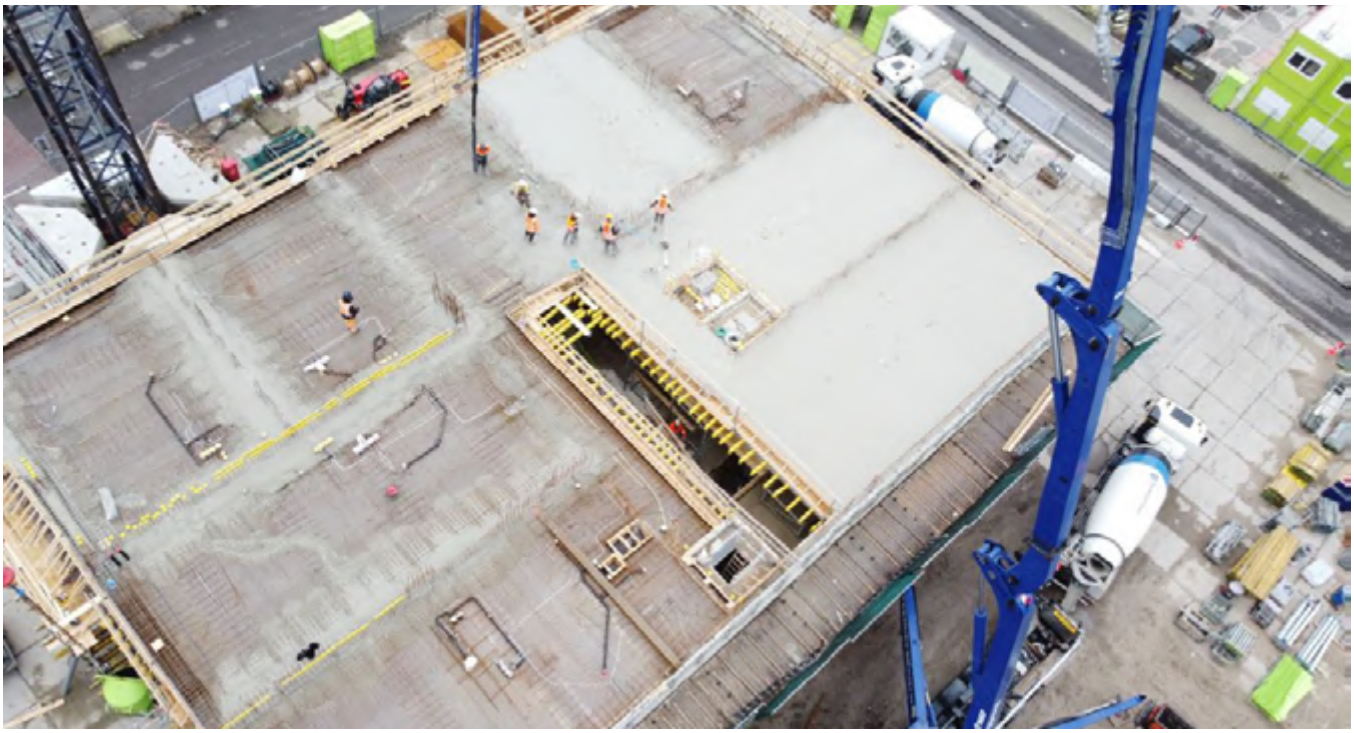
6. Optimale korrelpakking (CO_2-reductiepotentieel 20 procent)

Door de ruimte tussen grote korrels (grind) optimaal te vullen met kleinere korrels (zand) en nog kleinere korrels (vulstof en cement), blijft er tussen de korrels heel weinig ruimte over die gevuld moet worden met water om de juiste verwerkbaarheid van het beton te krijgen. Die zogenoemde korrelpakking is in veel betonmengsels nog niet optimaal, waardoor extra water nodig is. Voor de sterkte en levensduur van beton geldt

er een minimale verhouding tussen water en cement. Meer water leidt dus tot de toepassing van meer cement en dat leidt weer tot een hogere milieu-impact. Betonproducenten kunnen dus de milieu-impact verlagen door bij mengselontwerpen extra aandacht aan korrelpakking te besteden.

7. Stroken met hogere sterkte of snel verhardend beton voorstorten

Vooral bij vloeren komt het vaak voor dat plaatselijk een hogere sterkte of sneller verhardend beton nodig is, terwijl over grote oppervlakken met een lagere betonsterkte kan worden volstaan. Door die betreffende stroken vooraf te storten met beton met een hogere sterkte en de rest van het beton met een lagere sterkte, kan de milieu-impact aanzienlijk worden gereduceerd.



Met hogere sterkte beton voorgestorte stroken - Linck in de Binck



Met kleurstof gepigmenteerd beton met hogere sterkte en tussenliggende vloer met lagere sterkte licht grijs bij KJ Den Haag

Wat opdrachtgevers kunnen doen

Opdrachtgevers hebben een belangrijke rol spelen in het stimuleren van het gebruik van CO_2-arm beton. In bestekken kunnen zij het gebruik hiervan op diverse manieren en ambitieniveaus uitvragen. Maar hoe doe je dat en hoe waarborgen opdrachtgevers dat hun groene ambities in de praktijk daadwerkelijk worden gerealiseerd? Hieronder zetten we de mogelijkheden op een rij, met een indicatie van de CO_2-impact en de meerkosten.

De eerste stap in het proces naar verduurzaming van beton is het vaststellen van een ambitie. Welke waarde wordt gekozen en voor welk onderdeel? Dat kan eventueel verschillen naar gelang van functie, zoals fundering, vloeren, wanden, balkons etc. Ook kan onderscheid worden gemaakt in in situ beton en prefab beton. Het is belangrijk dit zo concreet mogelijk op te nemen in bestekken en uitvragen. Dat kan bijvoorbeeld met de tekst van het Betonakkoord, zoals onderaan dit artikel weergegeven is.

De eenvoudigste methode hiervoor is om te verwijzen naar de plafond- en/of koploperwaardes uit het Betonakkoord. Ditzelfde geldt voor het percentage secundaire toeslagstoffen in het te gebruiken beton. Buiten de plafond- en koploperwaardes van het Betonakkoord zijn er ook nog opties om te kiezen voor geopolymeerbeton (NB: niet gecertificeerd) of voor beton met CO_2-opslag, door toevoeging van bijvoorbeeld biochar of gecarbonateerd olivijn.

Uitvraag recycling betonpuin

In geval van sloop/nieuwbouw kan de opdrachtgever er voor kiezen om direct 100 procent betonpuin te scheiden om hoogwaardig te kunnen recyclen. Dit kan dan dienen als grondstof voor nieuw beton.

Uitvragen plafondwaardes/koploperwaardes

Opdrachtgevers kunnen de waardes van het Betonakkoord uitvragen door eenvoudigweg naar deze waardes te verwijzen. De impact daarvan is groot. Tussen 1990 en 2020 is de CO_2-impact van beton al 15 procent gedaald. Met plafondwaarden daalt de impact met nog eens 25 procent ten opzichte van 2020. Met koploperwaarden is die daling zelfs 40 procent.

Voor in situ beton zijn de plafondwaardes uitvraagbaar zonder dat dit noemenswaardige consequenties heeft. Ook de koploperwaardes kunnen uitgevraagd worden, maar die hebben meer impact op het bouwproces. Dat betekent vooral dat de aannemer meer tijd nodig heeft voor zijn proces of andere maatregelen moet nemen voor een snelle verharding, zoals werken met geïsoleerde kisten, verwarming op de bouwplaats en warm tunnelen. De extra kosten variëren per project tussen € 0 en € 2.000 per woning / appartement.

Voor prefab beton is het ook mogelijk om de plafondwaardes en de koploperwaardes uit te vragen. Niettemin is juist in prefab het cementgehalte vaak hoog om snel te kunnen ontkisten. Lagere cementgehaltes vragen dan ook om andere productieprocessen. Dat betekent dat zelfs al bij het voorschrijven van de plafondwaardes het aantal leveranciers beperkt kan zijn; dit geldt nog sterker voor beton volgens de koploperwaardes. Wel zijn steeds meer prefab-producenten hiermee bezig.

Uitvragen secundaire grondstoffen

Opdrachtgevers kunnen in hun uitvraag aan aannemers specifiek voor secundaire grondstoffen in beton sturen op de streef- of limietwaarden volgens het Betonakkoord. De streefwaarde is zonder meer breed toepasbaar; de limietwaarde dient te worden gecombineerd met een goede kwaliteitsbeschrijving van de secundaire grondstoffen zoals CUR 127. Met gebruik van slim herwonnen grondstoffen kunnen specifieke leveranciers zoals Urban Mine en NXT Concrete nog hogere percentages verantwoord (gecertificeerd) toepassen.

De uitvraag van beton met gerecycled toeslagmateriaal is probleemloos te combineren met het uitvragen van plafond- en koploperwaardes.

Uitvragen geopolymeerbeton

Geopolymeerbeton heeft op dit moment geen productcertificaat, maar alleen een procescertificaat. Het mag worden toegepast op basis van aantoonbare gelijkwaardigheid. Hier moet in de uitvraag rekening mee worden gehouden. Er is inmiddels wel een CROW-richtlijn in ontwikkeling voor de toepassing van constructief geopolymeerbeton. Die wordt eind 2026 verwacht.

Geopolymeerbeton zal in veel gevallen voldoen aan de koploperwaarden van het betonakkoord (dus minimaal 50 procent CO_2-reductie t.o.v. gemiddeld beton in 1990). Ondanks het ontbreken van cement is er dus nog steeds sprake van een milieubelasting.

De verkrijgbaarheid van geopolymeerbeton neemt steeds meer toe. Lange transportafstanden zijn met geopolymeerbeton niet mogelijk gezien de relatief korte open tijd. Geopolymeerbeton is momenteel nog duurder dan cementbeton.

Uitvragen opslag van CO_2

Beton met biochar is bij eerste leveranciers beschikbaar. Opdrachtgevers die biogene koolstof opslag interessant vinden kunnen die nu dus ook in beton toepassen. Het is soms mogelijk om zo veel biochar bij te mengen dat het de CO_2-uitstoot van het cement volledig compenseert. Deze biogene CO_2-opslag vertaalt zich in de huidige methodiek echter niet in een lagere MKI-score. Biochar maakt beton circa anderhalf keer zo duur. Gecarbonateerde mineralen zoals olivijn zijn op beperkte schaal voor pilotprojecten beschikbaar. CCS cement is op dit moment alleen met certificaten te verkrijgen en dus ook niet in een LCA/MPG op te nemen.

Uitvragen anders wapenen

Het toepassen van hybride wapening, waarbij wapeningsstaven en staalvezelbeton worden gecombineerd, wordt voor bijvoorbeeld kelders al veelvuldig toegepast. Het verhoogt de levensduur en verlaagt tevens de milieu-impact enigszins. Vaak is het ook kostenefficiënt. Deze toepassing kunnen opdrachtgevers dus toestaan of zelfs voorschrijven. Voor de verdere ontwikkeling van alternatieve wapening zoals basaltstaven, helpt het als opdrachtgevers deze toepassing toestaan voor pilotprojecten. Zo kan ervaring worden opgedaan die nodig is voor verdere opschaling. Basaltwapening is vooral interessant voor het verlengen van de levensduur van beton in bijvoorbeeld kelders, funderingen en gevels. Basalt is niet roestgevoelig, waardoor ‘betonrot’ wordt voorkomen.

Waarborgen in het proces

Na de gunning is het belangrijk om de ambities te bewaken en te waarborgen dat deze ook daadwerkelijk worden gerealiseerd. Daarvoor is het nodig dat alle betrokken partijen zich bewust zijn van de keuze voor CO_2-arm en circulair beton:

- De constructeur neemt duurzaam beton mee in zijn advies. Belangrijk is onder meer dat beton van hogere sterkteklasse alleen daar wordt toegepast waar het per se nodig is. Ook kan ruimte in verhardingstijden worden benut.
- De milieuprestatie van het beton moet op tekening worden verwerkt.
- De aannemer koopt in, bewaakt en legt vast. Dit geldt zowel voor in situ beton als voor prefab beton.
- De leverancier ontwikkelt, toont aan en legt vast. Ook dit geldt zowel voor in situ beton als voor prefab beton.

Mogelijke bestektekst voor het uitvragen van duurzaam beton volgens het Betonakkoord:

Met verwijzing naar de rapportage van het Betonakkoord dient beton te worden toegepast met de volgende milieuprestaties:

- Alle beton toe te passen met plafondwaarden / koploperwaarden waarbij de CO2/MKI waarden moeten worden aangehouden
  - Van het toe te passen transportbeton dient ..procent te voldoen aan de koploperwaarden*
  - Van het toe te passen prefab beton dient ..procent te voldoen aan de koploperwaarden*
- Alle beton dient met streefwaarden / limietwaarden voor recycling toeslagmateriaal te worden toegepast**

* Deze regels vervallen als de keuze is gemaakt alle beton met koploperwaarden toe te passen

** Deze regel is facultatief op te nemen

Drie praktijkvoorbeelden

Lente
Akkoord 2.0
Circulair Industrieel Bouwen

KJ Den Haag: besparing in hogeresterktebeton

KJ Den Haag is een dubbele woontoren nabij Den Haag Centraal Station. Met 17.000 kuub beton in het gebouw was hier een enorme CO_2-besparing te behalen. Die werd hoofdzakelijk gerealiseerd door het waar mogelijk terugbrengen van sterkteklasse en door het verdubbelen van de verhardingstijd. In de beide penthouses werden pilots uitgevoerd: een met basaltwapening en een met beton met biochar.



De besparing op CO_2-emissie van beton bij KJ Den Haag was het gevolg van een gezamenlijke ambitie van aannemer J.P. van Eesteren (TBI-onderneming) en ontwikkelaars Synchroon (eveneens TBI) en Amvest, die zich hadden laten inspireren door een lezing van betontechnoloog en constructeur Niki Loonen (toen nog ABT, nu TBI). Bij de uitwerking van die ambitie schoven constructeur IMd Raadgevende Ingenieurs en betonleverancier Dyckerhoff Basal ook gelijk aan. Door deze samenwerking konden voorstellen direct worden beoordeeld op constructieve gevolgen en op maakbaarheid.

Minder hogeresterktebeton

KJ - een ontwerp van Powerhouse Company en DELVA - was traditioneel ontworpen met veel beton en staal, zegt projectmanager Paul van Kats van J.P. van Eesteren. Zoals gebruikelijk in hoogbouw was in de onderste bouwlagen beton met een hoge druksterkte nodig, in dit geval C55/67; daarboven respectievelijk in drie stappen aflopend tot 'standaard' C30/37. Hoe hoger de druksterkte van beton, hoe meer cement er in zit. Van Kats: "Die druksterkte heb je nodig in de dragende wanden; maar voor het gemak in de uitvoering was dezelfde sterkteklasse in de vloeren bedacht. De constructeur gaf gelijk al aan dat het voor de vloeren constructief niet nodig was, maar dat de sterkte wel van wand tot wand in het knooppunt in de vloer moest doorlopen. Voor een aannemer is het wat gedoe om — nat in nat - twee soorten beton door elkaar te gebruiken in dezelfde vloer, maar het is wel te doen. In parkeergarages en bij paddenstoelkolommen doen we het ook wel. Het is dus ook geen innovatie." De vloervelden zijn dus in één arbeidsgang met twee verschillende betonsterktes gestort (C55 boven de wanden; C30 in de vloervelden tussen de wanden). "Om fouten te voorkomen hebben we het hogeresterktebeton laten pigmenteren; daarmee kun je gelijk zien of het juiste beton de juiste plek zit" (zie afb. op pag. 24).

Hiermee kon 1800 m^3 C55 beton worden omgezet naar C30. Dat scheelt 50 procent CO_2 (ca 240.000 kg).

Langere verhardingstijd

De tweede stap was om te kijken naar de mogelijkheden om CO_2 te besparen in het resterende hogeresterktebeton. “De norm bepaalt dat de eindsterkte daarvan op de 28e dag behaald moet zijn. Maar die benodigde druksterkte is berekend voor de eindsituatie, terwijl je na 28 dagen pas twee bouwlagen verder bent”, zegt Van Kats. “Dat biedt dus mogelijkheden voor een langzamere verharding cq uitgestelde sterkte. Dat vraagt minder cement en we konden kijken naar trager verhardende alternatieven voor cement. Daardoor kon een deel van het cement worden vervangen door minder milieubelastende maar langzamer reagerende hoogovenslak. Gebruik van een hoog aandeel hoogovenslak als cementvervanger is niet nieuw in betonmengsels, maar wel in hogeresterktebeton.”

“De verhardingstijd is nu verdubbeld: van 28 naar 56 dagen. Technisch is dat geen enkel probleem, maar strikt past het niet meer in wat we binnen de norm gewend zijn. Bouw- en Woning Toezicht Den Haag had daar gelukkig geen moeite mee, mits we in de praktijk met cilinderboringen zouden aantonen dat de verharding verliep volgens verwachting.”

Op de hoeveelheid van 1900 m^3 hogeresterktebeton betekende dit een besparing van 40 procent CO_2-emissie (ca 190.000 kg; 100 kg/m^3)

Warme tunnelgietbouw

In de voorfase was er sprake van om KJ Den Haag te gaan tunnelen. Ook hier is gekeken of er CO_2-besparing haalbaar was. Dat bleek te kunnen door te kiezen voor verwarming van de tunnels. Vroeger was gasverwarming in tunnelgietbouw gebruikelijk om elke dag een tunnel te kunnen trekken. Later werd koude tunnelgietbouw ontwikkeld, waarbij voor snelle verharding extra cement werd toegevoegd. Onderzoek wees uit dat door nu terug te gaan naar gasverwarmde tunnelgietbouw een besparing van ca 1,5 miljoen kg CO_2 (50 procent) mogelijk was, ondanks de verbranding van propaangas. Gezien de grote hoeveelheid beton zou dit in absolute zin de grootste besparing hebben opgeleverd.

Uiteindelijk bleek het technisch niet haalbaar om KJ te tunnelen, maar het onderzoek gaf wel waardevolle inzichten voor J.P. van Eesteren, TBI en de projectontwikkelaars Synchroon en Amvest.

Pilot biochar

In de penthouses wilden de partijen graag pilots in CO_2-besparing uitvoeren. Voor het ene penthouse was dat beton C30 met biochar. Biochar is een pure koolstof, afkomstig uit pyrolyse-installaties voor verwerking van biomassa. “We wilden zo veel biochar bijmengen dat het de CO_2-emissie



van het cement volledig zou compenseren.” Het was aan Dyckerhoff Basal om daarmee een verwerkbaar mengsel samen te stellen. Biochar fungeert als vulstof en heeft geen invloed op de sterkteklasse en -ontwikkeling van het beton. Maar wel op de verwerkbaarheid. Het is een sterk hydrofiele stof, die veel water aan het betonmengsel onttrekt. Dyckerhoff Basal wilde dat niet volledig compenseren door toevoegen van extra plastificeerder omdat dat ook een chemische, milieubelastende stof is. Uiteindelijk slaagde de centrale er in een verwerkbaar mengsel te produceren, dat ook verwerkbaar bleef na transport, eventuele wachttijd en het hijsen van een kubel beton naar 90 meter hoogte. “Waarbij je ook nog rekening moet houden met opwarming door zoninstraling doordat dit beton een bijna zwarte kleur heeft”, voegt Van Kats daar aan toe.

Basaltwapening

In het tweede penthouse werd een experiment uitgevoerd met basaltvezelwapening. Basalt is vulkanisch gesteente en daarmee een onbeperkt voorradige grondstof. De milieufootprint is per kilogram ongeveer twee keer zo hoog als van wapeningstaal, maar een wapeningsstaaf van gelijke diameter is vier keer zo licht. Dat halveert de milieufootprint alsnog doordat diameters en h.o.h.-afstanden in principe gelijk kunnen blijven aan die van staal.

“Omdat basaltwapening niet eerder op deze manier werd toegepast, had de leverancier niet alle benodigde rekengegevens voor ons en hebben we dus zelf belastingsproeven uitgevoerd”, zegt Van Kats. Vanwege onzekerheden over de doorbuiging op lange termijn mocht

de basaltwapening uiteindelijk alleen in de wanden worden toegepast. “Daar zit het in als staven en netten. Je kunt basaltstaven niet buigen. Wandelstokken en haarspelden moet je dan prefab bestellen en dat is duur.” De vlechters moesten er rekening mee houden dat basalt slapper is dan staal en wanden dus wat lastiger vooruit te vlechten zijn. Daarentegen is de fysieke belasting minimaal door het lage gewicht.

De toepassing in wanden is natuurlijk niet het meest spannende, erkent Van Kats. Voor verdere toepassing van basaltwapening is aanvullend onderzoek nodig. TBI-zusterbedrijf ERA Contour gaat samen met constructeur IMd op een volgend project verder met deze innovatie. Ook TBI-onderneming Mobilis volgt de ontwikkelingen nauwlettend. De toepassing van basaltvezelwapening lijkt in met name kelders en civiele kunstwerken veelbelovend te zijn.

Lessen en aanbevelingen:

Gebruik van beton van de juiste sterkte op de juiste plaats bespaart fors op het gebruik van hogeresterktebeton en levert daarmee een forse CO_2-besparing op.

Door verlengen van de verhardingstijd van 28 naar 56 dagen van hogeresterktebeton is minder cement nodig (40 procent besparing op CO_2). Technisch gezien is deze verlenging vrijwel nooit een probleem. Dit wijkt echter af van de normen en vereist dus toestemming vooraf van Bouw- en Woningtoezicht.

Overstap naar warme tunnelgietbouw levert tot wel 50 procent CO_2-besparing op. Dit gaat om een netto besparing, dus na verrekening van de CO_2-uitstoot door stoken op gas.

Beton met biochar is technisch toepasbaar in in situ beton, maar heeft beperkingen: het is een restproduct en daarmee beperkt beschikbaar; biochar is relatief duur; het mengproces in de centrale is nu nog niet geautomatiseerd. Daarbij telt biochar als biogene opslag van CO_2 niet mee in de LCA/MKI/MPG.

Basaltwapening is nog relatief duur. Het heeft een iets grotere doorbuiging bij gebruik in vloeren. De unieke eigenschap dat basalt niet roest, lijkt beter tot zijn recht te komen bij gebruik in gevels, kelders, GWW en infra, waar veel extra wapening wordt toegevoegd om krimp te voorkomen.



WijCK Pijnacker: minder en duurzamer beton

Dura Vermeer bouwt en ontwikkelt in Pijnacker een duurzame wijk met 349 woningen. Voor elk woningtype keek de bouwer en ontwikkelaar naar mogelijkheden om de CO_2-emissie te reduceren. Dat resulteerde in warm tunnelen, een duurzame breedplaat met duurzame opstortlaag én de keuze voor kalkzandsteen met een kanaalplaatvloer.



De gebiedsontwikkeling WijCK in Pijnacker bestaat uit drie fasen. In het ontwerp van de wijk speelde duurzaamheid een belangrijke rol, wat zich met name toespitst op klimaatadaptatie, biodiversiteit en een scherpere BENG-score. Qua materiaalgebruik in de gebouwen waren er geen concrete doelstellingen vastgelegd, maar wilden Bouwinvest en Dura Vermeer een lage MPG-score realiseren, vertelt projectleider Jeroen Franssens van Dura Vermeer. Dura Vermeer besloot vanuit die ambitie diverse mogelijkheden tot CO_2-reductie te onderzoeken, waarbij de CO_2-emissie van beton een belangrijke rol speelde.

Reële berekeningen

De opzet in drie fasen en de verschillende types woningen boden volop ruimte om de diverse mogelijkheden te onderzoeken en uit te testen. “Toen wij met WijCK begonnen, speelde besparing op CO_2-emissie nog nauwelijks en was er weinig kennis. We hebben eerst bij betoncentrales geïnformeerd wat er mogelijk was. We zijn aan de slag gegaan met de Ontwerptool Groen Beton. Uiteindelijk hebben we in de eerste fase vooral gerekend aan de CO_2-emissie. Wat opvalt is dat je met reële berekeningen veel gunstiger uitkomt dan dat je op basis van forfaitaire rekenwaardes zou uitkomen. Maar dat is natuurlijk vooral administratieve winst”, vertelt Franssens.

Warm tunnelen

In de tweede fase zette Dura Vermeer daadwerkelijke stappen. “We wilden hier tunnelen. Dat betekent dat je dagelijks de kist wil trekken. We zijn gaan zoeken naar een mengsel met minder cement dat goed te verwerken is en past bij die cyclus.” Concreet betekende dat

toepassing van een mengsel met meer hoogovenslak, waarbij de uithardingstijd werd verkort door de tunnel te verwarmen. “In elke tunnel hangen gaskachels. We zijn in het opstartproces die verwarming gaan tweaken om tot de optimale afstelling te komen.”

Toen in WijCK voor dit warm tunnelen werd gekozen, maakte Dura Vermeer er tevens bedrijfsbeleid van. Dat betekent dat bij tunnelbouw nu standaard gekozen wordt voor een mengsel met minder cement in combinatie met verwarming. Met dit warm tunnelen voldoet de betonbouw aan de koploperwaarden uit het Betonakkoord.

Warm tunnelen zorgt voor circa 62 procent CO_2-reductie op het betonmengsel. Dat komt uit op minder dan 100 kg CO_2 per m^3 en voldoet daarmee waarschijnlijk nog tot 2030 aan de koploperwaarden. Daar staat uiteraard het gasverbruik tegenover, wat gemiddeld uitkomt op zo’n 15%. Netto resteert dus een reductie van 40 tot 45 procent.

Kalkzandsteen met betonvloer

In de derde fase realiseert Dura Vermeer eengezinswoningen en studio’s. Ook hier is kritisch gekeken naar de materialen. Op basis daarvan is de bouwmethode aangepast. De wanden worden nu uitgevoerd in kalkzandsteen in plaats van in beton. Voor de vloeren van de eengezinswoningen is gekozen voor een kanaalplaatvloer. Dit is wel beton, maar door de holle ruimtes in de vloer blijft de hoeveelheid beton beperkt. Dat levert een aanzienlijke CO_2-reductie op.

De studio’s worden eveneens gerealiseerd met kalkzandsteen wanden, maar hier in combinatie met een breedplaatvloer. Dura Vermeer is voor de breedplaatvloeren in zee gegaan met Geelen beton, dat de productielijn hiervan inmiddels geoptimaliseerd heeft op koploperwaardes.

Duurzaam in situ beton

Voor de opstorting op de breedplaat in deze derde bouwfase is gekozen voor beton van NextGen, voorzien van een Categorie 1 Milieuverklaring in de Nationale Milieudatabase. Dit beton van de Goudse Betonmortel Centrale bevat 60 procent circulair grof toeslagmateriaal en 25 procent circulair fijn toeslagmateriaal en fors minder portlandklinker. Voor de opstorting op breedplaatvloeren is verhardingstijd overigens iets minder relevant. “Omdat je vloeren doorstempelt, is er voldoende tijd beschikbaar”, zegt Franssens.



Voor het beton van de funderingen heeft Dura Vermeer gekozen voor een mengsel met een hogere hoeveelheid gerecycled toeslagmateriaal. “Dat is iets lastiger te verwerken door dat de plasticiteit van het beton iets lager is. Daardoor is het oppervlak wat ruwer en zitten er blaasjes in. Maar in de fundering is dat geen probleem.”

“Met de genomen maatregelen voldoet het project aan onze net zero-doelstelling. Dat is met de nodige inspanning dus goed haalbaar!”

Lessen en aanbevelingen:

Kies bij tunnelbouw voor warm tunnelen. Daardoor kan een betonmengsel worden toegepast met minder cement, dat voldoet aan de koploperwaarden. Dit ondanks de emissie door gasverwarming. Een netto besparing van 40 tot 45 procent op de CO_2-emissie is haalbaar.

Bespaar op de hoeveelheid beton: zijn er andere bouwmethodes beschikbaar met minder CO_2-emissie? Is een kanaalplaatvloer — met minder beton door de holle ruimtes — een optie? Daarbij blijft de duurzaamheid van het wel gebruikte beton uiteraard een aandachtspunt.

Kies voor prefab producten met een lage CO_2-emissie.

Kies voor de opstorting op de duurzame breedplaat voor een betonmengsel met lage CO_2-emissie. Dat betekent veelal wel een langere verhardingstijd. Dat hoeft geen probleem te zijn bij doorstempeling van de vloeren.

Pas maximaal circulaire grondstoffen toe in met name beton dat niet in het zicht blijft.

Zaandam: circulair beton

Tot 60 procent reductie op de CO_2-emissie van het in situ beton bereikt Ten Brinke bij de bouw van twee grote appartementencomplexen in Zaandam. Die reductie komt volledig voort uit de keuze voor gebruik van het circulaire beton van Urban Mine, eveneens uit Zaandam.

Ten Brinke is een bouwer van grote projecten. Verduurzaming staat bij het bedrijf hoog in het vaandel, vertelt uitvoerder Ricardo de Jong. Bij de grote appartementencomplexen die het bedrijf in Zaandam bouwt, zag het juist het vele beton als een mooie kans om de milieu-impact te verbeteren.

Aan de Houthavenkade bouwt Ten Brinke momenteel 710 appartementen en op het 500 meter verderop gelegen Hembrugterrein nog eens 1400. Deze laatste locatie is een voormalige militaire basis, waar de geschiedenis bewaard blijft en tussen de bomen gebouwd wordt. Duurzaamheid is daar dus extra belangrijk, wat ook door opdrachtgevers steeds vaker wordt gevraagd.

Wanden-breedplaat

"We bouwen hier met wanden breedplaat. Al het in het werk gestorte beton komt van Urban Mine", vertelt De Jong. "Dat is dus voor de fundering, voor de wanden en voor de opstorting van de breedplaten." Qua verwerking is het voor Ten Brinke niet anders dan traditioneel beton. De Jong: "Wel hebben we samen goed gekeken naar de samenstelling. Met name voor de wanden wil je beton hebben met een glad oppervlak, zodat je de latere wandafwerking beperkt kunt houden. Met de laborant van Urban Mine hebben we in goede samenwerking de mortel aangepast, met meer fijne toeslagstoffen. Daarmee hebben we heel mooie wanden kunnen storten. Uiteindelijk is het ons beider belang om te komen tot een hoge kwaliteit." Datzelfde geldt ook voor de vloeren van een aantal gangen die monoliet afgewerkt zijn. "Ook over dat resultaat zijn we zeer tevreden."

Voor Ten Brinke was het ook heel gunstig dat Urban Mine in Zaandam zit. "Daardoor konden we snel schakelen met de centrale en hadden we ook geen verkeersproblemen bij de aanvoer van beton."





Begrensd door normeringen

Het beton van Urban Mine is binnen KOMO-certificering nu tot gemiddeld 69 procent circulair. Het bevat ook betonfines, waardoor het gehalte aan portlandcement veel lager kan zijn dan in traditioneel beton. Technisch zou het volgens sales manager Clemens Kruiper zelfs naar 100 procent circulair kunnen. Dat is volgens de huidige cementnormeringen echter niet toegestaan. Bij winters weer wordt vaak nog extra cement gevraagd, als je dat vanuit oogpunt van duurzaamheid niet doet, zou dat — afhankelijk van de receptuur —kunnen leiden tot een langere uithardingstijd, zoals ook bij regulier beton met minder cement. “En daar is de bouw over het algemeen nog niet op ingesteld.”

Urban Mine beschikt over geavanceerde brekers, die schoon betonpuin breken tot de basisbestanddelen zand, grind en cement (betonfines). Daarmee kan Urban Mine 100 procent van het grind en zand vervangen; gemiddeld zit Urban Mine nu op 100 procent van het grind en 45 procent van het zand. Enige gevolg van het breken is dat de diameter van zand en grind iets kleiner is dan van primaire grondstoffen. Het beton bevat maximaal 25 procent portlandklinker. Daarnaast wordt 20 procent betonfines (Freement) gebruikt, alsmede hoogovenslak. “Het beton is leverbaar in vrijwel alle sterkteklasses, zonder concessies aan milieu- en consistentieklasse.”

Schoon betonpuin

Het schone betonpuin wordt aangeleverd door gecontracteerde partners uit de sloopsector, of eigenlijk: oogstbedrijven. Hoe schoner hoe beter. En het levert de slopers vaak geld op. Niettemin ziet Kruiper dat er voldoende schoon betonpuin is, maar dat dat nog lang niet altijd zijn weg vindt naar recycling in nieuw beton. “Veel verdwijnt toch als vulling onder wegen.” Urban Mine is bezig om die stromen te versterken en de inzameling te verhogen.

> *“Het beton is leverbaar in vrijwel alle sterkteklasses, zonder concessies aan milieu- en consistentieklasse.”*

Volgens Kruiper is het beton van Urban Mine niet — meer — duurder dan regulier beton. “Maar we zouden liever hebben dat klanten het kopen vanwege de milieugrondslag dan vanwege de prijs.” De vraag naar duurzaam circulair beton zou in zijn ogen dan ook behoorlijk mogen — en moeten - toenemen.

Zaandam

Urban Mine kan een regio bedienen van ongeveer 45 minuten rondom Zaandam. “Binnen die tijd kun je garanderen dat het beton bij aflevering nog van dezelfde kwaliteit is als bij de productie. Zoals we geen extra cement willen toevoegen voor snellere verwerking, willen we ook geen extra vertragers toevoegen voor langere transportafstanden.”

Eigenlijk zou Urban Mine dan ook willen uitbreiden naar andere regio’s. “De vraag naar beton is heel groot in Rotterdam; de vraag naar circulaire materialen is het grootste in Utrecht. Maar nieuwe centrales bouw je niet zomaar. Die moeten bij voorkeur gelegen zijn aan het water, je moet een aansluiting krijgen om elektrisch te produceren én je moet een vergunning krijgen om te bouwen. Voor dat laatste is het met name stikstof dat roet in het eten gooit.”

Kortom: er zijn volop technische mogelijkheden en er is een markt, maar er zijn nog diverse hindernissen te nemen voor grootscheepse uitrol en verdergaand circulair grondstoffenverbruik.

Lessen en aanbevelingen

Maak waar mogelijk gebruik van gerecycled, circulair beton.

Kijk bij sloop/nieuwbouw naar de mogelijkheden om schoon betonpuin aan te bieden voor hoogwaardige recycling.



Met de brekers van Urban Mine worden uit schoon betonpuin de basisbestanddelen teruggewonnen. Vlnr: freegravel, freesand, freefiller en freement.

Deze publicatie is een initiatief van Lente-akkoord. Verzoeken en vragen naar aanleiding van deze publicatie kunnen worden gericht aan Sander Woertman, Programmaleider Lente-akkoord op info@lenteakkoord.nl

Met dank aan
- Jacqueline Cramer, Betonakkoord
- Niki Loonen, TBI
- Teun Verhagen, Van Wijnen
- Frank Wijnen, Geelen Beton
- Lizzy Butink en Jeroen Franssens, Dura Vermeer
- Ricardo de Jong, Ten Brinke
- Sven Hiskemuller van der Zijden en Clemens Kruiper, Urban Mine
- Paul van Kats, J.P. van Eesteren

Voor het meedenken, aanleveren van data en delen van praktijkervaringen.

Speciale dank aan Henk Wind voor het proactieve redactie- en schrijfwerk.

Vormgeving: Robert Koopman | WarmGrijs

Juni 2026

Lente Akkoord 2.0
Circulair Industrieel Bouwen