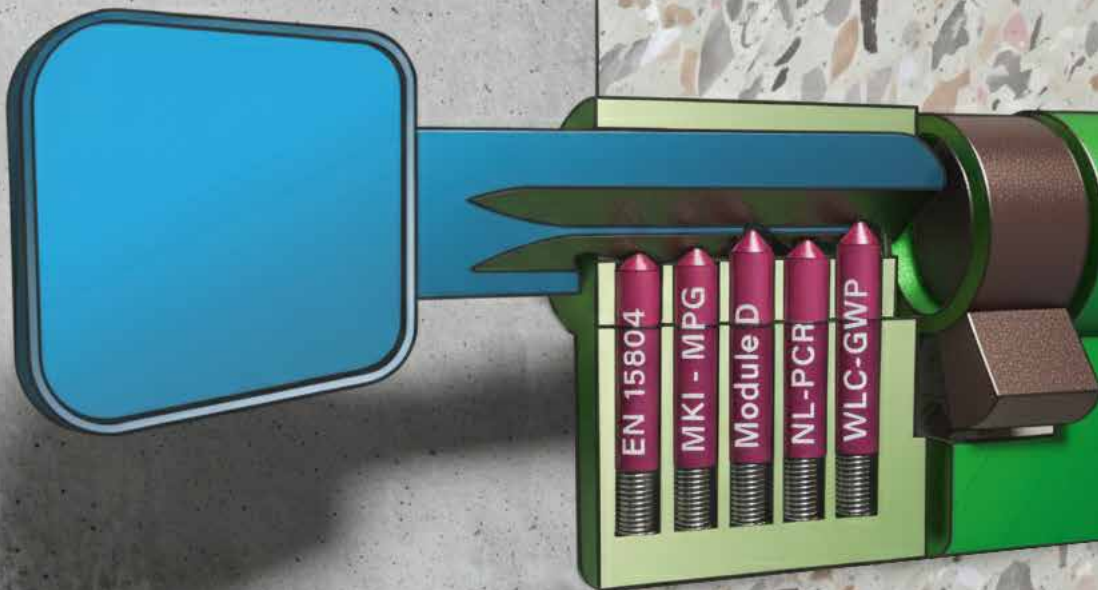




Cement&Beton
Centrum



De code van duurzaam beton ontcijferd

Uitleg van de regels rond milieuprofielen en milieukosten (MKI) van cement en beton

Inhoudsopgave

	Voorwoord	3
1.	LCA	5
1.1	LCA's en EPD's	5
1.2	Uitvoeren van een LCA	8
2.	PCR	10
2.1	Europese en Nederlandse PCR's	10
2.2	Europese PCR voor beton EN 16757	11
2.3	Europese PCR voor cement EN 16908	16
2.4	NL-PCR Cement	16
3.	Bepalingsmethode Milieuprestatie	
	Bouwwerken	20
4.	MKI	23
5.	MPG	30
6.	CPR	33
7.	WLC-GWP	35
8.	Rekeninstrumenten	37
9.	Aandachtspunten	38
	Literatuur	40
	Afkortingen	41





Voorwoord



In de Roadmap CO₂-reductie voor cement en beton in Nederland wordt beschreven welke stappen er in de betonketen worden gezet om het CO₂-profiel van beton te reduceren. Die stappen leveren steeds duurzamer beton op. Die duurzaamheid kan worden bepaald door het uitvoeren van een zogeheten levenscyclusanalyse (LCA). Met een LCA kan de milieu-impact van een bouw materiaal worden uitgedrukt in een getal, de milieukostenindicator (MKI). Hierdoor kunnen bouwmaterialen, maar natuurlijk ook verschillende betonsamenstellingen, met elkaar worden vergeleken.

Door de complexe en regelmatig veranderende regels en de grote hoeveelheid vaktermen en afkortingen is het echter lastige materie, terwijl basiskennis hiervan steeds belangrijker wordt. Voor de meeste leveringen van beton moet tenslotte de MKI beschikbaar zijn. Dit boekje biedt een compacte en overzichtelijke weergave van de belangrijkste regels en begrippen rondom de MKI van cement en beton.

Milieu-impactcategorie	Indicator	Eenheid
Klimaatverandering	GWP-100j	kg CO ₂ -eq.
ozonlaagaantasting	ODP	kg CFK-11 eq.
Fotochemische oxidantvorming	POCP	kg C ₂ H ₂ -eq.
Verzuring	EP	kg SO ₂ -eq.
Eutrofiëring (vermesting)	AP	kg PO ₄ -eq.
Humaan toxicologische effecten	HTP	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.
Exotoxicologische effecten, zoetwater	FAETP	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.
Exotoxicologische effecten, zeewater	MAETP	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.
Exotoxicologische effecten, terrestrisch	TETP	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.
Abiotische uitputting (ex. fossiele energiedragers)	ADP-elementen	kg Sb-eq.
Uitputting van fossiele energiedragers	ADP-brandstof	kg Sb-eq.

Tabellen 1 en 2: De 11 (tabel 1. boven) en 19 (tabel 2. onder) milieu-impact categorieën uit EN 15804:2012 (+A2:2019 set A2), in de Bepalingsmethode aangeduid als set A1, resp. set A2.

Milieu-impactcategorie	Indicator	Eenheid
Klimaatverandering - totaal	GWP-totaal	kg CO ₂ -eq.
Klimaatverandering - fossiel	GWP-fossiel	kg CO ₂ -eq.
Klimaatverandering - biogeen	GWP-biogeen	kg CO ₂ -eq.
Klimaatverandering - landgebruik en verandering in landgebruik	GWP-luluc	kg CO ₂ -eq.
Ozonlaagaantasting	ODP	kg CFC-11-eq.
Verzuring	AP	mol H ⁺ -eq.
Vermesting zoetwater	EP-zoetwater	kg PO ₄ -eq.
Vermesting zeewater	EP-zeewater	kg N-eq.
Vermesting land	EP-land	mol N-eq.
Smogvorming	POCP	kg NMVOC-eq.
Uitputting abiotische grondstoffen - mineralen en metalen	ADP-mineralen en metalen	kg Sb-eq.
Uitputting abiotische grondstoffen - fos. brandstoffen	ADP-fossiel	MJ, net cal. waarde
Watergebruik	WDP	m ³ wereld-eq. onttrokken
Fijnstof emissie	Ziekte door PM	Ziekte-incidentie
Ioniserende straling	Humane blootstelling	kBq U235-eq.
Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTU ecosysteem	CTUe
Humane toxiciteit, carcinogeen	CTU humaan	CTUh
Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTU humaan	CTUh
Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	Bodemkwaliteitsindex	Pt/m ² -jaar

1. LCA

1.1 LCA's en EPD's

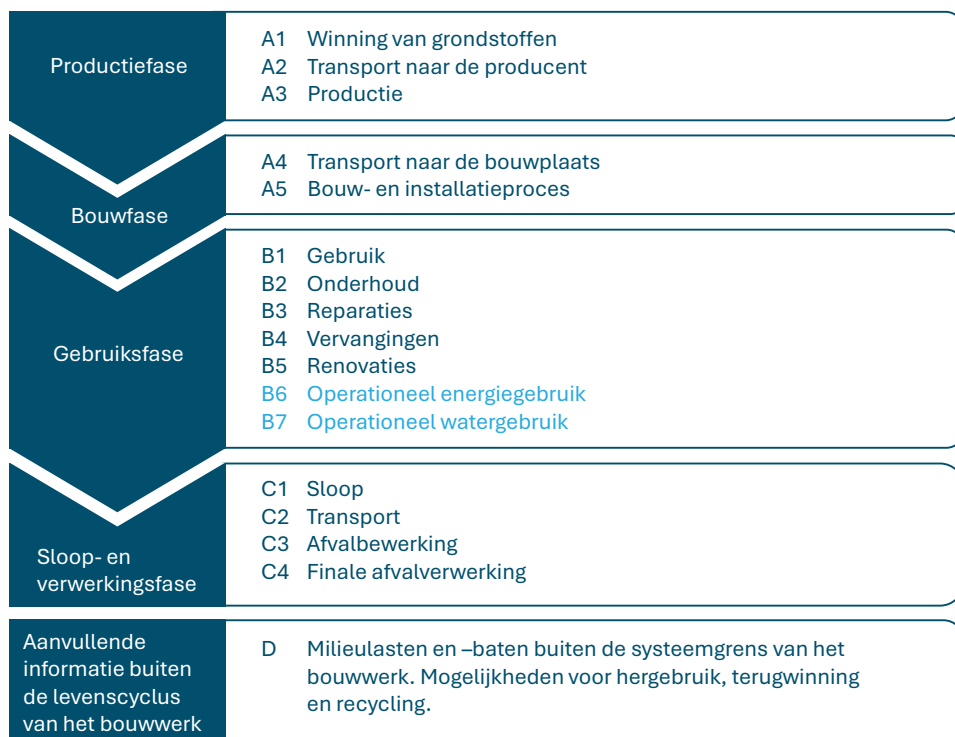
LCA staat voor levenscyclusanalyse, in het Engels Life Cycle Assessment. Een LCA wordt gemaakt om de milieu-impact van een product (of dienst) te bepalen. Hierbij wordt over de gehele levenscyclus van een product, van winning van grondstoffen tot en met afvalverwerking en hergebruik, gekeken naar de milieueffecten zoals CO₂-emissies en uitputting van grondstoffen.

De basisregels voor het uitvoeren van een LCA voor bouwproducten staan in de Europese norm NEN-EN 15804: *Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten*. Er zijn nog aanvullende regels voor specifieke producten zoals cement en beton vastgelegd in zogeheten Product Category Rules (PCR), waar we in het volgende hoofdstuk op in gaan. Daarnaast zijn er aanvullende regels vastgelegd in de *Nederlandse Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken* van Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) waar we in hoofdstuk 3 op ingaan.

Bij het uitvoeren van een LCA wordt, zoals gezegd, gekeken naar alle stadia van de levenscyclus van een product. Voor elke levensfase worden de milieueffecten bepaald. Door voor alle fasen de milieueffecten bij elkaar op te tellen ontstaat een volledig milieuprofiel van een product. Tot 2021 werden er 11 milieueffecten beschouwd, in de norm aangeduid als milieu-impactcategorieën. Door de herziening van EN 15804 in 2019 (wijzigingsblad A2) is het sinds 2021 verplicht om (ook) de effecten voor in totaal 19 milieu-impactcategorieën te berekenen. Er zijn niet alleen meer categorieën bijgekomen, maar voor een deel van de oude 11 categorieën is ook de rekenmethode en/of de eenheid waarin het milieueffect wordt uitgedrukt gewijzigd.

Ondanks dat met de herziening van EN 15804 al in 2019 werd overgegaan van 11 naar 19 milieu-impactcategorieën wordt de MKI nog steeds bepaald op basis van 11 milieu-impactcategorieën. De tabellen 1 en 2 geven daarom een overzicht van beide sets categorieën.

De gehele levenscyclus wordt in EN 15804 verdeeld in 16 delen, aangeduid als modules. Die 16 modules zijn gegroepeerd in 4 fasen, de productiefase (A1-A3), de bouwphase (A4 en A5), de gebruiksfase (B1-B7) en de einde levensduur fase (C1-C4). De 16 modules worden samen ook wel aangeduid als 'cradle to grave' oftewel van de wieg tot het graf. Daarnaast is er nog een 17^e module (D) waarin informatie wordt gegeven over milieulasten en baten buiten de systeemgrenzen 'wieg tot graf'. Het gaat daarbij om mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling. De fasen en modules worden in figuur 1 weergegeven.



Figuur 1. Fasen en modules van de levenscyclus van een bouw materiaal. De donkerblauwe modules (alle modules behalve B6 en B7) zijn een verplicht onderdeel van de levenscyclusanalyse voor opname in de Nationale Milieudatabase.

Gebruikelijk wordt voor bouwmaterialen een levenscyclusanalyse uitgevoerd van module A1 tot en met module D ('cradle to grave' + module D). Volgens de in Nederland verplichte Bepalingsmethode worden de modules B6 en B7 echter niet meegenomen. Die modules zeggen ook meer over de installaties in een gebouw, het ontwerp en het gebruik dan over de milieu-impact van een bouw materiaal. Volgens EN 15804 moeten B6 en B7 overigens wel meegenomen worden voor het type milieudeclaratie (EPD) 'cradle to grave' + module D. EPD staat hier voor Environmental Product Declaration.

EN 15804 kent ook het type EPD 'cradle to gate', oftewel van de wieg tot de poort. De EPD wordt hierbij beperkt tot de productiefase (modules A1 t/m A3). Dit type EPD is echter alleen toegestaan wanneer een product zodanig wordt gecombineerd met andere producten dat ze aan het einde van de levensduur niet meer fysiek kunnen worden gescheiden én het product door chemische of fysische transformatie niet meer identificeerbaar is én het product geen biogeen koolstof bevat. De norm noemt cement als voorbeeld hiervan, waarbij de scenario's voor einde levensduur (modules C en D) te vinden zijn in de EPD's van beton en mortels. Voor alle andere typen EPD's in EN 15804 zijn declaraties van de modules C1-C4 en D verplicht.



1.2 Uitvoeren van een LCA

EN 15804 geeft, zoals in de titel van de norm al aangegeven, basisregels voor het uitvoeren van LCA's voor bouwmaterialen. Individuele materialen worden dus niet of vrijwel niet genoemd. Cement wordt wel tweemaal genoemd. Zo is aangegeven dat de GWP-fossil indicator ook gebruikt moet worden voor CO₂-opname door carbonatatie van cementgebonden materialen en kalk. En cement wordt als voorbeeld genoemd bij de toelichting wanneer een EPD beperkt mag worden tot de modules A1-A3.

De basisregels, in het Engels aangeduid als 'core product category rules' (core PCR) beschrijven de indicators die moeten worden gedeclareerd, informatie die moet worden aangeleverd, de wijze waarop data moet worden verzameld en hoe moet worden gerapporteerd. De norm geeft ook regels voor scenario's, de aannames voor toekomstige gebeurtenissen voor de modules A4 t/m D. De norm moet worden gebruikt in samenhang met aanvullende PCR's (zie hoofdstuk 2) en andere normen en richtlijnen en het geheel is te omvangrijk om hier in detail te behandelen. We gaan hieronder wel in op een paar belangrijke onderdelen van de norm in relatie tot cement en beton.

- Ten aanzien van de berekening van de indicator GWP (klimaatverandering) staat in de norm (paragraaf 5.4.3, *carbon offset, carbon storage and delayed emissions*) dat effecten van tijdelijke koolstofopslag en vertraagde emissies niet meegenomen mogen worden in de berekening van de GWP. Het effect van permanente biogene koolstofopslag mag ook niet worden meegenomen in de berekening van de GWP. Dat eerste is niet direct relevant voor beton; zowel CO₂-afvang en opslag (CCS) als CO₂-opslag door carbonatatie betreffen permanente vastlegging van koolstof. Dat laatste raakt echter het gebruik van zogeheten biochar als vulstof of toeslagmateriaal in beton. Biochar kan een fors negatief CO₂-profiel hebben, maar dat mag volgens EN 15804 dus niet worden meegenomen in de berekening van de GWP-indicator (het CO₂-profiel) van beton.

- De norm hanteert het 'polluter pays principle'. Dat wil zeggen dat de milieu-effecten van de afvalverwerking worden toegekend aan het product dat tot afval heeft geleid, totdat de einde-afval status is bereikt. Dit principe heeft tot gevolg dat de milieukosten van secundaire toeslagmaterialen over het algemeen wat lager zijn dan de milieukosten van primaire toeslagmaterialen. Ook secundaire vulstoffen kunnen door dit principe een relatief lage MKI hebben, maar net als bij toeslagmaterialen is het wel sterk afhankelijk van de processtappen die plaatsvinden tussen 'einde afvalstatus' en het eindproduct dat geschikt is voor toepassing in beton. Het 'polluter pays principle' heeft ook tot gevolg dat de milieu-impact van het verbranden van secundaire brandstoffen bij de productie van portlandcementklinker meestal wordt toegekend aan de LCA van de oorspronkelijke producten, maar hierover in het volgende hoofdstuk meer.
- Hoogovenslak is een bijproduct van de productie van ruwijzer. Bij de productie van ruwijzer komt veel CO₂ vrij, maar slechts een klein deel daarvan wordt toegekend aan de hoogovenslak. De toekenning van een klein deel van de milieu-impact van de ruwijzerproductie aan de hoogovenslak is op basis van de in EN 15804 opgenomen regels voor bijproducten. Wanneer een proces niet gesplitst kan worden moet rekening worden gehouden met het hoofddoel van het proces. Verder is de economische waarde van de producten van belang. Bij kleine verschillen moet gekeken worden naar het volume of de massa van de producten. Bij grote verschillen moet echter worden gekeken naar de economische waarden. Voor hoogovenslak geldt dat het hoofddoel van het productieproces de productie van ruwijzer is. Het verschil in economische waarde tussen ruwijzer en hoogovenslak is groot. Daarom moet voor hoogovenslak economische allocatie worden toegepast. Ook hier komen we in hoofdstuk 2 op terug.

EN 15804 is van toepassing voor alle bouwmaterialen en dus zeer generiek. EN 15804 geeft daarom aan dat er aanvullende richtlijnen kunnen worden gemaakt voor een specifiek materiaal of groep van materialen. Hierover gaat het volgende hoofdstuk.

2. PCR

2.1 Europese en Nederlandse PCR's

De Europese norm EN 15804 geeft de basisregels ('core product category rules') voor het opstellen van EPD's voor alle bouwmaterialen en diensten. De norm is daarmee onvermijdelijk zeer generiek, waardoor voor een specifiek product er op onderdelen interpretatieverschillen kunnen ontstaan tussen verschillende LCA-uitvoerders. Naast deze core PCR kan er daarom behoefte zijn aan complementaire product category rules (c-PCR) voor een specifiek product of groep van producten, waarin additionele eisen worden gegeven die uiteraard niet strijdig mogen zijn met EN 15804. Het gaat bij zo'n c-PCR, hierna afgekort tot PCR, vooral om het concreter maken van de generieke eisen van EN 15804 voor een specifiek product of proces.

Er zijn diverse Europese PCR's voor bouwmaterialen en grondstoffen. Zo is er een Europese PCR voor beton en een Europese PCR voor cement. De Europese PCR voor beton, EN 16757, geeft onder andere richtlijnen voor het berekenen van de CO₂-opname door carbonatatie in de modules B, C en D van EN 15804. Dit soort details passen uiteraard niet in een Europese norm voor alle bouwmaterialen, maar het is wel wenselijk dat LCA-uitvoerders voor beton dezelfde werkwijze hanteren. De Europese PCR voor cement, EN 16908, verduidelijkt onder andere wat het 'polluter pays principle' ('de vervuiler betaalt') betekent voor cement.

Europese PCR's zijn een belangrijke aanvulling op EN 15804. Europese PCR's, ook de PCR's voor cement en beton, laten helaas ook nog vaak veel ruimte voor interpretatieverschillen tussen LCA-uitvoerders. In Nederland spelen EPD's via de MKI en de MPG (Milieuprestatie Gebouw) echter een grote rol en die rol neemt alleen maar toe. Vooral in de grond-, weg- en waterbouw (GWW) heeft de MKI via aanbestedingen een grote invloed op de keuze voor een bouw materiaal of zelfs leverancier. Naast concurrentie op prijs en kwaliteit vindt er dus ook concurrentie op MKI plaats. Dat is uiteraard heel goed, omdat het innovaties op het gebied van verduurzaming stimuleert. Maar het is wel wenselijk dat verschillen in EPD's van dezelfde producten maar van verschillende producenten worden veroorzaakt door verschillen in het productieproces en niet door verschillen in werkwijze tussen verschillende LCA-uitvoerders of LCA-rekenmethodes.

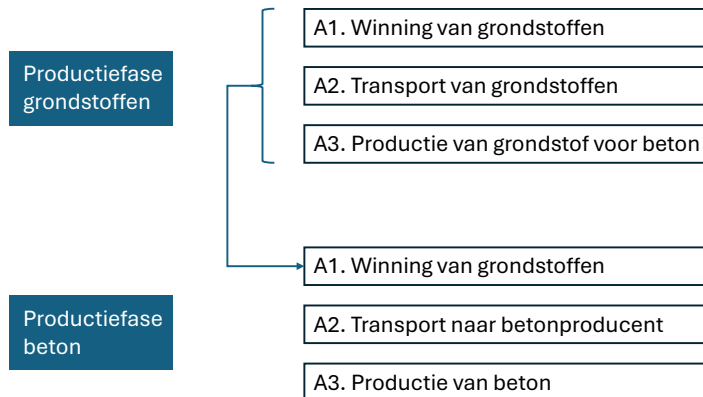
De kwaliteit van de milieudata kan worden verbeterd door in aanvulling op EN 15804 en een eventueel beschikbare (vaak nog vrij generieke) Europese PCR ook een (meer gedetailleerde) Nederlandse PCR op te stellen. Er is een Nederlandse PCR beschikbaar voor cement en er wordt gewerkt aan een Nederlandse PCR voor beton. Van toepassing zijnde Nederlandse PCR's (die worden gebruikt in combinatie met de Europese PCR en EN 15804) zijn te downloaden vanaf de website van Stichting NMD.

2.2 Europese PCR voor beton EN 16757

Grondstoffen en einde levensfase

De Europese norm EN 16757 geeft regels voor EPD's voor beton en betonelementen in aanvulling op EN 15804. De PCR volgt de structuur van EN 15804 en geeft bij veel onderwerpen eenvoudig aan dat EN 15804 van toepassing is. Bij een groot aantal paragrafen van EN 15804 worden echter uitgebreide toelichtingen of voorschriften gegeven, die uiteraard niet strijdig met maar complementair zijn aan EN 15804.

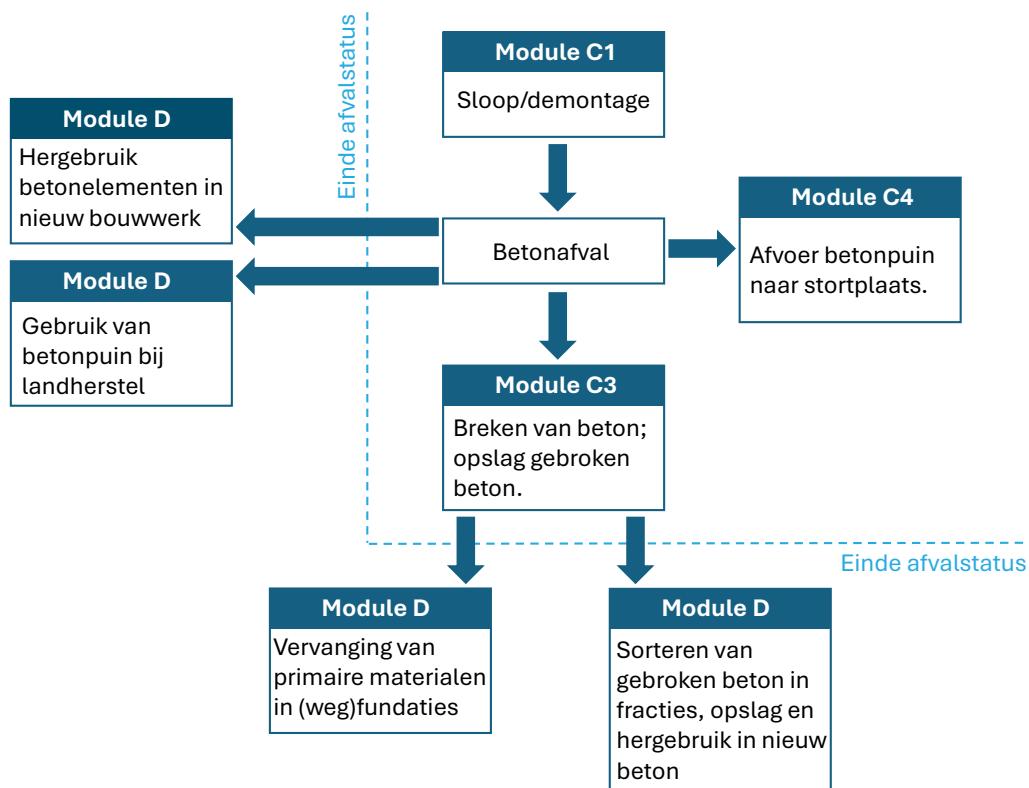
In EN 16757 wordt aangegeven dat EPD's van de grondstoffen voor beton, die modules A1 t/m A3 beschrijven, gebruikt kunnen worden voor de beoordeling van module A1 van betonmortel of een betonproduct. Dit wordt schematisch weergegeven in figuur 2.



Figuur 2. Relatie tussen EPD's van grondstoffen en van beton.

In het geval van cement gaat het bij A1 onder andere om de winning van kalksteen en klei, bij A2 om het transport van deze en andere grondstoffen naar de cementfabriek en bij A3 om de productie van cement. Het totaal van A1-A3 van cement en de overige grondstoffen voor beton vormen samen module A1 van beton. Het transport van de grondstoffen naar de betonproducent zit in module A2 van beton.

De PCR geeft ook belangrijke aanwijzingen voor de modules C en D, samengevat in figuur 3 op de volgende pagina (figuur 5 van EN 16757).



Figuur 3. Gangbare processen bij einde levensfase van beton en toewijzing aan de modules C1-C4 en D, waarvoor in de PCR voor beton richtlijnen worden gegeven. C4 is in Nederland overigens niet toegestaan. Einde afvalstatus varieert per land.

CO₂-opname door carbonatatie

Een belangrijk onderdeel van de PCR is hoe om te gaan met CO₂-opname door carbonatatie. In EN 15804 wordt dit aspect reeds genoemd, maar in de Europese PCR voor beton is het in detail uitgewerkt. De CO₂-opname door carbonatatie moet worden meegenomen in de modules waar de opname plaatsvindt. Het gaat om de modules B, C en D.

Hoeveel CO₂ wordt opgenomen is natuurlijk afhankelijk van het cementtype, de watercementfactor en de expositieomstandigheden. Dit is in detail uitgewerkt in de omvangrijke (informatieve) bijlage G van de PCR.

De basisformule voor de berekening van de CO₂-opname in de gebruiksfase (module B) is als volgt:

$$\text{CO}_2\text{-opname (kg/m}^2\text{)} = k * (\sqrt{t}/1000) * U_{\text{tcc}} * C * D_c$$

waarin:

- k is de k-factor voor de carbonatatiediepte (zie tabel 3)
- t is de levensduur in jaren
- U_{tcc} is de maximale theoretische CO₂-opname in kg per kg cement (0,49 kg voor CEM I)
- C is het cementgehalte in kg per m³ beton
- D_c is de carbonatatiegraad (zie tabel 3)

Vochtconditie	k-factor carbonatatiediepte CEM I (mm/√jaar)			Carbonatatiegraad (D _c)
	C15-C20	C25-C35	> C35	
Buiten onbeschut	2,7	1,6	1,1	0,85
Buiten beschermt	6,6	4,4	2,7	0,75
In de grond (boven grondwater)	1,1	0,8	0,5	0,85
Binnen met coating	6,9	4,6	2,7	0,40
Binnen zonder coating	9,9	6,6	3,8	0,40

Tabel 3 – k-factoren en carbonatatiegraad als functie van sterkteklasse en vochtcondities.

Voor het aandeel hoogovenslak, poederkoolvliegask, kalksteen en silica fume worden er vanwege de sneller verlopende carbonatatie correctiefactoren voor de k-factor gegeven. Voor slak zijn deze factoren: 1,20 voor 30 – 40 % slak, 1,25 voor 40 – 60 % slak en 1,30 voor 60 – 80 % slak.

De U_{tcc} moet ook worden gecorrigeerd voor de cementsoort. Voor het aandeel hoogovenslak zou volgens EN 16757 geen CO₂-opname moeten worden gerekend. Voor deze conservatieve benadering is gekozen omdat er onvoldoende bronnen zijn om in een norm een waarde vast te leggen voor de CO₂-opname door carbonatatie van hoogovencement.

Voor een enkel betonelement is het met bovenstaande formules eenvoudig om de CO₂-opname in de gebruiksfase te berekenen (zie kader volgende pagina). Vaak is de toepassing echter niet bekend bij het opstellen van een EPD. De PCR bevat daarom ook een veel eenvoudigere (maar daarom ook conservatievere) benadering.

Voor de vereenvoudigde methode kan de CO₂-opname als volgt worden berekend, mits de verhouding oppervlak/volume minimaal 8 m²/m³ bedraagt:

$$\text{CO}_2\text{-opname (kg/kg cement)} = 0,15 * U_{\text{tcc}}$$

Voor een betonelement met 320 kg CEM III/A met 50 % hoogovenslak is dat dan $320 * 0,15 * 0,50 * 0,49 = 11,8$ kg CO₂ per m³ beton. Wanneer een element niet voldoet aan de eis van minimaal 8 m²/m³ (oftewel dikker is dan 25 cm) kan de CO₂-opname uit onderstaande tabel 4 (tabel G.3 in EN 16757) worden gehaald (waarbij overigens niet wordt gecorrigeerd voor het gehalte aan klinker in het cement).

Sterkteklasse	C16-C20	C25-C35	> C35
Verhouding oppervlak/volume ≤ 3	7,5	6,5	5
Verhouding oppervlak/volume > 3 en < 8	15	13	10

Tabel 4. CO₂-opname van beton voor lage verhoudingen oppervlak/volume (kg CO₂/m³beton)

In de einde levensduur fase (C modules) wordt het beton gebroken tot betongranulaat, waardoor het oppervlak sterk wordt vergroot en daarmee ook de CO₂-opname. Voor de berekening van deze opname is er ook een standaard methode en een vereenvoudigde methode. Voor de standaard methode wordt verwezen naar de eerder gegeven formules, maar ook naar CEN Technical Report 17310 Carbonation and CO₂ uptake in concrete. CEN/TR 17310 noemt waarden voor de CO₂-opname door betongranulaat van 18 tot 26 kg/m³ in enkele maanden tijd.

De vereenvoudigde methode geeft een generieke (en daarom conservatieve) waarde van 5 kg CO₂ per m³ beton. Deze waarde is voor CEM I en moet voor andere cementen worden gecorrigeerd door te vermenigvuldigen met het klinkergehalte (in procenten) gedeeld door 95. Voor beton met CEM III/B met 70 % hoogovenslak wordt de CO₂-opname door betongranulaat dus $30/95 * 5 = 1,6$ kg/m³ beton.

In module D vindt ook CO₂-opname door betongranulaat plaats. Uit een voorbeeldberekening in de PCR blijkt dat op zeer lange termijn de totale CO₂-opname door betongranulaat van beton met 300 kg CEM I theoretisch maximaal uit zou kunnen komen op 110 kg per m³. De PCR geeft aan dat in nationale regelingen aanwijzingen kunnen worden gegeven voor het meenemen van CO₂-opname in module D, die uiteraard sterk afhankelijk is van de scenario's voor de toepassingen van betongranulaat.

Ondanks dat bij de berekening van de GWP-indicator van beton conservatieve aannames worden gedaan ten aanzien van de CO₂-opname door carbonatatie is het effect toch relevant in de EPD (en MKI) van beton. Afhankelijk van de gekozen aannames bedraagt de door carbonatatie opgenomen CO₂ voor beton op basis van CEM III/A zo'n 5 tot 10 % van de GWP-indicator.

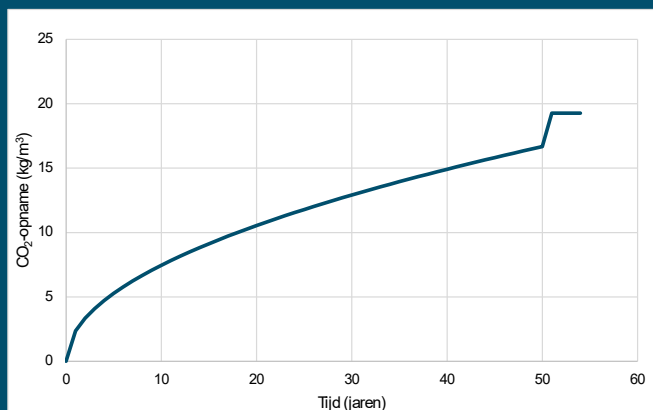
Voorbeeldberekening CO₂-opname beton

Als voorbeeld voor de berekening van de CO₂-opname door carbonatatie van beton nemen we een betonnen wand van 10 x 3 m², 30 cm dik en aan beide zijden buiten beschut. De sterkteklasse is C30/37 en het beton bevat 350 kg CEM III/A (50 % slak) per m³. De ontwerplevensduur is 50 jaar. Uit tabel 3 en de correctiefactor voor 50 % slak volgt de k-factor ($4,4 * 1,25 = 5,5$) en de carbonatatiegraad D_c (0,75). Omdat het aandeel hoogovenslak niet meetelt is de maximale theoretische CO₂-opname in kg per kg cement $U_{tcc} 0,50 * 0,49 = 0,245$.

Uit de formule volgt de CO₂-opname in de gebruiksfase: $5,5 * \sqrt{50/1000} * 0,245 * 350 * 0,75 = 2,5$ kg CO₂/m². Voor de gehele wand is dit 150 kg CO₂, hetgeen overeenkomt met 16,7 kg per m³ beton. De carbonatatie diepte bedraagt na 50 jaar $5,5 * \sqrt{50} = 39$ mm.

Bij het slopen, breken en opslag van gebroken beton wordt volgens de vereenvoudigde methode nog $50/95 * 5 = 2,6$ kg CO₂ per m³ opgenomen.

Het totale verloop van de CO₂-opname wordt voor het gegeven voorbeeld hieronder weergegeven.



Figuur 4. CO₂-opname als gevolg van carbonatatie.

2.3 Europese PCR voor cement EN 16908

De Europese PCR voor cement (en bouwkalk), de norm EN 16908, is in vergelijking met de Europese PCR voor beton bescheiden van omvang. Er wordt onder andere in aangegeven dat cement en bouwkalk voldoen aan de drie in EN 15804 genoemde criteria om uitgesloten te worden van de verplichting om ook de modules C1-C4 en D te declareren. Verder geeft de PCR aanwijzingen voor het gebruik van secundaire brandstoffen en biomassa, een uitwerking van het 'polluter pays principle' van EN 15804. Deze onderwerpen worden hieronder nader toegelicht samen met de aanwijzingen vanuit de NL-PCR Cement.

2.4 NL-PCR Cement

Belang van aanvullende regelgeving

Het milieuprofiel van beton wordt voor het grootste deel bepaald door het milieuprofiel van cement. Zelfs bij cement met een zeer gunstig milieuprofiel (hoogovencement CEM III/B) vormt het cement het grootste gedeelte van de totale MKI van beton. Wanneer we alleen naar de productie en transport van beton en grondstoffen voor beton kijken (modules A1 t/m A4) vormen bindmiddelen gemiddeld ruim 80 % van de gemiddelde CO₂-uitstoot per m³ beton.

Vanwege het grote belang van het milieuprofiel van cement voor beton en daarmee het belang van betrouwbare milieudata en een gelijk speelveld, heeft het Cement&BetonCentrum door SGS INTRON een Nederlandse PCR voor cement laten opstellen. De Europese PCR voor cement in combinatie met EN 15804 geven namelijk nog te veel ruimte voor interpretatieverschillen. Omdat de PCR ook regels geeft voor gegranuleerde hoogovenslak en poederkoolvliegias moet de NL-PCR door LCA-uitvoerders worden gehanteerd bij het maken van LCA's voor cement, gegranuleerde hoogovenslak en poederkoolvliegias. De PCR is in april 2023 gepubliceerd door NMD en moet sinds december 2023 (overgangstermijn van zes maanden) worden gehanteerd. Voor de belangrijkste aspecten die hieronder nader worden toegelicht – allocatie aan hoogovenslak en secundaire brandstoffen – heeft de NL-PCR overigens weinig consequenties, omdat de belangrijkste regels daarvoor al eerder Europees zijn vastgesteld. De NL-PCR draagt dus bij aan het verder beperken van interpretatieverschillen tussen LCA-uitvoerders, maar heeft beperkt effect op het niveau van de MKI's van cement.

Doel van de PCR is, zoals eerder aangegeven, het creëren van een gelijk speelveld bij het uitvoeren van LCA's van cement. Een goed voorbeeld hiervan is de aanvullende regelgeving voor emissies naar de lucht bij de productie van portlandcementklinker. Zonder de PCR wordt een producent die emissies van bepaalde stoffen niet meet hiervoor feitelijk beloond, omdat alleen gemeten emissies kunnen worden toegerekend aan de betreffende milieu-impactcategorieën. Een producent die veel verschillende stoffen meet, kan hierdoor een hogere MKI van de portland-cementklinker krijgen dan een producent die weinig meet,

ook al liggen de emissies van alle stoffen lager. Om dit te voorkomen is in de NL-PCR een tabel met standaardwaarden voor emissies opgenomen. Zijn er geen metingen voor een in de tabel opgenomen stof beschikbaar, dan moet de standaard waarde worden meegenomen in de LCA-analyse. Zijn er wel metingen beschikbaar dan moeten die uiteraard worden gebruikt.



Figuur 5. De NL-PCR voor cement en grondstoffen voor cement

Secundaire brandstoffen

De eerste EPD's voor cement van de leden van het Cement&BetonCentrum zijn vele jaren geleden opgesteld, ruim voordat er een Europese norm hiervoor was. Destijds was besloten om emissies als gevolg van het verbranden van afval (voor het verwarmen van de ovens) toe te wijzen aan het cement. Bij actualisaties van de EPD's werd dit zo gelaten, ook toen al duidelijk was dat dit afweek van de Europese norm, om een trendbreuk met de oude data te voorkomen. Met het toegenomen belang van EPD's en daarmee ook met het verschijnen van EPD's voor cement op basis van de Europese norm was een trendbreuk echter onvermijdelijk. Het toewijzen van emissies als gevolg van het verbranden van afval aan het oorspronkelijke product (zoals bijvoorbeeld autobanden) in plaats van aan de klinker-productie, was ook zonder een NL-PCR noodzakelijk. Maar de Nederlandse PCR stelt wel enkele aanvullende eisen. Zo is het alleen voor de CO₂-emissies toegestaan om een uitsplitsing te maken tussen primaire en secundaire brandstoffen, omdat voor de meeste andere emissies zo'n splitsing lastig is

te maken. Daarnaast moet aantoonbaar de einde afvalstatus nog niet bereikt zijn en de secundaire brandstof dus formeel afval zijn bij aflevering.

Met secundaire brandstoffen kan het CO₂-profiel van portlandcementklinker en daarmee van cement dus worden verlaagd, waarmee uiteraard ook de MKI wordt verlaagd. Het gebruik van secundaire brandstoffen wordt hiermee beloond en dat is ook uit milieutechnisch oogpunt wenselijk. Het heeft namelijk meerdere voordelen om afval te verbranden in een cementoven in plaats van in een afvalverbrandingsinstallatie:

1. Er wordt bespaard op fossiele brandstoffen.
2. De verbrandingsenergie wordt in een cementoven veel efficiënter benut dan bij een afvalenergiecentrale. De verbranding vindt tenslotte direct in de te verhitten oven plaats; er hoeft geen water te worden verhit om stoom op te wekken om een turbine te laten draaien voor het produceren van elektriciteit.
3. Door de veel hogere verbrandingstemperatuur ontstaan er in een cementoven minder schadelijke stoffen zoals dioxines dan in een afvalenergiecentrale.
4. Asresten, met name silicium-, calcium- en aluminiumoxiden, komen niet terecht in AVI-bodemas maar worden nuttig onderdeel van de portlandcementklinker. Er ontstaat dus minder afval.



Figuur 6 – secundaire brandstof

Economische allocatie aan gegranuleerde hoogovenslak

In EN 15804 wordt beschreven hoe moet worden omgegaan met de allocatie van emissies aan producten. Als er sprake is van co-productie (gelijktijdig vrijkomen van materialen uit één proces), waarbij de processen niet kunnen worden gesplitst, dan moet de allocatie plaats vinden op basis van fysieke eigenschappen zoals massa of volume, mits het verschil in economische opbrengst van de producten klein is. Is het verschil in economische opbrengst groot (meer dan 25 % verschil) dan moet allocatie plaatsvinden op basis van de economische waarden van de materialen.

Wanneer een co-product minder dan 1 % bijdraagt aan de totale omzet wordt dit als erg laag gezien. In dat geval mag de milieu-impact worden verwaarloosd. Bij een besluit of er op basis van economische waarden of op basis van fysieke eigenschappen allocatie van milieueffecten moet plaatsvinden, moet ook worden gekeken naar het hoofddoel van de betreffende fabriek.

Ruwijzer wordt in een hoogoven geproduceerd. Hierbij ontstaat naast ruwijzer ook hoog-ovenslak dat, wanneer het snel wordt afgekoeld (gegranuleerd), een uitstekende grondstof is voor cement en beton. De productie wordt geheel gestuurd op de vraag naar staal, aangezien de opbrengst van de hoogovenslak in vergelijking met de opbrengst van staal klein is.

Afhankelijk van de vraag naar staal komt er dus een bepaalde hoeveelheid hoogovenslak vrij. Afnemers van hoogovenslak zijn voor de beschikbaarheid van de slak dan ook geheel afhankelijk van de vraag naar staal. Zo was er tijdens de economische crisis die volgde op de financiële crisis in 2008, maar ook recenter door de coronacrisis, fors minder vraag naar staal, waardoor er hoogovens werden stilgelegd ondanks onverminderde vraag naar hoogovenslak.

Omdat de opbrengst van hoogovenslak marginaal was in vergelijking met de opbrengst van staal werd tot enkele jaren geleden altijd economische allocatie gehanteerd waarbij, uitgaande van een bijdrage aan de totale omzet van minder dan 1%, geen milieulast aan de hoogovenslak werd toegekend. Op Europees niveau is een onderzoek uitgevoerd naar de economische waarde van hoogovenslak in verhouding tot de waarde van ruwijzer. Hieruit kwam een gewogen gemiddelde van 1,0 % naar voren, waarmee de milieu-impact van hoogovenslak niet meer mag worden verwaarloosd. Voor LCA-uitvoerders is het in principe noodzakelijk om deze waarde te hanteren, ook zonder Nederlandse PCR (tenzij er een goede onderbouwing van een ander percentage kan worden gegeven). In de NL-PCR is wel in detail vastgelegd op welke wijze de economische allocatie dient plaats te vinden.

Op een vergelijkbare wijze wordt er in de Nederlandse PCR een economische allocatie aan poederkoolvliegias toegekend van 0,73 %. Dit betekent dus dat 0,73 % van de milieueffecten van kolengestookte elektriciteitscentrales wordt toegekend aan poederkoolvliegias.

3. Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken

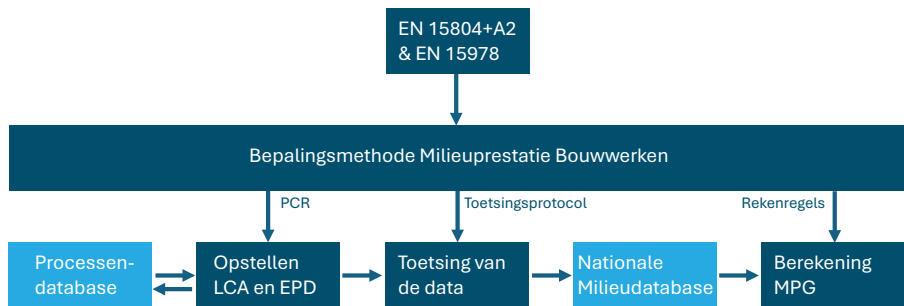
Het *Besluit bouwwerken leefomgeving* (Bbl) stelt eisen ten aanzien van de veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid en duurzaamheid (energiezuinigheid en milieu) van bouwwerken. Dit besluit (dat in januari 2024 het Bouwbesluit verving) stelt dus ook eisen aan de milieuprestatie van gebouwen, de zogeheten MPG. De MPG en de hieraan door het Bbl gestelde eisen bespreken we in hoofdstuk 5. We noemen het hier al omdat het Bbl ook aangeeft hoe de MPG moet worden bepaald: volgens de *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken*.

De *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken* geeft richtlijnen voor het bepalen van de milieuprestatie van bouwwerken gedurende hun gehele levensduur, gebaseerd op EN 15804. De Bepalingsmethode geeft dus onder andere regels voor het maken van LCA's in aanvulling op EN 15804 en eventueel bestaande Europese en Nederlandse PCR's.

De norm EN 15804 is voor het maken van EPD's op productniveau. De Bepalingsmethode geeft ook regels voor de bepaling van de milieuprestatie van gebouwen (MPG), gedeeltelijk gebaseerd op de Europese norm EN 15978 (*Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen – Rekenmethode*).

De Bepalingsmethode wordt uitgegeven door Stichting NMD. Stichting NMD beheert ook de zogeheten *Processendatabase* en de *Nationale Milieudatabase*. Deze databases worden in rekeninstrumenten (zie hoofdstuk 8) gebruikt voor berekening van de MKI van producten of de MPG van gebouwen.

In de *Processendatabase* zijn basisprocessen opgenomen. Dit zijn processen waarbij uitsluitend naar de productiefase (A1-A3) is gekeken. Halffabricaten zoals cement vallen hieronder, maar ook processen zoals afvalverwerking, transport en energieopwekking. Milieuprofielen van producten zoals beton, waarbij de gehele levenscyclus van het product in een bouwwerk is meegenomen (modules A t/m D maar exclusief het operationele energie- en waterverbruik B6 en B7), worden opgenomen in de *Nationale Milieudatabase*. De samenhang tussen de Bepalingsmethode, de databases, het opstellen van EPD's en het berekenen van een MPG wordt gegeven in figuur 7.



Figuur 7. Samenhang tussen de Bepalingsmethode, de door Stichting NMD beheerde databases en rekeninstrumenten. De Bepalingsmethode dient als aanvullende PCR voor het maken van LCA's en opstellen van EPD's, geeft richtlijnen voor toetsing van in de Nationale Milieudatabase op te nemen data en rekenregels voor berekening van de milieuprestatie.

Hieronder volgen enkele belangrijke aspecten van de Bepalingsmethode, waarbij we ons beperken tot het maken van LCA's en opstellen van EPD's. In de hoofdstukken over de MKI en de MPG komen we terug op de hiervoor relevante onderdelen van de Bepalingsmethode.

- Voor opname in de Nationale Milieudatabase moeten in de LCA alle modules A tot en met D (met uitzondering van B6 en B7) zijn meegenomen. Er kan gebruik worden gemaakt van default waarden voor de gebruiks- en onderhoudsfase van het bouwwerk.
- De referentielevensduur van een product moet worden onderbouwd. Zonder onderbouwing kan gebruik worden gemaakt van een standaard levensduur per type bouwproduct uit de publicatie *Levensduur van bouwproducten* (SBR, 2011). Voor betonproducten en betonmortel is hierin 100+ jaar opgenomen. Voor deze producten is de levensduurverwachting daarom gelijk aan die van het bouwwerk waarin het wordt toegepast. In de NMD staat bij de productlevensduur van deze producten voor de herkenbaarheid daarom 999 jaar.
- De Bepalingsmethode geeft diverse forfaitaire waarden, zoals een transportafstand voor bulkmateriaal naar de bouwlocatie van 50 km indien het bouwproduct in Nederland wordt geproduceerd. Voor overige materialen en producten die in Nederland worden geproduceerd geldt een afstand van 150 km.

- Voor de geldigheidsduur van een EPD wordt EN 15804 gevolgd: 5 jaar. Aanvullend geldt dat voor opname van een EPD in de NMD de toetser moet zijn erkend door Stichting NMD. Toetsing van de EPD, de basisprocessen en de milieuverklaring vindt plaats volgens het NMD Toetsings-protocol.
- Voor de verwerkingsscenario's bij einde levensduur van een product schrijft de Bepalingsmethode forfaitaire waarden voor. Voor de meeste betonproducten is het scenario 99 of 100 % recycling. In module D levert dit baten op in de vorm van vervanging van primair toeslagmateriaal.

De Bepalingsmethode zal waarschijnlijk ook aangewezen gaan worden als basis voor berekening van de MKI van in de GWW-sector toegepaste bouwmaterialen. Over de MKI (en het wetsvoorstel Milieuprestatie-eisen in de grond-, weg en waterbouw) gaat het volgende hoofdstuk.



4. MKI

Een LCA resulteert in een milieuprofiel (vast te leggen in een EPD): een opsomming van milieueffecten verdeeld over een aantal categorieën. Door aan elke milieu-impactcategorie een weegfactor te koppelen kan het milieueffect van een product in één getal worden uitgedrukt: de milieukostenindicator oftewel de MKI. Met de MKI kunnen EPD's van producten makkelijk onderling worden vergeleken.

Tot 2021 waren er 11 milieu-impactcategorieën, maar vanwege de herziening van EN 15804 in 2019 is het sinds 2021 verplicht om (ook) de effecten voor in totaal 19 milieu-impactcategorieën te bepalen. Eind 2025 zijn in het Staatsblad voor de 19 milieu-impact categorieën weegfactoren gepubliceerd, zodat nu ook op basis van de 19 indicatoren een MKI kan worden berekend.

De weegfactoren werden voorheen ook wel schaduw prijzen of milieuprijzen genoemd. Deze factoren zijn bepaald door het inschatten van kosten voor preventie van de milieueffecten of de kosten van de ontstane schade. Achtergrondinformatie over de bepaling van weegfactoren voor set A2 wordt gegeven in het rapport Milieuprijzen als weegfactor in de bepalingsmethode milieuprestatie bouw-werken van CE Delft (2020). Een paar weegfactoren zoals gepubliceerd in het Staatsblad in 2025 wijken overigens af van de publicatie van CE Delft in 2020.

In de tabellen 5 en 6 (op de volgende pagina) staan de weegfactoren voor set A1 en set A2.



Milieu-impactcategorie	Eenheid	Weeg-factor
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq.	0,05
ozonlaagaantasting	kg CFK-11 eq.	30
Fotochemische oxidantvorming	kg C ₂ H ₂ -eq.	2
Verzuring	kg SO ₂ -eq.	4
Eutrofiëring (vermesting)	kg PO ₄ -eq.	9
Humaan toxicologische effecten	kg 1,4 dichloorben- zeen-eq.	0,09
Exotoxicologische effecten, zoetwater	kg 1,4 dichloorben- zeen-eq.	0,03
Exotoxicologische effecten, zeewater	kg 1,4 dichloorben- zeen-eq.	0,0001
Exotoxicologische effecten, terrestrisch	kg 1,4 dichloorben- zeen-eq.	0,06
Abiotische uitputting (ex. fossiele energiedragers)	kg Sb-eq.	0,16
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq.	0,16

Tabellen 5 en 6: De weegfactoren voor de 11 (tabel 5, boven) en 19 (tabel 6, onder) milieu-impact categorieën uit EN 15804:2012 (+A2:2019 voor set A2), in de Bepalingsmethode aangeduid als set A1 respectievelijk set A2.

Milieu-impactcategorie	Eenheid	Weeg-factor
Klimaatverandering - totaal	kg CO ₂ -eq.	0,116
Klimaatverandering - fossiel	kg CO ₂ -eq.	0,116
Klimaatverandering - biogeen	kg CO ₂ -eq.	0,116
Klimaatverandering - landgebruik en verandering in landgebruik	kg CO ₂ -eq.	0,116
Ozonlaagaantasting	kg CFC-11-eq.	32
Verzuring	mol H ⁺ -eq.	0,39
Vermesting zoetwater	kg PO ₄ -eq.	1,96
Vermesting zeewater	kg N-eq.	3,28
Vermesting land	mol N-eq.	0,36
Smogvorming	kg NMVOC-eq.	1,22
Uitputting van abiotische grondstoffen - mineralen en metalen	kg Sb-eq.	0,3
Uitputting van abiotische grondstoffen - fossiele brandstoffen	MJ, net cal. waarde	0,00033
Watergebruik	m ³ wereld-eq. onttrokken	0,00506
Fijnstof emissie	Ziekte-incidentie	549750
Ioniserende straling	kBq U235-eq.	0,049
Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTUe	0,00013
Humane toxiciteit, carcinogeen	CTUh	1096368
Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTUh	147588
Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	Pt/m ² -jaar	0,000087

De MKI van beton (of van een grondstof voor beton) wordt berekend door voor alle milieu-impactcategorieën de in de EPD opgenomen waarden voor de modules A1 t/m D (voor grondstoffen A1 t/m A3) te vermenigvuldigen met de betreffende weegfactor en de zo verkregen waarden op te tellen.

In tabellen 7 en 8 worden voorbeelden gegeven voor de berekening van de MKI van beton op basis van hoogovencement CEM III/B voor set A1 en set A2.

Milieu-impactcategorie	Eenheid	Hoeveelheid (A1 - D)	Weegfactor	Kosten
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq.	131	0,05	€ 6,55
Ozonlaagaantasting	kg CFK-11 eq.	0,00001	30	€ 0,00
Fotochemische oxidantvorming	kg C ₂ H ₂ -eq.	0,051	2	€ 0,10
Verzuring	kg SO ₂ -eq.	0,41	4	€ 1,64
Eutrofiëring (vermesting)	kg PO ₄ -eq.	0,088	9	€ 0,79
Humaan toxicologische effecten	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	28	0,09	€ 2,52
Exotoxicologische effecten, zoetwater	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	1,3	0,03	€ 0,04
Exotoxicologische effecten, zeewater	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	2250	0,0001	€ 0,23
Exotoxicologische effecten, terrestrisch	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	0,6	0,06	€ 0,04
Abiotische uitputting (ex. fossiele energiedragers)	kg Sb-eq.	0,00034	0,16	€ 0,00
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq.	0,6	0,16	€ 0,10
			Totaal	€ 12,00

Tabel 7. Voorbeeldberekening van de MKI op basis van set A1 voor 1 m³ beton met hoogovencement CEM III/B 42,5 N.

Milieu-impactcategorie	Eenheid	Hoeveelheid (A1 - D)	Weeg-factor	Kosten
Klimaatverandering - totaal	kg CO ₂ -eq.	135	0,116	€ 15,66
Klimaatverandering - fossiel	kg CO ₂ -eq.	134,3	0,116	€ 0,00
Klimaatverandering - biogeen	kg CO ₂ -eq.	0,6	0,116	€ 0,00
Klimaatverandering - landgebruik en verandering in landgebruik	kg CO ₂ -eq.	0,1	0,116	€ 0,00
Ozonlaagaantasting	kg CFC-11-eq.	0,000005	32	€ 0,00
Verzuring	mol H ⁺ -eq.	0,52	0,39	€ 0,20
Vermesting zoetwater	kg PO ₄ -eq.	0,0035	1,96	€ 0,01
Vermesting zeewater	kg N-eq.	0,2	3,28	€ 0,66
Vermesting land	mol N-eq.	2,2	0,36	€ 0,79
Smogvorming	kg NMVOC-eq.	0,65	1,22	€ 0,79
Uitputting van abiotische grondstoffen - mineralen en metalen	kg Sb-eq.	0,00031	0,3	€ 0,00
Uitputting van abiotische grondstoffen - fossiele brandstoffen	MJ, net cal. waarde	1300	0,00033	€ 0,43
Watergebruik	m ³ wereld-eq. onttrokken	-122	0,00506	-€ 0,62
Fijnstof emissie	Ziekte-incidentie	0,000004	549750	€ 2,20
Ioniserende straling	kBq U235-eq.	3,2	0,049	€ 0,16
Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTUe	2100	0,00013	€ 0,27
Humane toxiciteit, carcinogeen	CTUh	0,0000001	1096368	€ 0,11
Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTUh	0,0000015	147588	€ 0,22
Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	Pt/m ² -jaar	500	0,000087	€ 0,04
			Totaal	€ 20,93

Tabel 8. Voorbeeldberekening van de MKI op basis van set A2 voor 1 m³ beton met hoogovencement CEM III/B 42,5 N.

Uit de voorbeeldberekeningen van de MKI volgt direct dat de nieuwe MKI op basis van 19 indicatoren veel hoger is dan de oude MKI op basis van 11 indicatoren. Bij beton gaat het om grofweg een factor 2. Wat ook opvalt is dat het aandeel van de CO₂-emissies in de MKI in set A2 een stuk hoger is dan in set A1, ondanks het grotere aantal indicatoren. Dit komt uiteraard door de fors hogere weegfactor voor CO₂ in set A2: € 116,- in plaats van € 50,- per ton CO₂.

Bovenstaande berekeningen zijn gebaseerd op een gemiddelde betonsamenstelling met gemiddelde profielen voor de grondstoffen (voor cement op basis van de NL-PCR Cement). De MKI van een specifieke betonsamenstelling met CEM III/B cement kan makkelijk meerdere euro's afwijken van de in de tabellen gegeven voorbeelden.

Voor beton op basis van portlandcement CEM I liggen de MKI's een stuk hoger, vooral door het hogere CO₂-profiel van het cement. In tabellen 9 en 10 worden voorbeelden gegeven voor beton op basis van portlandcement CEM I 52,5 R voor set A1 en set A2.

Milieu-impactcategorie	Eenheid	Hoeveelheid (A1 - D)	Weeg-factor	Kosten
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq.	260	0,05	€ 13,00
Ozonlaagaantasting	kg CFK-11 eq.	0,00001	30	€ 0,00
Fotochemische oxidantvorming	kg C ₂ H ₂ -eq.	0,06	2	€ 0,12
Verzuring	kg SO ₂ -eq.	0,5	4	€ 2,00
Eutrofiëring (vermesting)	kg PO ₄ -eq.	0,1	9	€ 0,90
Humaan toxicologische effecten	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	34	0,09	€ 3,06
Exotoxicologische effecten, zoetwater	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	1,1	0,03	€ 0,03
Exotoxicologische effecten, zeewater	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	3700	0,0001	€ 0,37
Exotoxicologische effecten, terrestrisch	kg 1,4 dichloorbenzeen-eq.	0,6	0,06	€ 0,04
Abiotische uitputting (ex. fossiele energiedragers)	kg Sb-eq.	0,00028	0,16	€ 0,00
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq.	0,7	0,16	€ 0,11
			Totaal	€ 19,63

Tabel 9. Voorbeeldberekening van de MKI op basis van set A1 voor 1 m³ beton met portlandcement CEM I 52,5 R.

Milieu-impactcategorie	Eenheid	Hoeveelheid (A1 - D)	Weeg-factor	Kosten
Klimaatverandering - totaal	kg CO ₂ -eq.	275	0,116	€ 31,90
Klimaatverandering - fossiel	kg CO ₂ -eq.	274,5	0,116	€ 0,00
Klimaatverandering - biogeen	kg CO ₂ -eq.	0,4	0,116	€ 0,00
Klimaatverandering - landgebruik en verandering in landgebruik	kg CO ₂ -eq.	0,1	0,116	€ 0,00
Ozonlaagaantasting	kg CFC-11-eq.	0,000004	32	€ 0,00
Verzuring	mol H ⁺ -eq.	0,8	0,39	€ 0,31
Vermesting zoetwater	kg PO ₄ -eq.	0,008	1,96	€ 0,02
Vermesting zeewater	kg N-eq.	0,2	3,28	€ 0,66
Vermesting land	mol N-eq.	2,2	0,36	€ 0,79
Smogvorming	kg NMVOC-eq.	0,65	1,22	€ 0,79
Uitputting van abiotische grondstoffen - mineralen en metalen	kg Sb-eq.	0,00025	0,3	€ 0,00
Uitputting van abiotische grondstoffen - fossiele brandstoffen	MJ, net cal. waarde	1400	0,00033	€ 0,46
Watergebruik	m ³ wereld-eq. onttrokken	-122	0,00506	-€ 0,62
Fijnstof emissie	Ziekte-incidentie	0,000004	549750	€ 2,20
Ioniserende straling	kBq U235-eq.	3,2	0,049	€ 0,16
Ecotoxiciteit (zoetwater)	CTUe	1600	0,00013	€ 0,21
Humane toxiciteit, carcinogeen	CTUh	0,0000001	1096368	€ 0,11
Humane toxiciteit, non-carcinogeen	CTUh	0,000002	147588	€ 0,30
Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	Pt/m ² -jaar	450	0,000087	€ 0,04
			Totaal	€ 37,32

Tabel 10. Voorbeeldberekening van de MKI op basis van set A2 voor 1 m³ beton met portlandcement CEM I 52,5 R.

Voor grote GWW-werken wordt al jaren vaak een eis gesteld aan de MKI van toe te passen materialen zoals beton. Dit gaat waarschijnlijk vanaf 2027 zelfs verplicht worden. Op 14 november 2025 heeft de ministerraad ingestemd met het wetsvoorstel *Milieuprestatie-eisen in de grond-, weg- en waterbouw*. Dit wetsvoorstel maakt het stellen van minimale milieuprestatie-eisen wettelijk verplicht bij GWW-aanbestedingen. Het gaat daarbij om de meest impactvolle materialen en producten, waaronder beton en asfalt. De verplichting zal gelden voor publieke opdrachtgevers en voor grote GWW-projecten boven een nog te bepalen drempelbedrag.

Het wetsvoorstel, dat nog de formele wetgevingsprocedure voor inwerkingtreding moet doorlopen, waaronder aanneming door de tweede en eerste kamer, wijst niet expliciet de Bepalingsmethode aan. Het wetsvoorstel geeft wel aan dat het voor de hand ligt dat in een ministeriële regeling wordt aangesloten bij bekende instrumenten zoals de MKI.

Bij het toetsen van de MKI van een betonsamenstelling aan een eis is het van belang om goed te kijken naar de details. In principe geldt de Bepalingsmethode: berekening van de MKI op basis van alle modules (A1 t/m D) en met gebruikmaking van aangewezen PCR's zoals de Nederlandse PCR voor cement. Soms wordt hiervan echter afgeweken. Zo zijn er vanuit het Betonakkoord grenswaarden voor milieukosten vastgelegd (op basis van set A1), waarbij de grenswaarden zijn berekend op basis van de modules A1-A3 en zonder gebruik te maken van de NL-PCR Cement. De grenswaarden zijn gebaseerd op beton met CEM III/A (plafondwaarden) en CEM III/B (koploperwaarden).

Het verschil tussen milieukosten berekend over A1-A3 en de MKI berekend over A1 t/m D kan bij bouwmaterialen zeer groot zijn. Zo komt bij hout de in module A opgenomen CO₂ weer voor het grootste gedeelte vrij in module C. Bij beton zijn de verschillen echter beperkt. In de modules C zitten milieulasten en in module D milieubaten. De milieulasten zijn over het algemeen net wat groter, waardoor de reguliere MKI van beton (op basis van A1 t/m D) zo'n 5 tot 10 % hoger zal liggen dan milieukosten berekend op basis van modules A1-A3.

Sinds 7 januari 2026 hoeft set A1 niet meer te worden aangeleverd voor opname van milieudata in de NMD; set A2 is voldoende. In de GWW-sector bepaalt de opdrachtgever echter welke set van toepassing is en bij lopende werken zal men tot het einde van het project met dezelfde set werken. Het lijkt daarom verstandig om voorlopig toch nog ook set A1 aan te leveren.

5. MPG

De MKI wordt veel gebruikt in de GWW-sector, maar vormt ook de basis voor de berekening van de MPG (Milieu Prestatie Gebouwen). Bij de MKI gaat het om de milieubelasting gedurende de levensloop van een product, bij de MPG gaat het om de milieubelasting van een gebouw. De MPG van een gebouw wordt berekend door de MKI's van alle gebruikte producten en installaties te delen door het vloeroppervlak van het gebouw en de beoogde levensduur:

$$\text{MPG} = \frac{\text{MKI van het bouwwerk (€)}}{\text{bruto vloeroppervlak (m}^2\text{) x beoogde levensduur (jaar)}}$$

Het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) stelt eisen aan de MPG. In het Bbl is een grenswaarde opgenomen voor de MPG van woningen van € 0,80/m²·jaar en voor de MPG van kantoren van € 1,00/m²·jaar. Deze eisen aan de MPG zijn gebaseerd op set A1. Per 1 juli 2026 treedt een wijzigingsbesluit in werking, waarmee nieuwe grenswaarden gaan gelden op basis van set A2. Voor woningen wordt de grenswaarde verdubbeld: € 1,60/m²·jaar. Deze verdubbeling komt min of meer overeen met de toename van de MKI als gevolg van de overgang van set A1 naar set A2 met de bijbehorende nieuwe set weegfactoren. Besloten is om de MPG-eis voor woningen voorlopig niet aan te scherpen omdat dat mogelijk negatieve gevolgen zou kunnen hebben voor de woningbouw. Voor kantoren wordt de MPG wel aangescherpt: de nieuwe eis op basis van set A2 wordt € 1,55/m²·jaar. Vanaf 1 juli 2026 zijn er voor het eerst ook eisen aan de MPG van andere utiliteitsgebouwen dan kantoren, zoals scholen, winkels en zorginstellingen: € 1,85/m²·jaar. De eisen zijn samengevat in tabel 11.

Gebouw	Voor 1 juli 2026	Vanaf 1 juli 2026
Woningen	€ 0,80	€ 1,60
Kantoren	€ 1,00	€ 1,55
Overige utiliteitsgebouwen	-	€ 1,85

Tabel 11. Door het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) aan de MPG gestelde eisen (in €/m²·jaar).

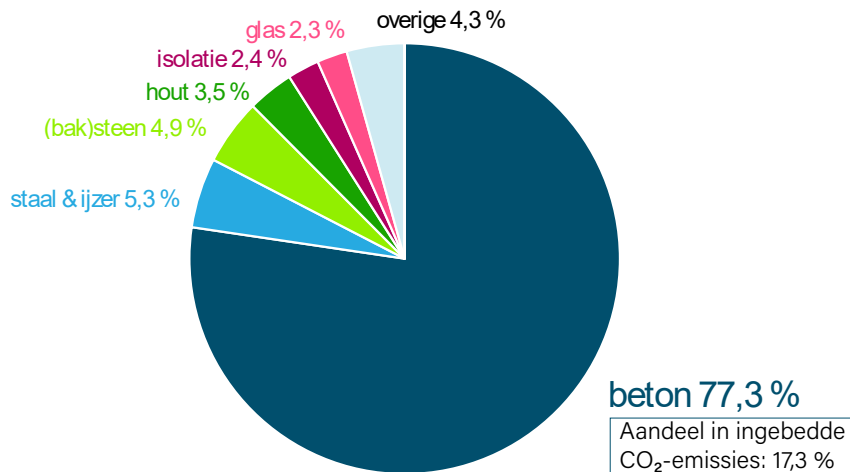
In de Bepalingsmethode zijn standaard levensduren vastgelegd: 75 jaar voor woningen en 50 jaar voor utiliteitsgebouwen. Als gedurende de beoogde levensduur producten of (vooral) installaties moeten worden vervangen wordt dat meegenomen in de berekening. Installaties zoals warmtepompen kunnen daardoor een relatief groot aandeel in de MPG hebben.

De nieuwe MPG-eis voor kantoren lijkt marginaal strenger dan die voor woningen, maar de MPG voor kantoren wordt berekend met een levensduur van 50 jaar in plaats van 75 jaar, waardoor de eis in werkelijkheid een stuk zwaarder is. Daar staat tegenover dat bij kantoren de verhouding vloeroppervlak/wanden meestal een stuk gunstiger is dan bij woningen. Bij kleine woningen ($< 60 \text{ m}^2$) en overige gebouwen ($< 80 \text{ m}^2$) wordt deze verhouding overigens zo ongunstig dat er een correctie op de MPG-eis mag worden toegepast.

Om een indicatie te krijgen van het aandeel van beton in de MPG van bijvoorbeeld een appartementen-complex kunnen we rekenen met $0,50 \text{ m}^3$ beton per m^2 bruto vloeroppervlak. De 'MPG' van alleen het beton (zonder wapening) bedraagt dan in het geval van gebruik van hoogovencement CEM III/B en uitgaande van set A2: $(\text{€ } 20,93 * 0,5)/75 = \text{€ } 0,14$. Dat komt overeen met bijna 9 % van de grenswaarde van € 1,60. In de praktijk zal er niet alleen hoogovencement worden toegepast en komt er nog wapening en transport naar de bouwplaats bij, waardoor het aandeel gewapend beton in de MPG kan oplopen richting 20 % van de grenswaarde. Dat lijkt nog steeds erg weinig aangezien beton al snel zo'n 80 % van de totale massa van het appartementencomplex zal zijn. Uit eerdere inventarisaties bleek echter ook dat het aandeel van beton in het totale CO_2 -profiel van de toegepaste materialen verhoudingsgewijs laag is (zie figuur 8 op de volgende pagina), terwijl in de MPG-berekening ook de installaties worden meegenomen. Het aandeel van beton in de MPG is wel weer zodanig groot dat wanneer een gebouwwontwerp niet voldoet aan de grenswaarde men ook zal kijken naar de mogelijkheden om de MKI van het toegepaste beton en de wapening te verlagen.



Aandeel (massa) belangrijkste materialen Nederlandse woning- en utiliteitsbouw



Figuur 8. Het aandeel (massa) van beton in de totale massa aan bouwmaterialen in de Nederlandse woning en utiliteitsbouw is ongeveer 77 %, maar het aandeel in de ingebedde CO₂-emissies is ongeveer 17 %. Cijfers zijn gebaseerd op Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw, EIB, januari 2020.

Omdat de eisen aan de MPG per 1 juli 2026 gebaseerd zijn op dataset A2 is het sinds 7 januari 2026 niet meer verplicht om naast dataset A2 ook set A1 aan te leveren. Het is desondanks wel verstandig om voorlopig ook set A1 aan te leveren. Voor GWW-projecten bepaalt de opdrachtgever welke set van toepassing is en bij lopende projecten op basis van set A1 zal tot het einde van het project met set A1 worden gewerkt.

6. CPR

Eind 2024 is de herziene Construction Products Regulation (CPR) gepubliceerd, ter vervanging van de eerste CPR uit 2011. De bouwproductenverordening geeft het Europese wettelijke kader voor het vrije verkeer van bouwproducten in de Europese Unie. De CPR regelt onder andere het opstellen en toepassen van zogeheten geharmoniseerde prestatienormen en geeft regels voor het opstellen van een prestatie- en conformiteitsverklaring en voor aanbrengen van de CE-markering. De lidstaten bepalen in hun nationale bouwregelgeving (in Nederland het Bbl en onderliggende normen en voorschriften) voor welke producten en/of toepassingen welke prestaties minimaal vereist zijn.

We denken bij de CPR vooral aan de bekende normen voor beton en grondstoffen voor beton. De oude CPR uit 2011 noemde echter bij de 'fundamentele eisen voor bouwwerken' al nadrukkelijk ook milieuaspecten en de nieuwe CPR gaat daarin nog een heel stuk verder. Artikel 1 – Onderwerp en doelstellingen – begint zelfs met:

"Deze verordening legt geharmoniseerde regels vast voor het in de handel brengen en op de markt aanbieden van bouwproducten, ongeacht of dat in het kader van een dienst plaatsvindt, door de vaststelling van:

- a) geharmoniseerde regels over de wijze waarop de milieu- en veiligheidsprestaties van bouwproducten met betrekking tot hun essentiële kenmerken worden uitgedrukt, waaronder voor levenscyclusbeoordelingen;
- b) milieu-, functionele en veiligheidsproductvereisten voor bouwproducten."

Het begrip levenscyclus is in de CPR gedefinieerd:

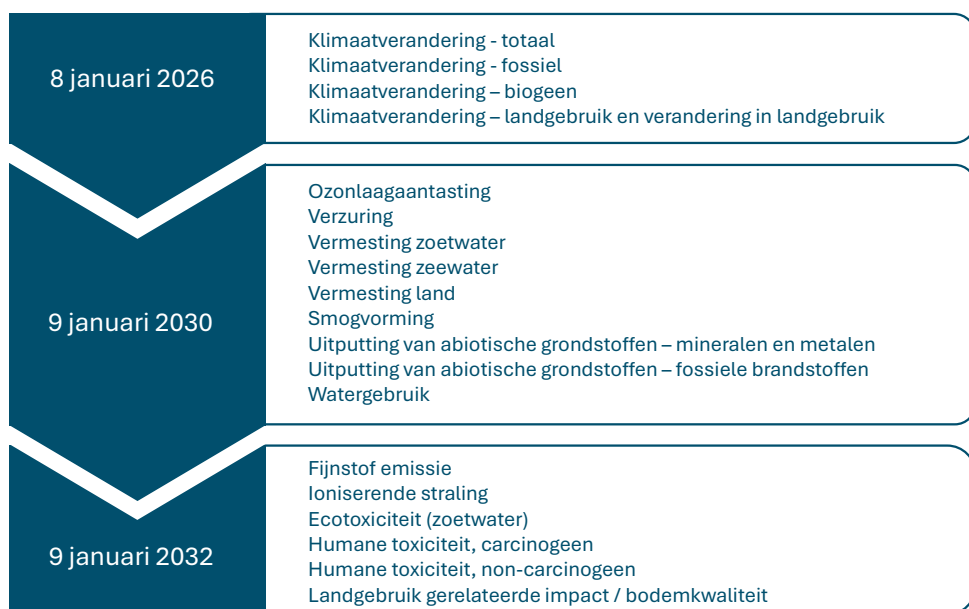
"levenscyclus": de opeenvolgende en onderling gerelateerde fasen van de levensduur van een product, vanaf de aanschaf van de grondstof of de opwekking uit natuurlijke hulpbronnen, of, in het geval van producten die eerder in bouwwerken zijn verwerkt, vanaf de laatste de-installatie uit het bouwwerk, tot de definitieve verwijdering;

Deze definitie komt overeen met de modules A t/m C van EN 15804. Bij de overwegingen wordt aanvullend aangegeven dat men ook rekening moet houden met "potentiële voordelen en belastingen die buiten de grenswaarden vallen", wat overeenkomt met module D. De norm EN 15804 wordt ook bij de overwegingen genoemd.

Alhoewel de EN 15804 slechts eenmaal in de CPR wordt genoemd (en slechts in de overwegingen) blijkt uit begeleidende beleidsdocumenten en toelichtingen dat EN 15804 de standaard is voor het uitvoeren van LCA's en het opstellen van een EPD. En de EPD is een verplicht onderdeel van de prestatie en conformiteits-

verklaring (in het Engels Declaration of Performance and Conformity, afgekort DoPC). De essentiële milieukennmerken die worden gegeven in bijlage II van de CPR zijn dan ook identiek aan de 19 indicatoren van EN 15804. De milieuprestatiegegevens moeten worden geverifieerd door een onafhankelijke hiervoor erkende organisatie (een zogeheten notified body).

De CPR uit 2024 verplicht producenten van bouwmaterialen dus om naast onder andere de technische prestaties ook de 19 indicatoren uit EN 15804 te declareren. Die verplichting wordt wel volgens artikel 15 van de CPR gefaseerd ingevoerd, zie figuur 9.



Figuur 9. Gefaseerde invoering van de verplichting om de essentiële milieukennmerken op te nemen in de prestatie- en conformiteitsverklaring (DoPC).

Omdat de milieukennmerken onderdeel gaan worden van de DoPC en daarmee van het Europese wettelijke kader voor het vrije verkeer van bouwproducten in de Europese Unie zou dit op termijn consequenties kunnen hebben voor de aanvullende Nederlandse richtlijnen voor het uitvoeren van LCA's.

7. WLC-GWP

De Europese Commissie wil de energieprestatie van gebouwen verbeteren en heeft daarvoor een richtlijn opgesteld, de Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) IV. Deze Richtlijn betreffende de energieprestatie van gebouwen noemt maar liefst 38 maal de term levenscyclus en dan meestal in combinatie met GWP (aardopwarmingsvermogen of global warming potential). Deze richtlijn wordt momenteel vertaald naar Nederlandse wetgeving.

Die vertaling naar Nederlandse regelgeving is nodig bij een Europese richtlijn. Bij een richtlijn (Directive) worden er doelen gesteld en hebben de lidstaten een grote mate van vrijheid om middels nationale wetten en regelgeving te bepalen hoe de doelen bereikt worden. Ter vergelijking: de CPR is een verordening (Regulation). Dat is Europese wetgeving die direct van toepassing is in alle lidstaten, zonder aanvullende nationale wetgeving.

Op basis van de EPBD IV wordt een nieuw instrument geïntroduceerd: de Whole Life Cycle Global Warming Potential of afgekort de WLC-GWP. Bij dit instrument wordt bij bouwprojecten niet alleen gekeken naar materiaalgebonden emissies (zoals bij de MPG) maar ook naar de operationele emissies (energieverbruik) over de gehele levensduur van een gebouw. De WLC-GWP beperkt zich tot de GWP-milieu-impactcategorieën maar neemt in afwijking van de MPG dus wel module B6 mee. De WLC-GWP is daarmee grofweg een combinatie van (een deel van) de MPG en de energieprestatieberekening, al zijn er wel enkele verschillen. Zo geldt voor de WLC-GWP net als bij kantoren ook voor woningen een levensduur van 50 jaar, terwijl bij de MPG voor woningen 75 jaar wordt aangehouden.

In figuur 10 (op de volgende pagina) wordt voor zowel de MPG als de WLC-GWP aangegeven welke modules en milieu-impactcategorieën van toepassing zijn.

Vanaf 2030 zullen er voor alle nieuwe gebouwen eisen worden gesteld aan de WLC-GWP, in aanvulling op eisen voor de MPG. Een grenswaarde voor de WLC-GWP zal in 2029 worden vastgesteld door het Ministerie van VRO. Vanaf 2028 moet de WLC-GWP overigens al worden gerapporteerd voor nieuwe gebouwen groter dan 1.000 m².

Door Stichting NMD wordt gewerkt aan een Bepalingsmethode voor het berekenen van de WLC-GWP van een gebouw. Een concept is gepubliceerd in oktober 2025 en te downloaden van de website van NMD. In 2026 zal er een definitieve versie beschikbaar komen.

			Milieu-impactcategorie																		
Fase	Module	Omschrijving	Klimaatverandering - totaal	Klimaatverandering – fossiel	Klimaatverandering – biogeen	Klimaatverandering - landgebruik en verandering in landgebruik	Ozonlaagaantasting	Verzuring	Vermesting zoetwater	Vermesting zeewater	Vermesting land	Smogvorming	Uitputting van abiotische grondstoffen - mineralen en metalen	Uitputting van abiotische grondstoffen - fossiele brandstoffen	Watergebruik	Fijnstof emissie	Ioniserende straling	Ecotoxiciteit (zoetwater)	Humane toxiciteit, carcinogeen	Humane toxiciteit, non-carcinogeen	Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit
Productiefase	A1	Winning van grondstoffen																			
	A2	Transport naar de producent																			
	A3	Productie																			
Bouwfase	A4	Transport naar de bouwplaats																			
	A5	Bouw- en installatieproces																			
Gebruiks-fase	B1	Gebruik																			
	B2	Onderhoud																			
	B3	Reparaties																			
	B4	Vervangingen																			
	B5	Renovaties																			
	B6	Operationeel energiegebruik																			
	B7	Operationeel watergebruik																			
Sloop- en verwerkingsfase	C1	Sloop																			
	C2	Transport																			
	C3	Afvalbewerking																			
	C4	Finale afvalverwerking																			
Aanvullende informatie	D	Milieulasten en -baten buiten de systeemgrens.																			

Figuur 10. De gearceerde combinaties van modules en milieu-impactcategorieën vallen onder de WLC-GWP; de blauwe combinaties vormen de MPG.

8. REKENINSTRUMENTEN

In dit hoofdstuk besteden we kort aandacht aan rekeninstrumenten. Hieronder verstaan we software, al dan niet web-based, waarmee de MKI van een product (of GWW-project) of de MPG van een bouwwerk kan worden berekend.

Voor het berekenen van de MPG van een bouwwerk zijn er door Stichting NMD negen rekeninstrumenten gevalideerd. Een van deze rekentools is gratis: *MPG Master* van Stichting MRPI. Met deze web-based tool kan eenvoudig een MPG berekening worden gemaakt.

Voor het bepalen van de MKI van beton is van belang dat gebruik wordt gemaakt van de processendatabase van Stichting NMD. Met gratis LCA-software zoals openLCA kan daarom wel een indruk worden gekregen van het milieuprofiel van een betonsamenstelling maar geen MKI worden berekend. Voor het maken van LCA's van bouwmaterialen kan generieke professionele software zoals SimaPro worden gebruikt, waarbij zowel een licentie voor de software als voor de database nodig is. Specifiek voor beton, zowel voor betonmortel als betonproducten, kan er gebruik gemaakt worden van de *Ontwerptool Groen Beton*.



9. AANDACHTSPUNTEN

In dit boekje hebben we geprobeerd om de huidige stand van zaken en de ontwikkelingen rondom het meten van de duurzaamheid van beton weer te geven. Dit laatste hoofdstuk gebruiken we om twee onderwerpen in relatie tot de MKI onder de aandacht te brengen.

A1-A3 versus A1-D

De MKI wordt volgens EN 15804 en de Bepalingsmethode berekend over de modules A1 t/m D. Ook de CPR en de WLC-GWP methodiek gaan uit van een volledige levenscyclusanalyse. Sommige organisaties en opdrachtgevers geven echter grenswaarden voor de milieukosten op basis van de modules A1-A3 in plaats van A1 t/m D. Als argument hierbij wordt vaak aangegeven dat we nu in actie moeten komen om de milieuproblemen op te lossen en niet moeten kijken naar toekomstige milieu-effecten.

Voor beton is het verschil tussen A1-A3 en A1-D beperkt, maar voor andere materialen kunnen er zeer grote verschillen zijn. Met name voor hout is het bijzonder gunstig om alleen naar A1-A3 te kijken, omdat toekomstige emissies (modules C) dan niet worden meegenomen.

De redenering dat we alleen naar het hier en nu moeten kijken bij een levenscyclusanalyse staat haaks op het gehele concept levenscyclusanalyse en het basisidee van duurzaamheid waarbij de keuzes die we nu maken geen grote nadelige gevolgen mogen hebben voor de generaties na ons. We mogen belangrijke positieve en negatieve toekomstige effecten van materiaalkeuzes niet negeren, waarbij die toekomst helaas soms al over enkele decennia is. Materiaalkeuzes moeten daarom altijd op basis van een volledig milieuprofiel over alle modules A1-D worden gemaakt.

Natuurlijk willen we ook op de korte termijn verduurzamen. Maar aanscherping van grenswaarden voor de MKI en de MPG vraagt ook om verlaging van de milieueffecten in A1-A3. Daarnaast wordt verduurzaming op de korte termijn ook bewerkstelligd met behulp van het ETS-systeem (CO₂-beprijzing) en natuurlijk met steeds strengere milieuvergunningen (overige emissies).

Schaarse grondstoffen

De MKI is een prachtig instrument om de milieueffecten van materialen onderling te vergelijken. Ook betonsoorten kunnen onderling goed vergeleken worden. We moeten ons echter wel realiseren dat de MKI is gericht op projectniveau, terwijl we milieuwinst op landelijke (mondiale) schaal willen realiseren. Bij ondoordacht gebruik van schaarse grondstoffen (bijproducten of secundaire grondstoffen)

kan het streven naar een steeds lagere MKI leiden tot hogere CO₂-emissies op landelijke schaal én een kortere levensduur van betonconstructies.

Een lagere MKI betekent minder negatieve milieueffecten. Het ligt dus voor de hand om, als onderdeel van het streven naar steeds milieuvriendelijker bouwen, voor een bouwwerk eenvoudig een steeds lagere MKI-waarde voor te schrijven. Soms wordt daarbij doorgeschoten, waardoor bijvoorbeeld beton op basis van CEM III/B voor wegebouwbeton moet worden toegepast om aan de MKI-eisen te kunnen voldoen, terwijl deze cementsoort daar uit oogpunt van technische levensduur juist niet geschikt voor is. Belangrijker is echter dat het, ondanks de lagere MKI-waarde, geen echte milieuwinst oplevert.

Hoogovenslak is een schaarse grondstof die, zeker in Noordwest Europa, al volledig wordt toegepast in cement en beton en daarbij portlandcementklinker in Nederland al sinds vele decennia gedeeltelijk vervangt. Het in een bepaald werk geconcentreerd toepassen van hoge gehalten aan slak, bijvoorbeeld in de vorm van een hoogovencement CEM III/C met meer dan 80 % slak of in de vorm van geopolymeerbeton, levert dus geen landelijke milieuwinst op. Er is alleen sprake van een verschuiving van grondstoffen. Gemiddeld zal de MKI op landelijke schaal dus niet dalen en daarmee dus ook niet de CO₂-emissie. Natuurlijk kunnen we door een toenemende vraag cement met nog hogere gehalten aan hoogovenslak importeren uit de omliggende landen dan nu al het geval is. In Nederland kan de gemiddelde MKI dan dalen, maar uiteraard zal de gemiddelde MKI van beton in de omliggende landen dan stijgen. Door het toegenomen transport neemt de totale CO₂-emissie dan zelfs toe.

Beton op basis van hoogovencement heeft terecht een lage MKI en uit milieuoogpunt de voorkeur boven beton op basis van portlandcement. Er zal echter niet meer hoogovenslak beschikbaar komen dan nu al het geval is. De MKI is daarom als sturingsinstrument niet geschikt bij gebruik van schaarse grondstoffen die al volledig in beton worden toegepast. Om het nog wat complexer te maken: de MKI is wel uitermate geschikt voor de beoordeling van beton op basis van schaarse grondstoffen die nieuw zijn in de betonketen. Een voorbeeld hiervan is het bindmiddel op basis van slak die vrijkomt bij de roestvrijstaalrecycling. Dit nieuwe bindmiddel leidt tot een lage MKI per eenheid product maar verlaagt ook op landelijke schaal de MKI en CO₂-emissie.

Natuurlijk moeten we streven naar een steeds lagere MKI om de milieuprestatie te verbeteren en innovaties te stimuleren. Het is wel van belang dat we bedacht zijn op de hierboven beschreven problematiek. Zowel om onnodig gesleep met materialen te voorkomen als om ongewenste neveneffecten ten aanzien van de technische levensduur te voorkomen. Het zou mooi zijn als op termijn in de berekening van de MKI ook rekening gehouden kan worden met het beschreven effect van schaarse grondstoffen.

LITERATUUR

- Roadmap CO₂-reductie voor cement en beton in Nederland, Cement&BetonCentrum, November 2024.
- Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken, Stichting Nationale Milieudatabase, januari 2025.
- NEN-EN 15804+A2:2019, Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten
- Product Category Rules voor cement en grondstoffen voor cementproductie ("NL-PCR"), SGS INTRON B.V., april 2023.
- EN 16908:2017+A1:2022 Cement and building lime – Environmental product declarations – Product category rules complementary to EN 15804, CEN
- Milieuprijzen als weegfactor in de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken, CE Delft, december 2020
- Verordening (EU) 2024/3110 van het Europees Parlement en de Raad van 27 november 2024 tot vaststelling van geharmoniseerde regels voor het verhandelen van bouwproducten. Europese Unie, 2024.
- NEN-EN 15978:2011 en NEN-EN 15978:2024 Ontw Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen – Rekenmethode
- Richtlijn (EU) 2024/1275 van het Europees Parlement en de Raad van 24 april 2024 betreffende de energieprestatie van gebouwen. Europese Unie, 2024
- Milieuprijzen als weegfactor in de bepalingmethode milieuprestatie bouwwerken, CE Delft, 2020.
- Materiaalstromen, milieu-impact en energieverbruik in de woning- en utiliteitsbouw, EIB, januari 2020

AFKORTINGEN

CPR	Bouwproductenverordening (Construction Products Regulation)
EPD	Milieuverklaring van een product (Environmental Product Declaration)
LCA	Levenscyclusanalyse (Life Cycle Assessment)
MPG	Milieuprestatie Gebouw
MKI	Milieukostenindicator
NMD	Nationale Milieudatabase
PCR	Product categorie regels (Product Category Rules)
WLC-GWP	gehele levenscyclus aardopwarmingsvermogen (Whole Life Cycle Global Warming Potential)

Cement&BetonCentrum

Het Cement&BetonCentrum is de branchevereniging voor de cementindustrie in Nederland. Onze leden zijn CCB, Dyckerhoff, Heidelberg Materials en Holcim. Het Cement&BetonCentrum houdt zich bezig met markt-onderzoek, communicatie, kennisoverdracht, technisch onderzoek, belangenbehartiging en regelgeving.

www.cementenbeton.nl