



**MEETMETHODE CIRCULARITEIT IN
KLIMAATENVELOP BETON**

Status **eindrapport**
Datum **30-08-2019**
Rapportnr. **A110030/R20190323**

**BUILDING
MATERIALS**

SGS INTRON

COLOFON

Opdrachtgever / Customer	Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud t.a.v. de heer E. Drenth Griffioenlaan 2 3526 LA UTRECHT	E-mail:	eize.drenth@rws.nl
Titel rapport / Titel report	Meetmethode circulariteit in klimaatenvelop beton		
Offerte / Quotation	A110030-BO20190472	Datum / Date	5-7-2019
Opdracht / Purchase order	Zaaknummer: 31151968	Datum / Date	29-7-2019
Opdrachtnemer / Contractor	SGS INTRON B.V. Postbus 5187 6130 PD SITTARD	Kantoor / Office	Dr. Nolenslaan 126 6136 GV SITTARD
Contactpersoon / Contactperson	dr. U. Hofstra	Tel.:	+31 46 4204204
		Mob.:	06-51 56 58 98
		E-mail:	Ulbert.Hofstra@sgs.com
Auteur / Author	dr. U. Hofstra	Autorisatie / Authorisation	ir. R. Leppers
Handtekening / Signature		Handtekening / Signature	
Datum / Date	Rapportnr. / Reportnr.	Reden revisie / Reason revision	
30-08-2019	A110030/R20190323 SSI		

Disclaimer

Tenzij anders overeengekomen worden de opdrachten uitgevoerd op basis van de meest recente versie van de algemene voorwaarden van SGS INTRON B.V. Op eenvoudig verzoek worden deze voorwaarden opnieuw aan u toegezonden. Uw aandacht wordt gevraagd voor de beperking van aansprakelijkheid en de vergoedings- en bevoegdheidskwesties bepaald door deze voorwaarden.

Elke houder van dit document dient te weten dat de informatie verrat in dit document uitsluitend is gebaseerd op de bevindingen van SGS INTRON B.V. op het ogenblik van haar tussenkomst en binnen de grenzen van de eventuele instructies van de opdrachtgever. SGS INTRON B.V. kan enkel aansprakelijk zijn jegens haar opdrachtgever. Dit document stelt de bij een handelstransactie betrokken partijen niet vrij van hun plicht al hun rechten en verplichtingen uit te oefenen voortvloeiend uit de bij die transactie betrokken documenten. Elke niet toegestane wijziging, evenals de namaak of vervalsing van de inhoud of het uiterlijk van dit document, is onrechtmatig en overtreders zullen worden vervolgd.

© SGS INTRON BV

INHOUDSOPGAVE

	Pagina
SAMENVATTING.....	4
1. INLEIDING	5
2. REKENMETHODE.....	6
3. TOEPASSING OP DE BETONPILOTS.....	7
4. VERDERE VEREENVOUDIGINGEN VOOR DE BETONPILOTS.....	8
5. BEREKENING VAN DE CIRCULARITEIT.....	8
6. REFERENTIES.....	9

SAMENVATTING

Inleiding

In dit rapport wordt aangegeven hoe de circulariteit van innovatieve betonproducten in de klimaatvelop beton kan worden berekend. De circulariteit is een aanvullende parameter voor de beoordeling naast de duurzaamheid (LCA) en de kosten (LCC).

Doel

Bepalen van een methode voor de berekening van de circulariteit van innovatieve betonproducten.

Uitgevoerde werkzaamheden

voor de rekenmethode is uitgegaan van de leidraad van platform CB'23. Aanvullende informatie is gebruikt uit de PEF-methode en de methode van de Ellen MacArthur Foundation. Voor deze specifieke cases zijn de mogelijke vereenvoudigingen aangegeven.

Conclusies

Op basis van de kernmethode van CB'23 met aanvullingen kan een praktisch bruikbare rekenmethode worden opgesteld voor het berekenen van de circulariteit van innovatief beton in vergelijking met referentieproducten.

Circulariteitsindex:

$$\frac{\left(Sx + \frac{QrI}{QrR} Rg + \frac{QhI}{QhR} Hg \right) I}{(Sx + Rg + Hg) R}$$

Sx: aandeel secundaire grondstoffen

Rg: aandeel realistische recycling

QrI/QrR: kwaliteitsfactor recycling product

QhI/QhR: kwaliteitsfactor hergebruiksproduct

I: innovatief product

R: referentie product

1. INLEIDING

In de klimaatenvelop beton (project Rijkswaterstaat en ProRail) worden enige betoninnovaties in de praktijk in pilots onderzocht. De innovaties worden beoordeeld op duurzaamheid, kosten (life cycle costing) en circulariteit. De duurzaamheid wordt beoordeeld met de LCA methode zoals beschreven in de uitvraag voor de pilots [ref. 1]. In de uitvraag wordt ook aangegeven hoe de life cycle costs kunnen worden bepaald. In dit rapport wordt aangegeven hoe de circulariteit van de betoninnovaties kan worden berekend.

De evaluatiemethoden in de klimaatenvelop beton zullen worden toegelicht in een workshop voor marktpartijen en worden toegepast in de pilots. De resultaten van de pilots worden in rapporten opgenomen.

De methode in dit rapport is gebaseerd op de kernmethode voor het meten van circulariteit in de bouw, die in het voorjaar van 2019 is ontwikkeld in een breed gedragen proces door het platform CB'23 [ref.2]. De kernmethode die is vastgelegd in de in juni gepubliceerde leidraad, is onvoldoende uitgewerkt om direct als hanteerbare rekenmethode te kunnen toepassen. Daarom zijn er in dit rapport enige nadere aanwijzingen gegeven om de methode in de klimaatenvelop beton te kunnen toepassen. Het gedeelte in de kernmethode over de invloed op de milieukwaliteit wordt reeds volledig afgedekt door de LCA-beoordeling. Het gaat nu met name om het beschermen van materiaalvoorraden (kwantiteit) en het beschermen van bestaande waarde (kwaliteit).

In aanvulling op de kernmethode van CB'23 gebruiken we de methodiek van de Circular Footprint Formula, zoals die is weergegeven in de PEF-methode (Product Environmental Footprint) die in maart 2019 is gepubliceerd door de EU-commissie [ref. 4]. De CFF wordt gebruikt bij het berekenen van de PEF met de LCA-methode. De CFF hanteert wel een kwaliteitsfactor Q in aanvulling op de kwantitatieve hoeveelheden materiaal. Deze kwaliteitsfactor hanteren we in dit rapport om de mogelijke kwaliteitsverschillen tussen de materialen (referentiebeton en innovatief beton) te verdisconteren.

In aanvulling op deze methoden kijken we naar de MCI methode van de Ellen MacArthur Foundation om een uiteindelijke circulariteit te bepalen [ref. 3]. In de CB'23 methode ontbreekt deze finale berekening.

Evenals bij de berekening van de duurzaamheid en van de life cycle costing het geval is, is het alleen van belang te kijken naar de verschillen met de referentieproducten. De referentieproducten zijn steeds betonproducten met regulier cementbeton, dat alleen op het innovatieve aspect afwijkt. Door te focussen op de verschillen met de reguliere producten kunnen we een aantal aspecten uit de kernmethode buiten beschouwing laten.

De kernmethode gaat (nog) niet in op de hoogwaardigheid van recycling en hergebruikstoepassingen, maar beperkt zich tot de kwantitatieve aspecten ervan. In dit rapport zullen we specifiek voor dit project Klimaatenvelop beton trachten wel nadere aanwijzingen te geven, omdat dit bij de beoordeling van de circulariteit van beton van belang is. Het recyclingpercentage van beton is zo hoog (98% recycling), dat juist de kwalitatieve aspecten belangrijk zijn. Op het zuiver kwantitatieve vlak valt niet veel meer te winnen.

De kwaliteitsfactor van het materiaal voor recycling wordt bepaald door de (geschatte) economische waarde van het product (op langere termijn). Op deze wijze is de methode eenvoudig en transparant toe te passen.

2. REKENMETHODE

De meetmethode voor de bepaling van de circulariteit van materialen is in de kernmethode van CB'23 gebaseerd op een aantal indicatoren voor zowel de input (1) als de output (2). Voor de inputzijde betreft dit de volgende indicatoren:

1.1 Hoeveelheid gebruikt primair materiaal; het aandeel primaire grondstoffen in object x wordt weergegeven met V_x .

1.2 Hoeveelheid gebruikt secundaire materiaal; het aandeel secundaire grondstoffen wordt weergegeven met S_x .

1.2a Hoeveelheid secundair materiaal uit hergebruik; het aandeel secundaire grondstoffen uit hergebruik wordt weergegeven met H_x .

1.2b Hoeveelheid secundair materiaal uit recycling; het aandeel secundaire grondstoffen uit recycling wordt weergegeven met S_x . het materiaal voor recycling kan afkomstig zijn uit dezelfde keten (betongranulaat), maar ook een reststroom zijn uit andere ketens.

1.3 Hoeveelheid gebruikt materiaal met gevoeligheid voor uitputting

1.3a Hoeveelheid gebruikt duurzaam geproduceerd hernieuwbaar materiaal

1.3b Hoeveelheid gebruikt niet-hernieuwbaar of niet-duurzaam geproduceerd hernieuwbaar materiaal

1.3c Hoeveelheid gebruikt schaars materiaal

1.3d Hoeveelheid gebruikt algemeen beschikbaar materiaal

1.3c en 1.3d zijn in de kernmethode nog niet ingevuld en worden hier ook buiten beschouwing gelaten.

1.3a en 1.3b zijn specifiek van belang voor hernieuwbare materialen zoals duurzaam geproduceerd hout en worden in hier ook buiten beschouwing gelaten.

Voor de outputzijde zijn de volgende indicatoren van belang:

2.1 Hoeveelheid materiaal voor hergebruik; het aandeel realistisch hergebruik wordt weergegeven met H_g

2.2 Hoeveelheid materiaal voor recycling; het aandeel realistische recycling wordt weergegeven met R_g

3.1 Hoeveelheid materiaal naar energiewinning; het aandeel verloren materiaal naar energiewinning wordt weergegeven met R_e

3.2 Hoeveelheid materiaal naar stort; het aandeel verloren materiaal naar stort wordt weergegeven met R_s

De indicatoren 4 uit de kernmethode betreffen de milieukwaliteit en worden afgedekt door de LCA. Daar gaan we hier verder niet op in.

De indicatoren 5, 6 en 7 zijn in de kernmethode nog niet ingevuld. Het betreft:

5. Hoeveelheid gebruikte bestaande waarde (input)

6. Hoeveelheid beschikbare waarde voor volgende cyclus (output)

7. Hoeveelheid verloren bestaande waarde (output)

In de klimaatenvelop beton moeten de gegevens worden verzameld voor de indicatoren 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, 3.1 en 3.2. Data die de hoogwaardigheid van de grondstoffen betreffen (indicatoren 5, 6 en 7) zullen hieraan worden toegevoegd.

3. TOEPASSING OP DE BETONPILOTS

In deze paragraaf worden aanwijzingen gegeven om de indicatoren te kunnen berekenen voor de betonpilots. In overeenstemming met het rapport over de berekening van de milieuprestatie gaan we uit van het betonproduct al dan niet met de voorgaande productfase genomen (zie figuur .., TNO-rapport).

Indicator 1.1: Hoeveelheid gebruikt primair materiaal

Primaire materialen zijn zand, grind, portlandcement en leidingwater. De hoeveelheden worden berekend per m³ beton.

Voor cement wordt het gehalte klinker in het cement gerekend als primair materiaal. Vanwege de eenvoud wordt geen rekening gehouden met de eventuele materiaalbijdrage van secundaire brandstoffen aan de massa van het cement.

Indicator 1.2: Hoeveelheid gebruikt secundair materiaal.

Secundaire materialen in de huidige betonpilots zijn materialen uit verwerkt bouw- en sloopafval (betongranulaat, fijne fractie), gegranuleerde hoogovenslak. Dit kunnen ook andere secundaire materialen zijn die in beton worden toegepast (AEC-granulaat, poederkoolvliegias). Voor hoogovencement wordt de fractie hoogovenslak gerekend tot het secundaire materiaal. Hoogovenslak is afkomstig uit de ijzerproductie. Dit is een primair proces en er kan dus betoogd worden dat dit geen materiaal uit een circulair proces is. Echter vanwege de definitie in de kernmethode die op zich weer is gebaseerd op de Bepalingsmethode milieuprestaties gebouwen en GWW-werken, ("en materialen uit reststromen") is er voor gekozen hoogovenslak en vergelijkbare slakken als secundaire grondstoffen te beschouwen.

Indicator 2.1: Hoeveelheid materiaal voor hergebruik

De hoeveelheid materiaal voor hergebruik is gelijk voor betonproducten met cementbeton en voor betonproducten waarin een deel van het cement is vervangen door de fijne fractie uit mechanische recycling of door geopolymeren. Indien er gegevens zijn dat hergebruik meer of minder is bij de innovatieproducten, moet dit worden meegenomen. Indien dit niet het geval is kan deze indicator buiten beschouwing blijven.

Indicator 2.2 Hoeveelheid materiaal voor recycling

De hoeveelheid materiaal voor recycling moet kwantitatief worden aangegeven en ook kwalitatief. De kwantitatieve hoeveelheid zal voor de referentieproducten en de innovatieve producten vergelijkbaar zijn.

Kwaliteitsfactor Q

Het is van belang informatie te verschaffen over de verschillen in kwaliteit van het materiaal dat vrijkomt voor recycling bij innovatief beton in vergelijking met het referentiebeton.

Voor de innovatiepilots met geopolymeerbeton gaat het hierbij om de waardering van de resthydrauliciteit van het recycling geopolymeerbeton in vergelijking met die van recycling cementbeton. De hoofdtoepassing van recycling beton is toepassing als funderingsmateriaal in de wegenbouw, meestal als onderdeel van het product menggranulaat. Menggranulaat dient volgens de regelgeving minimaal 60% beton te bevatten. De resthydrauliciteit van recycling beton draagt bij aan de sterkte van de funderingslaag. Voor geopolymeerbeton moet daarom de hoeveelheid materiaal voor recycling worden gecorrigeerd met een kwaliteitsfactor Q_i/Q_R . Deze kwaliteitsfactor kan worden bepaald door de economische waarde van een vergelijk gebroken product, zoals metselwerkgranulaat in vergelijking met de economische waarde van betongranulaat.

Voor de innovatiepilots met mechanische recycling wordt cementvervanger geproduceerd in plaats van (fijn) betongranulaat. Cementvervanger kan een deel van het bindmiddel vervangen en heeft daarmee een hogere kwaliteit dan het betongranulaat dat het toeslagmateriaal kan vervangen. De kwaliteitsfactor kan worden bepaald door de economische waarde van een vergelijkbaar bindmiddel, gecorrigeerd voor het vervangingspercentage in vergelijking met de economische waarde van betongranulaat.

4. VERDERE VEREENVOUDIGINGEN VOOR DE BETONPILOTS

Er is een aantal factoren die de circulariteit beïnvloedt, maar die we in de betonpilots niet meenemen, omdat we de vergelijking maken met referentieproducten en deze factoren, naar we aannemen, in voor het innovatieve product en voor het referentieproduct gelijk zijn:

Levensduur van het product: het innovatieve betonproduct is ontworpen om dezelfde functionaliteit te hebben als het referentieproduct. Dit betekent dat ook de ontwerplevensduur van het product in beide gevallen gelijk is. Dan kan deze factor buiten beschouwing blijven. Indien deze aanname niet geldt, moet dit effect wel worden meegenomen. De toename van de levensduur leidt tot een toename van de circulariteit, omdat het materiaal langer gebruikt wordt. Als het ene product twee keer zo lang mee gaat als het referentieproduct, wordt de circulariteitsfactor twee keer zo hoog.

Intensiteit van het gebruik: om dezelfde reden als bovengenoemd kunnen we de intensiteit van het gebruik ook buiten beschouwing laten. De intensiteit van het gebruik en de levensduur van het product worden in de methode van de Ellen MacArthur Foundation [ref. 3] verwerkt in de gebruiksfactor X.

Massa van het product: we gaan ervan uit dat de massa van het innovatieve betonproduct en van het referentieproduct gelijk zijn. Indien dit niet het geval is moet hiervoor gecorrigeerd worden.

5. BEREKENING VAN DE CIRCULARITEIT

Voor de berekening van de circulariteit vergelijken tellen we de ingaande hoeveelheid secundair materiaal op bij de hoeveelheid materiaal die beschikbaar is voor recycling en hergebruik en delen dit door de totale hoeveelheid materiaal, inclusief primair materiaal en materiaal dat niet meer beschikbaar is voor recycling.

De formule voor CI, de circulariteit van het innovatieve product in relatie tot het referentieproduct is:

$$CI = \frac{\left(Sx + \frac{QrI}{QrR} Rg + \frac{QhI}{QhR} Hg \right) I}{(Sx + Rg + Hg)R} \times \frac{LR}{LI}$$

(Sx + Rg + Hg)_I is de som van de aandeel secundaire grondstoffen, materiaal voor recycling en materiaal voor hergebruik van het innovatieve product en (Sx + Rg + Hg)_R is de som van het aandeel grondstoffen, materiaal voor recycling en materiaal voor hergebruik van het referentieproduct.

Bij gelijke massa's voor referentiebeton en innovatief materiaal kunnen de hoeveelheden worden weergegeven in kg materiaal. Indien de massa's van beide producten verschillend zijn, moet hiervoor gecorrigeerd worden.

Q_{rl}/Q_{rR} is de kwaliteitsfactor van het materiaal voor recycling van het innovatieve product in vergelijking met het materiaal voor recycling van het referentieproduct. Deze kwaliteitsfactor wordt bepaald door de economische waarde van het materiaal voor recycling (hfst. 3).

Q_{hl}/Q_{hR} is de kwaliteitsfactor van het materiaal voor hergebruik van het innovatieve product in vergelijking met het materiaal voor recycling van het referentieproduct. Deze kwaliteitsfactor wordt bepaald door de economische waarde van het materiaal voor recycling (hfst. 3).

LR/LI is de verhouding tussen de levensduur van het referentieproduct ten opzichte van de levensduur van het innovatieve product.

6. REFERENTIES

- [1]. Uitvraag duurzaamheidsmonitoring (LCA/LCC) pilots, Klimaatenvelop Beton, TNO rapport (concept), juli 2019
- [2]. Kernmethode voor het meten van circulariteit in de bouw, Platform CB'23 Leidraad, juli 2019
- [3]. Circularity Indicators, An approach to measuring Circularity, Ellen Macarthur Foundation, mei 2015.
- [4] PEF method, EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-760-00654-1, doi:10.2760/424613, JRC115959

WWW.SGS.COM/INTRON

ABOUT SGS

SGS is the world's leading inspection, verification, testing and certification company and is recognized as the global benchmark for quality and integrity. With more than 90.000 employees, SGS operates a network of over 2.000 offices and laboratories around the world.

SGS INTRON B.V.

Dr. Nolenslaan 126
P.O. Box 5187
NL-6130 PD Sittard
t +31 (0)88 214 52 04

SGS INTRON B.V.

Venusstraat 2
P.O.Box 267
NL-4100 AG Culemborg
t +31 (0)88 214 51 00

SGS NETHERLANDS

Malledijk 18
P.O. Box 200
NL-3200 AE Spijkenisse
t +31 (0)181 693 333

SGS BELGIUM

SGS House
Noorderlaan 87
B-2030 Antwerpen
t +32 (0)3 545 44 00

WHEN YOU NEED TO BE SURE