

# MERWEDE LAB

## Betoninnovatie

*In samenwerking met: ABT*

NASLAGWERK



Circulair Bouwen

# COLOFON

## Eerste druk

### In opdracht van het Merwede LAB, uitgevoerd door/in samenwerking met ABT

Merwede LAB brengt impactvolle, praktisch toepasbare, duurzame innovaties en interventies op het vlak van duurzame energie, circulair bouwen, social design, gezond stedelijk leven in het planproces van Merwede.

Inhoudelijke vragen of opmerkingen?

Neem contact op via: [s.mulders@abt.eu](mailto:s.mulders@abt.eu)

### © Merwede LAB

We hebben ons best gedaan om van alle foto's en afbeeldingen de oorspronkelijke eigenaar te achterhalen. Mocht u van mening zijn dat een foto of afbeelding onterecht zonder toestemming is opgenomen verzoeken wij u contact op te nemen met de auteur.

**Merwede LAB:** [office@merwedelab.nl](mailto:office@merwedelab.nl)

**Programma management:** Brokkenmákers

**Vormgeving:** Studio Flauwer

**Disclaimer:** Dit naslagwerk dient ter inspiratie voor het verleggen van de lat in Merwede. Uitkomsten van het Merwede LAB zijn nooit automatisch aanvullende eisen of toetsingskaders. Alleen als expliciet in het Eigenarencollectief het besluit wordt genomen, kan de lat verlegd worden.

### Mede mogelijk gemaakt door:

#### Het eigenarencollectief:

Gemeente Utrecht, Janssen de Jong, BPD | Bouwfonds Gebiedsontwikkeling, Synchroon, Boelens de Gruyter, G&S, AM, Greystar, Roundhill Capital, Lingotto en 3T Vastgoed.

EFRO React EU en Kansen voor West II



# INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	5
PROJECT	7
UITVRAAG	9
BIJLAGE	20

# VOORWOORD

Beste betrokkene bij Merwede,


Met trots presenteer ik u dit naslagwerk over betoninnovatie. In dit werk nemen we u mee langs een scala aan innovatieve strategieën en technieken om de milieu-impact van betonconstructies te beperken. Van de optimalisatie van paalfunderingen en het gebruik van hybride wapening tot de toepassing van geopolymeerbeton en de nieuwste methoden voor CO<sub>2</sub>-captatie – dit naslagwerk biedt waardevolle inzichten en concrete handvatten voor om de impact van beton te verkleinen .

De inhoud is specifiek samengesteld om professionals te ondersteunen met praktische adviezen en vernieuwende oplossingen die verder reiken dan de standaard bouwmethoden. Het doel? Ons doel is om de enorme footprint van beton zo veel mogelijk te verkleinen met praktische toepasbare oplossingen en innovaties . Wij hopen dat dit naslagwerk niet alleen als een referentie dient, maar ook als een bron van inspiratie voor het toepassen van deze innovaties in toekomstige projecten.

Hartelijke groet,

Mirjam Schmöll | Programmamanager Merwede LAB

*Met medewerking van ABT*



**“BETON HEEFT EEN ENORME CO<sub>2</sub>-IMPACT EN EEN LICHTGROENE VARIANT IS BESCHIKBAAR, HAALBAAR EN BETAALBAAR. IN EEN DUURZAME WIJK ALS MERWEDE GEVEN WE HIER DUS HET VOORBEELD VOOR DE TOEPASSING.”**

# PROJECT

In opdracht van Synchroon en MerwedeLAB heeft ABT voor vier nieuw te bouwen appartementengebouwen advisering verzorgd gericht op het beperken van de milieu-impact van de betonnen onderdelen. Hoewel deze adviezen specifiek gericht waren op deze appartementencomplexen, kan op basis daarvan wel een algemeen advies worden opgesteld voor het verduurzamen van vergelijkbare appartementengebouwen bij toekomstige projecten. Dit algemene advies is in deze notitie beschreven.

Voor het beperken van de milieu-impact van beton kunnen de volgende onderwerpen worden beschouwd:

- Uitvraag
- Paalfundering
- Funderingsconstructie
- Constructieve bovenbouw
- Klinkerbestrating
- Kraanpoer
- Gebruik secundaire grondstoffen
- Mengseloptimalisatie gericht op CO<sub>2</sub>-reductie
- Langeduursterkte
- Alkalische activatie / versnellers
- Hybride wapening / staalvezelbeton
- Basaltvezelwapening
- Geopolymeerbeton
- Zwaarbeton
- Carbon capture

# UITVRAAG

Door het BetonAkkoord is in juni 2024 een definitie van 'groen' beton gepresenteerd (zie bijlage pagina 20). De twee pijlers hierbij zijn de CO<sub>2</sub>-impact (productiefase A1-A3) en het aandeel secundair materiaal. Daarbij wordt verder onderscheid gemaakt tussen licht- en donkergroen. Door bij de uitvraag te verwijzen naar deze definitie, kan direct en gericht de milieu-impact van beton worden beperkt. In onderstaande tabel worden de waarden voor 2024 weergegeven. Voor specifieke toepassingen zijn hogere CO<sub>2</sub>-impactwaarden bepaald.

Onderstaande tabellen tonen de aan te houden waarden voor de CO<sub>2</sub>-impact van 'lichtgroen' en 'donkergroen' beton voor de LCA onderdelen A1 – A3\* (links) en de waarde voor het massa-aandeel secundaire grondstoffen van het totale beton.

*\*LCA set A1 zonder PCR cement*

Milieuklasse	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		Aandeel secundair	
X0	106	143	50%	35%
XC1	118	159	35%	23%
XC2	126	170	25%	17.5%
XC3/XD1	135	180	25%	17.5%
XC4/XS1/XD2	147	196	15%	12%
XS2/XS3/XD3	162	216	15%	12%

*Figuur 1: Aan te houden waarden voor licht- en donkergroen beton voor 2024*

## PAALFUNDERING

Bij grote appartementengebouwen zijn vaak funderingspalen nodig. Geadviseerd wordt om het palenplan zoveel mogelijk te optimaliseren. Hierbij kan gedacht worden om niet meer en niet langere palen dan nodig toe te passen en te kiezen voor paalsystemen met ribbels. De ribbels zorgen voor materiaalbesparing. Verder wordt geadviseerd te kiezen voor systemen met geen of weinig groutsmering.

### Potentieel interessante alternatieven betreffen:

- DPA-Plus schroefpalen (Leverancier Vroom)
- Olivierpalen (Leverancier Verhoef)
- Buisschroefpalen 2.0 (Leverancier BAM speciale technieken)

Voor aanpassing in de keuze van de paalfundering dient altijd overleg gepleegd te worden met een geotechnisch adviseur.

## FUNDERINGSCONSTRUCTIE

Voor een funderingsconstructie is het belangrijk dat rekening gehouden wordt met een praktische paalafstand. Daarnaast dient het aantal en de omvang van de poeren geminimaliseerd te worden. Belangrijk daarbij is dat de palen recht onder de wanden worden geplaatst. Indien poeren met maar drie funderingspalen worden toegepast, kan overwogen worden de randen af te schuinen om het materiaalgebruik te minimaliseren.

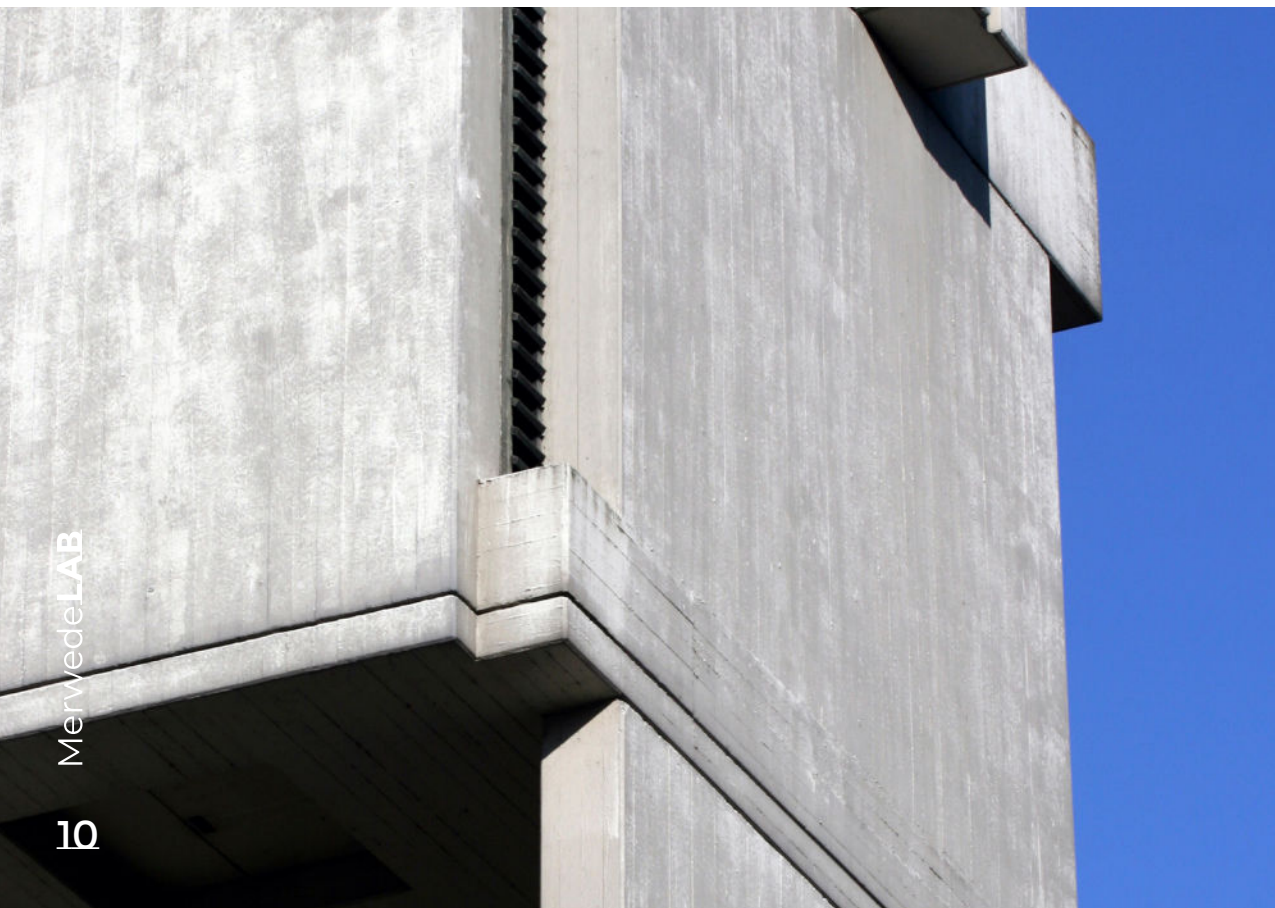
Voor het balkenrooster kan overwogen worden duurzaam beton toe te passen met een langeduursterkte en een hoog aandeel secundair materiaal en het balkenrooster volledig uit te voeren in CEM III/B. Zie hiervoor de betreffende paragrafen.

## CONSTRUCTIEVE BOVENBOUW

Indien mogelijk kan gestuurd worden op het verkleinen van de vloerdikte, waarmee in theorie de verdiepingshoogte kan worden gereduceerd. Lagere verdiepingshoogtes betekenen een lager gebouw, minder materiaalgebruik en lager gewicht voor de afdracht voor de constructie en de fundering. Dit alles leidt tot een lagere CO<sub>2</sub>-impact.

De verticale afdracht kan op verschillende manieren worden verzorgd. Indien hierbij tunnelbouw wordt gebruikt, wordt geadviseerd dit verwarmd uit te voeren met toepassing van CEM III/B met een aandeel betongranulaat. Hierbij dient onder de tunnels verwarmd te worden en dienen de bovenzijde en de tunnels afgesloten te worden om de warmte te behouden. Beargumenteerd kan worden dat verwarmen ook gepaard gaat met een CO<sub>2</sub>-impact. Deze staat echter niet in verhouding tot de CO<sub>2</sub>-impact van Portlandcement om dezelfde bouwsnelheid te halen. Ook kan de mogelijkheid overwogen worden om de bekisting of onderstempeling langer te laten staan en daarmee de ontkistingstijd te verlengen.

In wanden (en vloeren) die constructief niet kritisch zijn kan overwogen worden basaltvezel toe te passen. Bij dezelfde sterkte kan basaltvezelwapening een factor 2 tot 3 minder CO<sub>2</sub>-intensief zijn. Basaltvezelstaven zijn niet te buigen, waardoor een combinatie met beugels en haarspelden van staal voor de hand



ligt. Om scheurwijdte te beheersen kunnen basaltvezelstaven gecombineerd worden met basalt-macro-vezels in het beton. Voor relatief licht belaste betonnen delen kan ook gedacht worden aan geopolymeerbeton.

Prefab beton is in veel gevallen CO<sub>2</sub>-intensief vanwege de korte ontkistingstijden. Voor prefab onderdelen kan in dialoog gegaan worden met verschillende leveranciers. Wellicht zijn er partijen bereid producten met een lagere impact te realiseren, bijvoorbeeld door de ontkistingstijd te verlengen of door het mengsel aan te passen. Ook is het een optie om op zoek te gaan naar geogoste prefab producten uit een donorproject.

Voor bepaalde producten zijn er reeds duurzamere varianten. Zo heeft VBI de mogelijkheid duurzamere kanaalplaten te leveren. Ten slotte kan voor de druklaag, indien aanwezig, het mengsel geoptimaliseerd worden door duurzamer beton toe te passen, bijvoorbeeld CEM III/B met een aandeel betongranulaat als toeslagmateriaal.

### KLINKERBESTRATING

Bij betonwaren zijn reeds flinke stappen gezet in de reductie van CO<sub>2</sub>. Specifiek voor betonwaren zijn er producenten zoals v.d. Bosch en Struik Verwo die cementloze producten leveren die geproduceerd zijn met geopolymeerbeton. Dit betreft nog een beperkt aanbod in type producten, maar wellicht dat deze voor de bestrating kunnen worden overwogen. Daarnaast produceert Excluton betonwaren met relatief weinig Portlandcement, wat direct gerelateerd is aan de CO<sub>2</sub>-impact. Minder Portlandcement betekent een lagere CO<sub>2</sub>-impact. De MKI is een goede maatstaf om de totale milieu-impact van bijvoorbeeld bestratingsproducten met elkaar te vergelijken.

### KRAANPOER

Een tijdelijke constructie zoals een kraanpoer leent zich er erg goed voor om met innovatief beton en/of innovatieve wapening te worden gerealiseerd, aangezien de poer een tijdelijke functie heeft. Te denken valt aan een zeer hoog aandeel secundaire grondstof, geopolymeerbeton, hybride wapening of basaltwapening.

Het uitvoeren van pilots helpt om ervaring op te doen met nieuwe technologie voor alle ketenpartners. Met deze ervaringen kan bij volgende projecten worden opgeschaald en op termijn een nieuwe duurzame standaard worden gecreëerd.

### GEBRUIK SECUNDAIRE GRONDSTOFFEN

Voor alle beton geldt dat onderzocht kan worden welk percentage secundaire grondstoffen kan worden toegepast. De meest gangbare materialen zijn hoogovenslak, betongranulaat en vliegas. Bij toepassing van materiaal uit een slimme breker kan ook zand of cementrecycalaat hergebruikt worden. In principe is het voor vrijwel alle beton goed mogelijk 20% secundaire grondstoffen (van de totale massa) toe te passen, maar hogere percentages zijn mogelijk wanneer gebruik gemaakt wordt van materiaal verkregen uit innovatieve recyclingmethodes, zie ook CUR 127. Zie hiervoor ook de paragraaf betreffende de definitie van groen beton conform het BetonAkkoord.

Een mogelijke leverancier van (prefab) beton met een hoog aandeel secundair materiaal is Rutte groep.

Voorbeeld cementloze straatstenen



## MENGSELOPTIMALISATIE GERICHT OP CO<sub>2</sub>-REDUCTIE

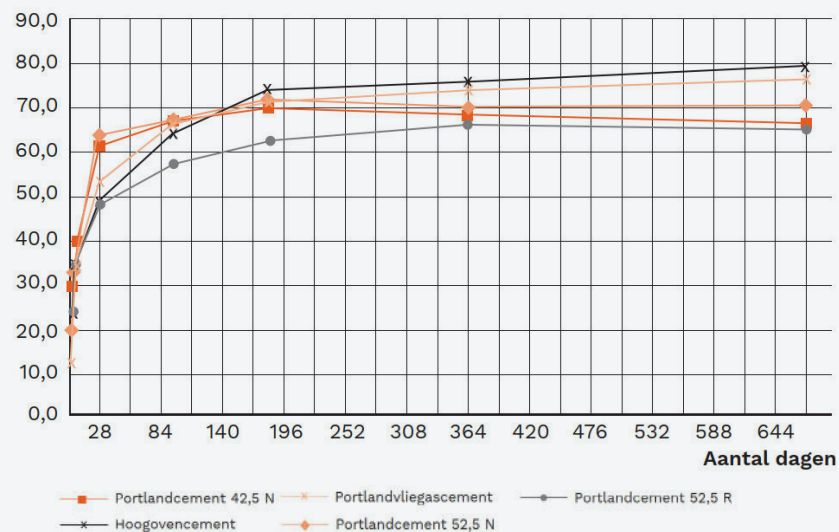
Door de korrelgradering van beton te optimaliseren kan de waterbehoefte Principe innovatieve recyclingmethodes nrales gebruiken GroenR technologie om een vergelijkbaar effect te realiseren. Door bij de productie van beton aandacht te besteden aan een constant en laag watergehalte in combinatie met een hoge dosering plastificeerder kan een lagere hoeveelheid bindmiddel worden toegepast, waardoor de milieu-impact afneemt.

De grootste CO<sub>2</sub>-reductie wordt verkregen door hoogovencement CEM III/A voor de prefab en CEM III/B voor in het werk gestort beton als uitgangspunt te hanteren zonder verder bijmengen van portlandcement.

## LANGEDUURSTERKTE

Wanneer een project nog een langere ontwikkeltijd heeft en wanneer beton met wat hogere sterkteklassen worden gebruikt (hoger dan C30/37), kan worden overwogen beton toe te passen waarbij gestuurd wordt op een langere duursterkte, bijvoorbeeld 56 dagen. Na 28 neemt de sterkte van (duurzaam-) beton immers nog toe, zie hiervoor bijvoorbeeld ook onderstaande figuur. Door een langeduursterkte toe te passen kan het cementaandeel in het mengsel veelal worden gereduceerd. Zie hiervoor ook CUR-aanbeveling 121. Eenzelfde situatie kan geschetst worden voor een langere ontkistingstijd, waarbij beton niet reeds binnen enkele dagen ontkist wordt.

Doorontwikkeling sterkte bij verschillende cementen



## ALKALISCHE ACTIVATIE / VERSNELLERS

Vooraf bij prefabricage, maar ook bij in het werk gestort beton, kan met behulp van alkalische activatie of versnellers de sterkte ontwikkeling in de eerste dagen na storten worden verbeterd. Hiermee kan de productiesnelheid die lager is door het beperken van portlandcement (enigszins) worden gecompenseerd.

## HYBRIDE WAPENING / STAALVEZELBETON

Gebruikelijk wordt beton gewapend met wapeningsstaven. In diverse situaties is het echter efficiënter om te wapenen met staalvezelbeton of een combinatie van wapeningsstaven en staalvezelbeton (dit wordt hybride wapening genoemd). Een voorbeeld hiervan zijn licht-gewapende wanden, bijvoorbeeld hoger in de gebouwen, waarin een praktische minimum-wapening wordt toegepast. Deze kunnen efficiënter gewapend worden met alleen staalvezelbeton.

Er zijn veel typen en soorten staalvezel. Het gebruikte type moet goed worden afgestemd op de toepassing. De meest hoogwaardige vezel is niet voor iedere toepassing het meest efficiënt.

Engineering van staalvezelbeton en hybride wapening kan plaatsvinden met de Model Code 2010. Bij het uitkomen van de nieuwe Eurocode zal ook staalvezelbeton daarin zijn opgenomen. Tot die tijd zal dus dialoog nodig zijn met bijvoorbeeld bouwtoezicht over de toepassing.

## BASALTVEZELWAPENING

Basaltvezelwapening is een interessant alternatief voor wapeningsstaal als er op sterkte gewapend kan worden en de constructie niet binnen afzienbare tijd gerecycled wordt. Basaltvezelwapening is nog niet uitgebreid genormeerd, waardoor er afstemming met bouwtoezicht nodig is over de toepassing. Mogelijk zijn er kansen voor de kraanpoeren (indien deze in de ondergrond achterblijven) en in geval van tunnelbekisting licht belaste wanden op hogere verdiepingen, aangezien deze onderdelen tijdelijk of constructief minder kritisch zijn. Bij wanden kan ook de vergelijking gemaakt worden met soort-

gelijke wanden van kalkzandsteen. Immers, wanneer deze in een dergelijke toepassing niet gewapend worden, waarom is wapening van staal in een vergelijkbare betonwand wel noodzakelijk? Basaltvezelwapening kan eventueel gecombineerd worden met wapeningsstaal, staalvezels of basalt-macro-vezels.

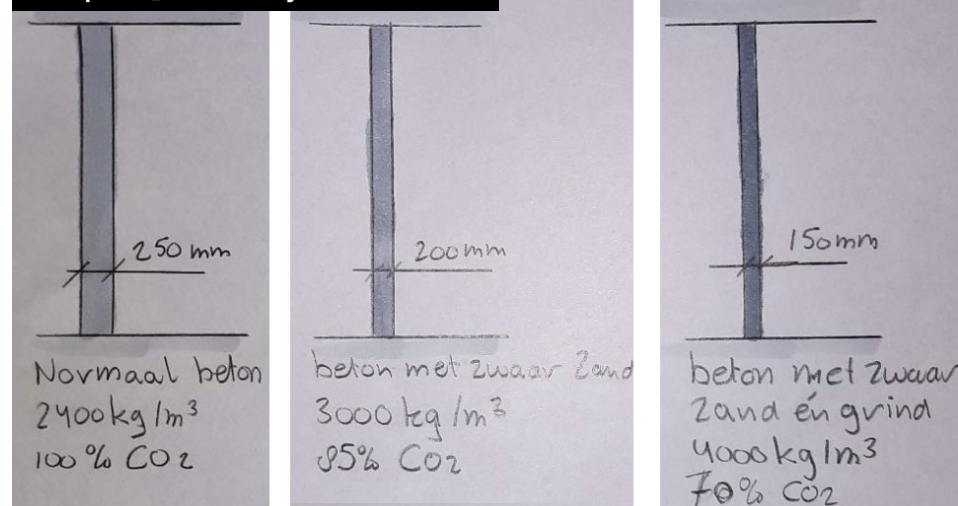
## GEOPOLYMEERBETON

Geopolymeerbeton wordt al in diverse situaties toegepast. Voor de toepassing in relatief licht belaste onderdelen, die controleerbaar zijn en in binnencondities verkeren, is geopolymeer in technische zin risico-arm. Door enkele centrales wordt geopolymeerbeton met SQAPE technologie geleverd, zo ook de betoncentrales van A. Jansen en Rouwmaat. Ook de betoncentrale van Theo Pouw uit Utrecht levert geopolymeerbeton. Wellicht dat in geval van tunnelbekisting bijvoorbeeld het beton van de wanden van de bovenste verdiepingen van een hogere toren in geopolymeer kan worden uitgevoerd. Ten opzichte van beton met hoogovencement is naar verwachting circa 30% CO<sub>2</sub>-reductie haalbaar.

## ZWAARBETON

De dikte van wanden en vloeren in de woningbouw wordt regelmatig bepaald door de akoestische eis dat deze onderdelen een minimale massa (ofwel gewicht, en dus niet dikte) moeten hebben. Door zwaarbeton toe te passen, met staalslak als secundaire grindvervanger, of het nog zwaardere magnetiet, kunnen wanden en eventueel ook de vloeren dunner worden uitgevoerd, waardoor dus minder cement benodigd is. Een bijkomend economisch voordeel kan zijn dat dit enkele vierkante (deci) meters vloeroppervlak kan opleveren en/of de bouwhoogte iets afneemt indien zwaarbeton in vloeren wordt toegepast. De haalbaarheid van deze oplossing dient onder andere door de constructeur te worden geverifieerd. Zie ter illustratie de afbeelding op de volgende bladzijde.

## Principe CO<sub>2</sub>-reductie bij dunnere wanden



## CARBON CAPTURE

De eerste mogelijkheden om gebruik te maken van materialen waarin 'carbon capture and storage or utilisation' (CCSU) wordt toegepast komen beschikbaar. Voorbeelden zijn CO<sub>2</sub>-neutraal cement en gecarbonateerde betonfines van Heidelberg, CCS technologie van Paebbl of bio-kool van clim@add. Voor de korte termijn is dergelijk materiaal nog nauwelijks beschikbaar maar die beschikbaarheid gaat toenemen. Met dergelijke technologie is beton potentieel CO<sub>2</sub>-neutraal te maken.

## **BIJLAGE**

**BETONAKKOORD definitie van groen beton**

Het Betonakkoord streeft een duurzame betonketen na waarin gebruik van secundaire grondstoffen en een lage CO<sub>2</sub>-impact twee belangrijke pijlers zijn. Bij de keten van opdrachtgevers, ontwerpers, aannemers en leveranciers bestaat behoefte aan een eenduidige definitie van 'groen' beton, zodat uitvraag en aanbod beter op elkaar aansluiten. In het navolgende is een definitie voor twee classificaties van 'groen' beton beschreven die als contracteis door opdrachtgevers kunnen worden toegepast. Dit betreft zowel betonmortel als prefabbeton. De waarden zoals benoemd in dit document zijn door de Onafhankelijke CROW Commissie Duurzame Betonketen (ook wel genoemd: expertpanel) geverifieerd.

**'Licht groen' beton**

Beton dat door het peloton met een geringe impact op planning, kosten en beschikbaarheid kan worden toegepast. Specifieke beton toepassingen, zoals witbeton, koude tunnelbouw en snel te ontkisten prefab zonder verwarmen kunnen bij deze klasse mogelijk niet meer worden toegepast.

**'Donker groen' beton**

Beton dat door koplopers met uiteenlopende technologieën reeds binnen bestaande normen en richtlijnen wordt toegepast. Het toepassen van dit beton kan grotere impact hebben op kosten, beschikbaarheid en de planning van een project. Zodra de technologie wordt opgeschaald, zullen kosten en beschikbaarheid geen issue meer zijn. Dan worden de mogelijkheden de basis voor de waarden in het 'licht groen' beton (peloton).

De opdrachtgever of ontwerper kan met het benoemen van een classificatie de ambitie voor het project kenbaar maken aan de andere ketenpartners, eventueel per onderdeel van het bouwwerk.

De omstandigheden waarin beton wordt toegepast heeft een sterke invloed op de levensduur. Voor beton in een agressievere omgeving wordt daarom meer cement toegepast en kan minder secundaire grondstof worden gebruikt. Zodoende is, gekoppeld aan de milieuklasse, een waarde voor de CO<sub>2</sub>-impact en circulariteit bepaald die de beton producent kan aanhouden.

Onderstaande tabellen tonen voor 2024 de aan te houden waarden voor de CO<sub>2</sub>-impact van **licht groen (peloton)** en **donker groen (koplopers)** beton voor de LCA onderdelen A1 – A3 (productiefase)\* (Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1) (links) en de waarde voor het massa aandeel secundaire grondstof van het totale beton (rechts). Er is voor een indeling in milieuklasse (de omgevingscondities waaraan beton wordt blootgesteld) gekozen aangezien de norm voor agressievere condities het gebruik van meer cement voorschrijft waardoor de milieu impact per definitie hoger is. Onder andere voor relatief hoge sterkteklassen is een verhoogde CO<sub>2</sub> impact nader beschreven.

\* LCA set A1 zonder PCR cement

Milieuklasse	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
X0	106	143
XC1	118	159
XC2	126	170
XC3/XD1	135	180
XC4/XS1/XD2	147	196
XS2/XS3/XD3	162	216

Milieuklasse	Aandeel secundair	Aandeel secundair
X0	50%	35%
XC1	35%	23%
XC2	25%	17.5%
XC3/XD1	25%	17.5%
XC4/XS1/XD2	15%	12%
XS2/XS3/XD3	15%	12%

De waarden voor de CO<sub>2</sub>-impact van zowel koplopers als peloton worden over de tijd verlaagd en de percentages secundaire grondstof verhoogd. Voor de CO<sub>2</sub>-impact zijn op basis van het oordeel van het onafhankelijke expertpanel de reducties voor uitvoering al bepaald op respectievelijk 7,5% in 2025 en 15% in 2026. Het moment van ondertekening van het contract is daarbij niet relevant. Het jaar waarin met de bouw wordt gestart, is het moment waarop de (op dat moment geldende) waarde van toepassing is. Dus voor contracten die in 2024 gesloten worden, worden bovengenoemde waarden en reducties gehanteerd.

De opdrachtgever die de koplopers uitdaagt, gebruikt de donkergroene waarden en stelt als contracteis een maximale voetafdruk van de lichte groene waarden. Dus een project waarbij startbouw in 2026 is, hanteert de waarde uit de tabel minus 15% (CO<sub>2</sub>) respectievelijk plus 15% (circular). Tabellen voor 2025 en 2026 zijn toegevoegd onderaan dit document.

Mocht door het eerder genoemde onafhankelijke expertpanel worden vastgesteld dat innovaties/technologieën ('donkergroen beton') op grote schaal beschikbaar zijn gekomen, dan worden de waarden in de tabel aangescherpt en zal het peloton ('lichtgroen beton') ook in lopende contracten, uitgenodigd worden, om verder te reduceren. Daarbij zal de impact op kosten, beschikbaarheid en planning uiteraard ook van belang zijn. Hierover moeten de betrokken partijen uiteindelijk overeenstemming bereiken.

Er zijn situaties waarin toepassing van bovenstaande waarden niet mogelijk is. Wanneer afgeweken wordt, dient daarvoor een goed onderbouwde argumentatie gegeven te worden.

Voor specifieke toepassingen zijn hogere CO<sub>2</sub>-impactwaarden bepaald. Wanneer een project is gegund kan de betreffende leverancier bij de CROW een aanvraag doen voor aanvullende toepassingen met een verhoogde impact. Daarover zal het expertpanel een uitspraak doen, zoals:

- Gebruik spramex beton (maximale korrelgrootte 16 mm) +5%
- Monoliet afwerken bij specietemperatuur < 10°C +15%
- Sterkteklasse C50/60 +5%
- Sterkteklasse C55/67 +10%
- Sterkteklasse C60/75 +20%
- Sterkteklasse C70/85 +30%

Wanneer als onderdeel van een ontwerp of contract de toepassing van groen beton conform de beschreven definitie is voorgeschreven, dient de leverancier een controleerbare berekening aan te leveren van zowel de CO<sub>2</sub>-impact als het aandeel secundaire grondstoffen. Onderbouwing van de CO<sub>2</sub>-waarde van Categorie 1 data door middel van een EPD en toets rapport van de Erkende LCA-deskundigen en bewijsmateriaal dat de informatie in de EPD overeenkomt met de werkelijke uitvoeringswijze.

**Vergelijk milieuprestaties**

Om vergelijkbaarheid van de milieuprestatie mogelijk te maken, is het belangrijk te vermelden dat er wordt gerekend met de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken, kortweg 'Bepalingsmethode'. De Bepalingsmethode is een uniforme meetmethode om de milieuprestatie van bouwwerken eenduidig, controleerbaar en reproduceerbaar te berekenen. Het creëert hiermee een gelijk speelveld voor alle betrokken partijen. De milieuprestatie van diverse bouwontwerpen kunnen worden vergeleken, met als doel de uiteindelijke milieu-impact van een bouwwerk te verlagen. Vanuit deze bepalingmethode kan zowel de CO<sub>2</sub> footprint van beton als de Milieukostenindicator (MKI) worden vastgesteld. In de MKI berekening kunnen ook innovaties op het gebied van wapening worden opgenomen, zoals glas- en basalt(vezel) wapening.

Impact 2025			Impact 2026		
Milieuklasse	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Milieuklasse	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
X0	98	133	X0	92	124
XC1	110	148	XC1	103	138
XC2	118	158	XC2	110	147
XC3/XD1	125	168	XC3/XD1	117	157
XC4/XS1/XD2	137	183	XC4/XS1/XD2	128	171
XS2/XS3/XD3	151	201	XS2/XS3/XD3	141	188

# MERWEDE LAB

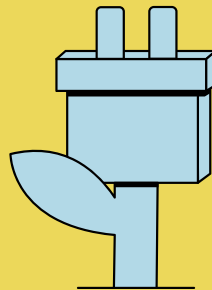
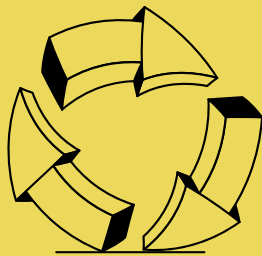
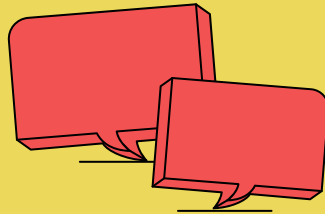
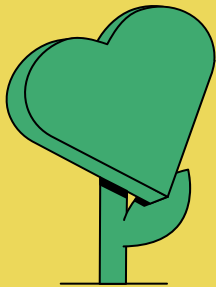


LOLA Landscape Architects

[www.merwedelab.nl](http://www.merwedelab.nl)



# MERWEDE LAB



[www.merwedelab.nl](http://www.merwedelab.nl)