

## Ketenanalyse beton en verwerken beton TBI Infra

CO2 prestatieladder 4.A.1

**Auteur(s)**  
mevrouw M.E. Kloos

**Datum gewijzigd**  
24 juni 2025  
**Referentie**  
2010-4187  
**Versie**  
2.0  
**Status**  
Definitief  
**Blad**  
1 van 19

## Inhoud

|     |                                                     |    |
|-----|-----------------------------------------------------|----|
| 1   | Inleiding                                           | 3  |
| 1.1 | Activiteiten TBI Infra                              | 3  |
| 1.2 | Wat is een ketenanalyse                             | 3  |
| 1.3 | Doel van de ketenanalyse                            | 3  |
| 1.4 | Verklaring ambitieniveau                            | 4  |
| 1.5 | Leeswijzer                                          | 4  |
| 2   | Scope 3 & keuze ketenanalyses                       | 5  |
| 2.1 | Selectie ketens voor analyse                        | 5  |
| 2.2 | Scope ketenanalyse                                  | 5  |
| 2.3 | Primaire & Secundaire data                          | 5  |
| 2.4 | Allocatie data                                      | 6  |
| 3   | Identificeren van schakels in de keten              | 7  |
| 3.1 | Beschrijf de betreffende keten                      | 7  |
| 3.2 | Ketenpartners                                       | 8  |
| 4   | Kwantificeren van emissies                          | 9  |
| 4.1 | Productie                                           | 9  |
| 4.2 | Transport betonmortel                               | 9  |
| 4.3 | Realisatie                                          | 9  |
| 4.4 | Sloop                                               | 11 |
| 4.5 | Transport                                           | 11 |
| 4.6 | Afvalstromen                                        | 11 |
| 4.7 | Overzicht CO <sub>2</sub> -uitstoot in de keten     | 13 |
| 4.8 | Overzicht MKI in de keten                           | 14 |
| 5   | Maatregelen                                         | 15 |
| 5.1 | Overschakelen van CEM I naar CEM III                | 15 |
| 5.2 | Innovatief beton toepassen - GeoBeton               | 16 |
| 5.3 | Secundair toeslagmateriaal                          | 16 |
| 5.4 | Toepassen HVO                                       | 16 |
| 5.5 | Elektrificeren                                      | 16 |
| 5.6 | Milieubewust leveranciers kiezen                    | 17 |
| 6   | Conclusie                                           | 18 |
| 6.1 | Doelstelling                                        | 18 |
| 6.2 | Vervolgstappen                                      | 18 |
| 6.3 | Aanbevelingen                                       | 18 |
| 6.4 | Onzekerheden en verbetermogelijkheden in informatie | 18 |
| 7   | Bronvermelding                                      | 19 |

## 1 Inleiding

In het kader van het behalen van niveau 5 op de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder voert TBI Infra een analyse uit van een GHG (Green House Gas) genererende keten. Dit document beschrijft de ketenanalyse van betonmortel en de verwerking van deze grondstof.

### 1.1 Activiteiten TBI Infra

TBI Infra is een onderdeel van TBI Holdings. TBI Infra is een vooraanstaand concern in vastgoed, bouw en techniek met een rijke historie. Haar bijzondere eigendomsstructuur met indirect een onafhankelijke stichting als enig aandeelhouder onderscheidt zich van andere concerns in Nederland. TBI vormt een herkenbaar netwerk van ondernemingen met een eigen identiteit en legt het ondernemerschap zo laag mogelijk in de organisatie. Het besturingsmodel van TBI Infra is ingericht op het principe van 'vrijheid in verbondenheid'. TBI Infra realiseerde in 2024 een omzet van € 280 miljoen met gemiddeld 450 medewerkers.

Drie zelfstandige werkmaatschappijen vormen de kern van TBI Infra: de infrabedrijven Mobilis, Voorbij Funderingstechniek en Voton.

TBI Infra is een bouwonderneming die vanuit haar maatschappelijke betrokkenheid bewust omgaat met het leefmilieu. Grondstoffen en energiebronnen zijn eindig en moeten spaarzaam en bedacht gebruikt worden. TBI Infra streeft naar gebruik van energie en grondstoffen in plaats van verbruik. Wij zien duurzaam bouwen als het beperken van gezondheids- en milieuschade in alle fasen van een bouwwerk, vanaf winning van de grondstof, via het ontwerp, de bouw en het gebruik, tot en met de sloop van het bouwwerk. Duurzaamheid maakt deel van Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen (MVO).

De werkzaamheden van TBI Infra kunnen worden opgedeeld in vijf categorieën en drie verschillende markten. Hieronder is een tabel gepresenteerd waarin de product-marktcombinaties zijn opgedeeld op basis van omzetverdeling.

| Producten en markten:<br><i>Opdrachtgevers:</i> | Overheid<br><i>Gemeenten<br/>Provincies<br/>Waterschappen</i> | Semi-overheid | Private partijen<br><i>Aannemers<br/>Installateurs</i> | % van de totale omzet |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|-----------------------|
| Infra                                           | 30%                                                           | 18%           | 0%                                                     | 48%                   |
| Speciale Technieken                             | 5%                                                            | 6%            | 8%                                                     | 19%                   |
| Onderhoud                                       | 1%                                                            | 1%            | 2%                                                     | 4%                    |
| Fundatie                                        | 0%                                                            | 0%            | 21%                                                    | 21%                   |
| Palen/producten                                 | 0%                                                            | 0%            | 8%                                                     | 8%                    |
|                                                 | 36%                                                           | 25%           | 39%                                                    | 100%                  |

Tabel 1: Scope 3 analyse uitstoot TBI Infra 2024

### 1.2 Wat is een ketenanalyse

Een ketenanalyse houdt in dat van een bepaald product of dienst de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt berekend van de gehele keten. Met de gehele keten wordt de gehele levenscyclus van het product bedoeld: van winning van de grondstof tot en met de verwerking aan het einde van de levensduur.

### 1.3 Doel van de ketenanalyse

Het doel van deze ketenanalyse is tweeledig. Allereerst moet de ketenanalyse een basis vormen waarop voortgang aangetoond kan worden. Daarnaast wil TBI Infra een impact maken op de berekening van CO<sub>2</sub> footprints in de branche. De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van CO<sub>2</sub>-reductiekansen, het definiëren van reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang. Met deze analyse en de daaruit volgende maatregelen streeft TBI Infra naar reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van haar beton. Op basis van het inzicht in de scope 3 emissies en de ketenanalyse wordt een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd wordt actief gestuurd op het reduceren van de scope 3 emissies.

Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. TBI Infra zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

#### 1.4 Verklaring ambitieniveau

TBI Infra heeft ervoor gekozen om een analyse uit te voeren die veel impact in elk project kan hebben. Het onderwerp komt vaker naar voren in de projectdossiers die worden opgesteld met het CO<sub>2</sub> Projectplan en ook in aanbestedingen zien de tender teams deze vraag vaker terugkomen. Ingekochte goederen en diensten is op afstand de grootste emissiebron in de scope 3 emissies van TBI Infra. Binnen ingekochte goederen en diensten zijn de twee grootste onderwerpen staal en beton.

| GHG category                      |                                      | Aandeel CO <sub>2</sub> -uitstoot(%) |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>1 (goederen en) diensten</b>   |                                      | 60                                   |
| <b>1 goederen (en diensten)</b>   | Metal products                       | 14                                   |
|                                   | Articles of concrete, stone etc      | 19                                   |
|                                   | Stone, sand and clay, other minerals | 1                                    |
|                                   | Wholesale                            | 0                                    |
| <b>2 kapitaalgoederen</b>         |                                      | 3                                    |
| <b>4/9 transport</b>              |                                      | 1                                    |
| <b>5 afvalstromen</b>             |                                      | 0                                    |
| <b>8 Upstream geleaste activa</b> |                                      | 2                                    |

Tabel 2: Scope 3 emissies over eerste drie kwartalen 2024

In de tabel 2 zijn de emissies van TBI Infra van de eerste drie kwartalen van 2024 uiteen gezet. Deze tabel toont dat het aandeel beton, die opgebouwd is uit de categorieën 'Articles of concrete, stone etc' en 'Stone, sand and clay, other minerals', 20% is van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot die door TBI Infra in kaart is gebracht. Inkoop van beton vertegenwoordigt 14% van deze footprint.

TBI Infra heeft besloten om een analyse uit te voeren over de uitstoot van beton en in de komende jaren inzichtelijk te maken welke invloed de bewuste keuzes hebben op de scope 3 uitstoot van projecten waarbij beton gebruikt wordt. TBI Infra denkt hierbij een koploper te zijn in het creëren van inzicht.

#### 1.5 Leeswijzer

In dit rapport presenteert TBI Infra de ketenanalyse van beton. De opbouw van het rapport is als volgt:

- Hoofdstuk 2: Scope 3 emissies & keuze ketenanalyse
- Hoofdstuk 3: Identificeren van schakels in de keten
- Hoofdstuk 4: Kwantificeren van de emissies
- Hoofdstuk 5: Reductiemogelijkheden
- Hoofdstuk 6: Conclusie
- Hoofdstuk 7: Bronvermelding

## 2 Scope 3 & keuze ketenanalyses

Het onderwerp van de ketenanalyse is bepaald aan de hand van de kwalitatieve dominantieanalyse. Deze analyse maakt overzichtelijk wat de Product-Markt Combinaties zijn waarop TBI Infra het meeste invloed heeft om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te beperken. De achterliggende berekeningen zijn terug te vinden in de Kwalitatieve dominantieanalyse.

### 2.1 Selectie ketens voor analyse

TBI Infra heeft conform de voorschriften van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder 3.0 van twee van de top zes emissiebronnen reeds een ketenanalyse opgesteld. Deze betreffen:

- ✓ Infra voor overheidspartijen: ingekochte goederen en diensten (staal)
- ✓ Infra voor overheidspartijen: inhuur materieel

TBI Infra doet conform de voorschriften van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder 3.0 een ketenanalyse van een derde categorie uit haar top zes van emissiebronnen. Deze categorie betreft:

- ✓ Infra voor overheidspartijen: Ingekochte goederen en diensten (beton)

De top zes wordt gecompleteerd door de volgende categorieën:

- ✓ Infra voor overheidspartijen: Transport
- ✓ Fundatie - Privaat: Transport
- ✓ Infra voor overheidspartijen: Ingekochte goederen en diensten (onderaannemers)

Door TBI Infra is gekozen om de derde ketenanalyse te maken van een product uit de categorie infra voor overheidspartijen: Ingekochte goederen en diensten (beton). Ook deze keuze komt uit de top 6, waaruit na een kort onderzoek is gebleken er veel te behalen valt op het gebied van inzicht en reductie.

### 2.2 Scope ketenanalyse

De ketenanalyse richt zich naast de keten ook op de verdeling van de verschillende betonsoorten binnen de scope 3 uitstoot van TBI Infra en de daarbij komende CO<sub>2</sub>-uitstoot van deze verschillende producten. Hiermee wil TBI Infra een duidelijk inzicht creëren in de reductiemogelijkheden en waar deze toegepast dienen te worden. Om dit inzicht te creëren, is er in de tijdsperiode van 01-01-2020 tot 30-09-2020 bijgehouden wat de verdeling binnen de categorie 'infra voor overheidspartijen: Ingekochte goederen en diensten (beton)' is binnen TBI Mobilis. Deze verdeling wordt voor representatief genomen voor de verdeling binnen TBI Infra.

Deze analyse moet een meetpunt worden waarop verdere doelstellingen gebaseerd kunnen worden. De uit de analyse voortgekomen verdeling tussen de verschillende soorten ingekocht betonmortel binnen TBI Mobilis heeft twee betonsoorten doen laten uitlichten. Zoals in de tabel is te zien maken C12/15 en C30/37 samen 81.4% van de ingekochte betonverdeling, gemeten in het aantal m<sup>3</sup> ingekocht betonmortel. De scope van deze analyse zal daarom ook liggen op de milieubelasting van deze twee soorten betonmortel.

| Materiaal | Percentage |
|-----------|------------|
| C12/15    | 37.9%      |
| C30/37    | 43.8%      |

Tabel 3: Verdeling betonartikelen aan de hand van ingekochte m<sup>3</sup> aan betonartikelen.

### 2.3 Primaire & Secundaire data

In deze ketenanalyse wordt gebruik gemaakt van primaire data aangeleverd door TBI Infra voor de toegepaste grondstoffen. Verder wordt er gezien de grote variatie in projecten en toepassingen voor gekozen om secundaire data toe te passen voor het verder opstellen van de ketenanalyse. Hierbij komen de datakaarten voor de verschillende processen en de conversiefactoren uit DuboCalc, NMD en Ecolnvent.

| Verdeling Primaire en Secundaire data |                                            |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Primaire data                         | Gebruik van de verschillende grondstoffen. |

|                        |                                                                                                                                    |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Secundaire data</b> | Conversiefactoren van zowel productie van grondstoffen en verbruik van materieel, daarnaast conversiefactoren van afvalverwerking. |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

*Tabel 4: Verdeling primaire en secundaire data*

## 2.4 Allocatie data

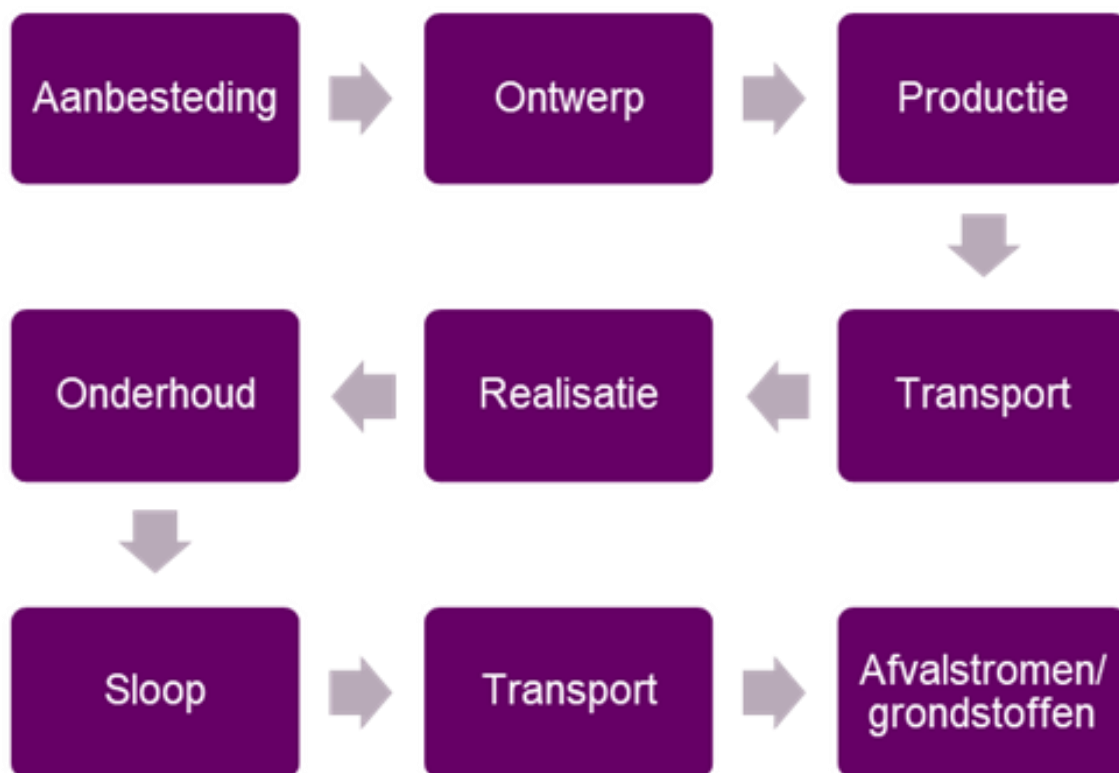
Er wordt geen gebruik gemaakt van allocatie van data.

### 3 Identificeren van schakels in de keten

De bedrijfsactiviteiten van TBI Infra zijn onderdeel van een keten van activiteiten. Zo moeten materialen die worden ingekocht eerst geproduceerd worden (upstream) en gaat het transporteren, gebruik en verwerken van opgeleverde “producten” of “werken” ook gepaard met energiegebruik en emissies (downstream).

#### 3.1 Beschrijf de betreffende keten

De ketenanalyse betreft zoals aangegeven ‘de specificatie van conversiefactoren voor de inkoop van beton en betonalternatieven’. Naast de keten van het beton, is er ook nog een andere keten die hierbij aanhaakt, namelijk de keuze voor een bepaald betontype. Deze keuze wordt gemaakt in de fase ‘Ontwerp’ en wordt voor de volledigheid meegenomen in de analyse. De totale beschrijving van de keten kan als volgt worden weergegeven:



Figuur 1: Procesboom betonmortel

### 3.2 Ketenpartners

De wapening toegepast in beton wordt niet meegenomen in deze ketenanalyse. Er wordt gekeken naar alle onderdelen van de keten die hierboven zijn genoemd. Hierbij zal er een focus worden gelegd op de productie en de realisatiefase van beton. Vanwege de lange levensduur van het product wordt het onderhoud van dit product buiten beschouwing gelaten. Het einde van de levensduur wordt meegenomen in de berekeningen, maar hier zal in mindere mate gekeken worden naar alternatieven, gezien de kleinere invloed die TBI Infra hierop heeft.

Bij de werkzaamheden van dit project zijn verschillende ketenpartners gemoeid. Deze kunnen worden opgedeeld in twee categorieën.

Voor beton zijn de volgende ketenpartners geïdentificeerd:

- ✓ Mebin
- ✓ Basal
- ✓ Bruil
- ✓ Cementbouw

De volgende algemene ketenpartners zijn van toepassing op dergelijke projecten:

- ✓ Opdrachtgevers
- ✓ Transporteurs

## 4 Kwantificeren van emissies

Op basis van de beschrijving van de keten zoals weergegeven in hoofdstuk 3 is per ketenstap bepaald hoeveel CO<sub>2</sub> wordt uitgestoten tijdens de diverse fasen van de keten. Elke paragraaf beschrijft een onderdeel van de keten en de bijbehorende CO<sub>2</sub>-uitstoot. Gezien de variatie in projecten wordt er voor gekozen om in de ketenanalyse gebruik te maken van standaard datakaarten voor betonmortel C12/15 en C30/37, beide geclassificeerd als CEMIII. Verder specificaties van deze mengsels zijn onbekend, maar er wordt verwacht dat dit een goede eerste indruk geeft van de opbouw in uitstoot. Bij elke datakaart en conversiefactor is vermeld waar deze vandaan komt om de referentie na te kunnen lopen. Verder wordt de processen 'Aanbesteding' en 'Ontwerp' niet meegenomen in de opgestelde ketenanalyse.

### 4.1 Productie

De verschillende betonmengsels die zijn meegenomen in deze analyse bestaan uit een andere samenstelling. Deze verschillende samenstellingen zijn gebaseerd op de gegevens uit NMD met de bijgevoegd de naam van de betreffende datakaart. In deze fase van de keten worden alle processen die tijdens winnen en produceren tot stand komen meegenomen in de uiteindelijke waarden.

| Materiaal     | Referentie                                                           | Database | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------|---------|
| <b>C12/15</b> | 0160-fab&Betonmortel C12/15 (o.b.v. CEM III), 2351 kg/m <sup>3</sup> | NMD      | 150.95                         | 13,64   |
| <b>C30/37</b> | Betonmortel C30/37 (CEM III)                                         | NMD      | 176.55                         | 13.04   |

Tabel 5: Uitstoot van de productie van verschillende betonmortels

### 4.2 Transport betonmortel

De volgende fase in de keten is het transport van het betonmengsel vanaf de productielocatie naar de projectlocatie. De productielocatie van het beton en de projectlocatie zijn project specifiek. Conform Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken versie 1.0 wordt er gerekend met een afstand van 50 kilometer voor het transport van beton. Voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gebruik gemaakt van een conversiefactor voor een gemiddelde vrachtwagen (10-20 ton). Voor de MKI van dit proces wordt er gekeken naar 'Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}| transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U' uit Ecolnvent. De uiteindelijke waarden zijn weergegeven in tabel 6 en 7.

| Materiaal     | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Afstand (km) | Conversiefactor (kg/tonkm) | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) |
|---------------|-------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|
| <b>C12/15</b> | 2,351                         | 50           | 0,259                      | 30,45                          |
| <b>C30/37</b> | 2,395                         | 50           | 0,259                      | 30,55                          |

Tabel 6: CO<sub>2</sub>-uitstoot Transport betonmortel

| Materiaal     | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Afstand (km) | Referentie                                                                                                              | MKI (€) |
|---------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>C12/15</b> | 2,351                         | 50           | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5   Cut-off, U | 2,14    |
| <b>C30/37</b> | 2,395                         | 50           | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5   Cut-off, U | 2,15    |

Tabel 7: MKI Transport materialen

### 4.3 Realisatie

Het verwerken van het betonmengsel op de projectlocatie is de volgende fase.. Gezien elk project uniek is wordt er gerekend met de processen die genoemd worden in DuboCalc. Bij al deze processen is een bijpassende proceskaart toegepast vanuit de Nationale Milieu Database. Er wordt verder aangenomen dat het verwerken van de verschillende betonsoorten in het bouwwerk op een vergelijkbare wijze gebeurd en de onderstaande tabel daardoor toepasbaar is op de verschillende soorten.

Het proces 'Verdichten beton (trilnaald)' is uitgedrukt per ton beton die verdicht wordt. Gezien het specifieke gewicht van de verschillende betonsoorten bekend is zijn deze in tabel 9 apart uiteen gezet.

DuboCalc heeft voor de verschillende processen die tijdens de realisatie worden toegepast een tijdsduur bepaald die de uitstoot van dit specifieke proces definieert. Gezien alleen het proces 'Gr.mach.hydr. (gemiddeld)' is gebaseerd op een tijdsduur is alleen hier de tijdsduur van DuboCalc toegepast.

Om rekening te houden met de variatie van het verwerken van beton op de projectlocatie, is er een toeslag van 30% op deze waarde toegepast. Dit is gebaseerd op de Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken versie 1.0, welke voor de opstelling van een LCA deze regelt hanteert. De uiteindelijk weergegeven CO<sub>2</sub>-uitstoot en MKI in onderstaande tabellen zijn inclusief deze toeslag.

| Proces                           | Hoeveelheid            | Referentie                                                                                                           | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|----------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gr.mach.hydr. (gemiddeld)</b> | 0,06 uur               | 0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)     | 4,09                           | 0,55    |
| <b>Betonpomp voertuig</b>        | incl. 1 m <sup>3</sup> | 0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m3 (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp) | 8,73                           | 1,16    |

Tabel 8: Uitstoot tijdens realisatie voor beide materialen

| Proces        | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Referentie                                                                                                                               | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>C12/15</b> | 2,351                         | 0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m3 Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U; data uit 1995) | 0,28                           | 0,02    |
| <b>C30/37</b> | 2,395                         | 0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m3 Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U; data uit 1995) | 0,28                           | 0,02    |

Tabel 9: Uitstoot tijdens realisatie door trilnaad

#### 4.4 Sloop

Wanneer het einde van de levensduur van een kunstwerk is bereikt wordt er van uitgegaan dat het project wordt gesloopt en. De processen die bij het slopen van een betonnen kunstwerk verwacht kunnen worden zijn in tabel 10 weergegeven en zijn gebaseerd op de sloopfase van DuboCalc. De eerste graafmachine is bezig met het slopen van het materiaal en de tweede graafmachine sorteert het losgekomen afval, vandaar dat hier twee maal een graafmachine wordt toegepast.

Gezien de onzekerheid in de sloop is bij deze processen ook een toeslag van 30% toegepast, met dezelfde gedachtegang als bij de vorige fase van deze ketenanalyse nader is toegelicht. De uiteindelijke waarde voor CO<sub>2</sub>-uitstoot en MKI is inclusief deze toeslag.

| Proces                                   | Hoeveelheid (uur) | Referentie                                                                                                                              | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gr.mach.hydr. (gemiddeld)</b>         | 0,04              | 0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for   Cut-off, U)                         | 2,73                           | 0,36    |
| <b>Gr.mach.hydr. (gemiddeld)</b>         | 0,04              | 0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for   Cut-off, U)                         | 2,73                           | 0,36    |
| <b>Sloophamer hydr.aanb. 600-1900 kg</b> | 0.04              | 0131-pro&Sloophamer, hydr.aanb., 600-1900 kg, per uur (o.b.v. 1800 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for   Cut-off, U) | 8,56                           | 1,14    |

Tabel 10: Uitstoot tijdens slopen constructie

#### 4.5 Transport

Conform Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken versie 1.0 wordt er gerekend met een afstand van 50 kilometer voor het transport van beton naar de afvalverwerkingsinstallatie. Voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gebruik gemaakt van een conversiefactor voor een gemiddelde vrachtwagen (10-20 ton). Voor de MKI van het proces wordt er gekeken naar 'Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U' uit Ecolnvent. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 11 en 12.

| Materiaal | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Afstand (km) | Conversiefactor (kg/tonkm) | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) |
|-----------|-------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|
| C12/15    | 2,351                         | 50           | 0,259                      | 30,45                          |
| C30/37    | 2,395                         | 50           | 0,259                      | 30,55                          |

Tabel 11: CO<sub>2</sub>-uitstoot Transport materialen

| Materiaal | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Afstand (km) | Referentie                                                                                                             | MKI (€) |
|-----------|-------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| C12/15    | 2,351                         | 50           | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5   Cut-off, U | 2,14    |
| C30/37    | 2,395                         | 50           | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5   Cut-off, U | 2,15    |

Tabel 12: MKI Transport materialen

#### 4.6 Afvalstromen

Voor de verwerking van het vrijgekomen afval van beton is gerekend met het standaard scenario uit de SBK bepalingmethode en de bijbehorende processen uit de Nationale Milieu Database. Dit is 99% recycling (als

betongranulaat) en 1% stort. Gezien het verschil in gewicht van de verschillende grondstoffen worden de processen 'Breken beton' en 'Storten beton' apart weergegeven.

| Materiaal     | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Referentie                                                               | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>C12/15</b> | 2,327                         | 0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI) | 3,76                           | 0,39    |
| <b>C30/37</b> | 2,371                         | 0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI) | 3,83                           | 0,40    |

Tabel 13: Breken beton (99% van specifiek)

| Materiaal     | Gewicht (ton/m <sup>3</sup> ) | Referentie                                                                                                                                                | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|---------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>C12/15</b> | 0.024                         | 0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}  treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U) | 0,13                           | 0,02    |
| <b>C30/37</b> | 0.024                         | 0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}  treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U) | 0,13                           | 0,02    |

Tabel 14: Storten beton (1% van specifiek gewicht)

#### 4.7 Overzicht CO<sub>2</sub>-uitstoot in de keten

Om een overzicht te geven van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot in de keten wordt onderstaand een tabel gepresenteerd met de waarden per kubieke meter beton.

| Fase                  | C12/15    |       | C30/37    |       |
|-----------------------|-----------|-------|-----------|-------|
| Productie             | 150.95    | 62.2% | 176.55    | 65.7% |
| Transport betonmortel | 30.45     | 12.5% | 30.55     | 11.4% |
| Realisatie            | 13.1      | 5.4%  | 13.1      | 4.9%  |
| Sloop                 | 14.02     | 5.8%  | 14.02     | 5.2%  |
| Transport sloop       | 30.45     | 12.5% | 30.55     | 11.4% |
| Afvalstromen          | 3.89      | 1.6%  | 3.96      | 1.5%  |
| Totaal                | 242.86 kg |       | 268.73 kg |       |

Tabel 15: CO<sub>2</sub>-uitstoot in kg en percentage van de gehele uitstoot

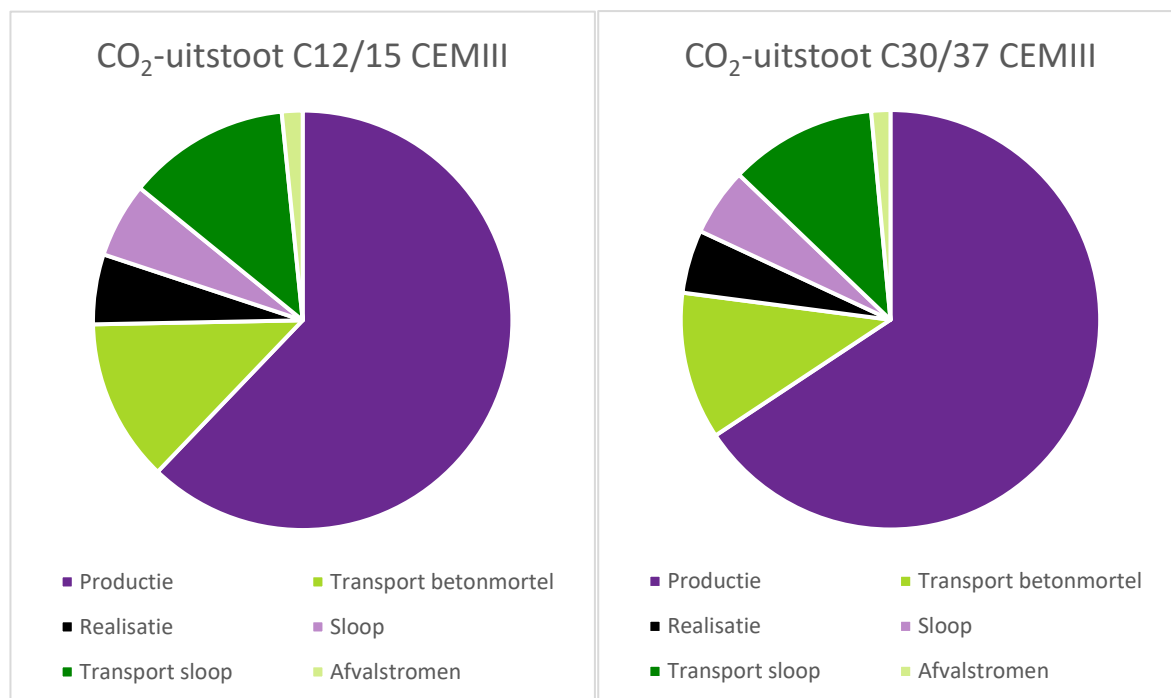


Diagram 1 en 2: CO<sub>2</sub>-uitstoot verdeling van C12/15 CEMIII (links) en C30/37 CEMIII (rechts)

#### 4.8 Overzicht MKI in de keten

Om een overzicht te geven van de totale MKI in de keten wordt onderstaand een tabel gepresenteerd met de waarden per kubieke meter beton.

| Fase         | C12/15 |       | C30/37 |       |
|--------------|--------|-------|--------|-------|
| Productie    | 13.64  | 62.2% | 15.57  | 71.0% |
| Transport    | 2.14   | 9.8%  | 2.15   | 9.8%  |
| Realisatie   | 1.73   | 7.9%  | 1.73   | 7.9%  |
| Sloop        | 1.86   | 8,5%  | 1.86   | 8.5%  |
| Transport    | 2.14   | 9.8%  | 2.15   | 9.8%  |
| Afvalstromen | 0.41   | 1.9%  | 0.42   | 1.9%  |
| Totaal       | €21.92 |       | €23.88 |       |

Tabel 16: MKI in € en percentage van de gehele milieukosten indicator

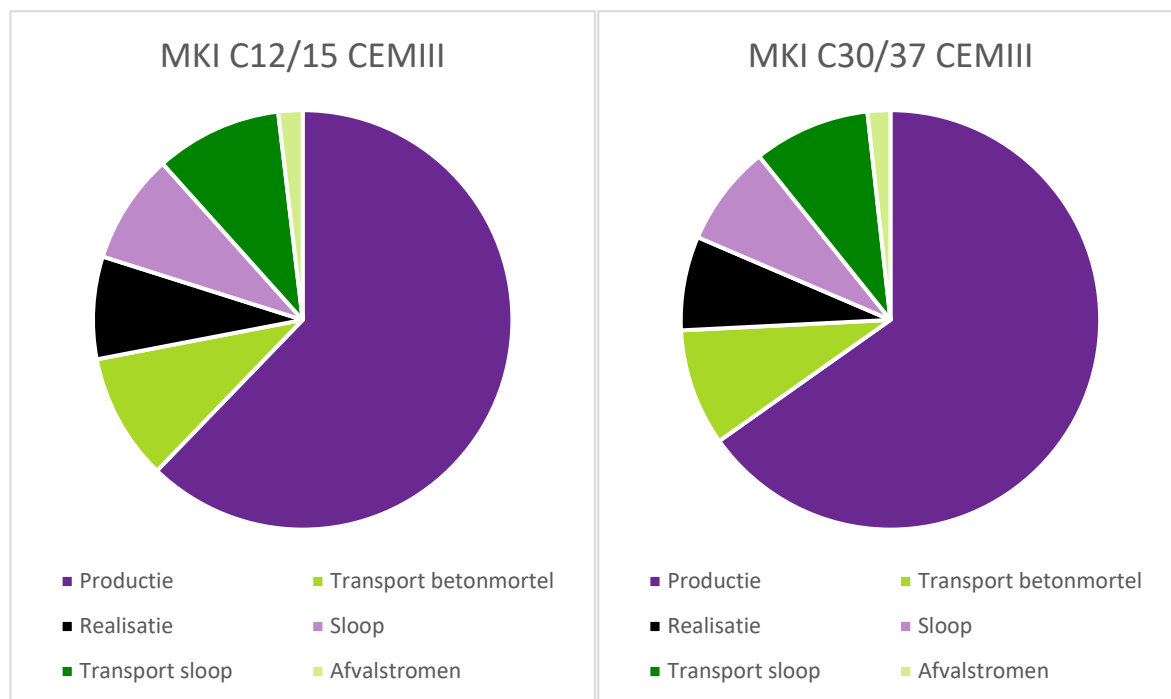


Diagram 3 en 4: MKI verdeling van C12/15 CEMIII (links) en C30/37 CEMIII (rechts)

## 5 Maatregelen

In het vorige hoofdstuk is de uitstoot van de keten in verschillende situaties berekend. Het verkregen inzicht laat zien dat de grootste winst in de winning van de grondstoffen te behalen valt. Door tijdens het ontwerpproces rekening te houden met de milieu-impact van de verschillende betonproducten kan hierop gestuurd worden.

De doelstelling van TBI Infra richt zich op het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door het bedrijf gecreëerd. Daar valt ook de keuze van soorten grondstoffen en de bewerking van deze grondstoffen die bij projecten worden toegepast. Onderstaand wordt samengevat wat de verschillende mogelijkheden zijn om tot CO<sub>2</sub>-reductie en milieukostenreductie te komen. Daarna worden de vervolgstappen en doelstellingen geformuleerd.

De procentuele reducties vermeld in de tabellen zijn op basis van specifieke referenties welke genoemd zijn bij de verschillende maatregelen.

### 5.1 Overschakelen van CEM I naar CEM III

De afgelopen tientallen jaren is een groot deel van de bouwbranche al overgeschakeld van CEMI naar CEMIII. Waar CEMI vooral bestaat uit portland klinker, welke voor veel CO<sub>2</sub>-uitstoot zorgt, bestaat CEMIII voor een deel uit reststoffen uit de industrie. Door het toepassen van CEM III heeft TBI Infra al een aanzienlijke reductie tewerkgesteld. Om hier een inzicht in te geven is in onderstaande tabel de CO<sub>2</sub>-uitstoot van verschillende betonsoorten weergegeven. Deze gegevens komen uit de NMD, waarbij er van uit gegaan wordt dat de datakaarten van deze sterkteklassen voor CEMI en CEMIII met elkaar vergeleken kunnen worden. De toegepaste kaarten zijn weergegeven in tabel 18.

| Type          | CEM I  | CEM III | Vermindering |
|---------------|--------|---------|--------------|
| <b>C12/15</b> | 343.39 | 150.95  | -56%         |
| <b>C30/37</b> | 443.33 | 176.55  | -60%         |

Tabel 17: Reductie in CO<sub>2</sub>-uitstoot door

| Datakaarten                                                          | Bron |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| 0159-fab&Betonmortel C12/15 (o.b.v. CEM I), 2384 kg/m <sup>3</sup>   | NMD  |
| 0160-fab&Betonmortel C12/15 (o.b.v. CEM III), 2351 kg/m <sup>3</sup> | NMD  |
| 0158-fab&Betonmortel C30/37 (o.b.v. CEM I), 2395 kg/m <sup>3</sup>   | NMD  |
| 0163-fab&Betonmortel C30/37 (o.b.v. CEM III), 2395 kg/m <sup>3</sup> | NMD  |

Tabel 18: Toegepaste datakaarten

## 5.2 Innovatief beton toepassen - GeoBeton

TBI Infra is al volop bezig in de ontwikkeling van duurzamere alternatieven voor beton. Een veelbelovende vervanger van het traditionele beton is GeoBeton, welke door SCS B.V. ontwikkeld wordt. Dit beton haalt zijn sterkte uit de alkalische verbindingen, waardoor er geen portlandcement toegepast hoeft te worden.

De milieuvoordelen van deze nieuwe betonsoort zijn reeds in kaart gebracht door SGS-Intron met behulp van beschikbare grondstoffendata uit EcolInvent en geverifieerde LCA data. Uit dit onderzoek blijkt dat het gebruik van GeoBeton ten opzichte van C30/37 CEM III/B (wcf=0,50) een reductie geeft van 22% op de MKI en 50% op de CO<sub>2</sub>-uitstoot per kubieke meter beton. Deze waarden zijn gebaseerd op een referentiemengsel met MKI van €13,50 en 148 kg CO<sub>2</sub>, dus kan de onderstaande reductie niet een op een overgenomen worden in de uiteindelijk te behalen reductie.

| Onderdeel                       | Vermindering | A1-A3 + D   |
|---------------------------------|--------------|-------------|
| <b>CO<sub>2</sub>- uitstoot</b> | -58%         | 74,3 (148)  |
| <b>MKI</b>                      | -32%         | 10.5 (13.5) |

Tabel 19: Reductie door gebruik Geobeton ten opzichte van referentiemengsel in SGS-Intron rapport

## 5.3 Secundair toeslagmateriaal

Een andere manier om de uitstoot van de productie van beton te verlagen is door in plaats te kiezen voor nieuwe grondstoffen, grondstoffen te hergebruiken die vrij zijn gekomen bij sloopprojecten. Hierbij kan secundair zand en grind worden gebruikt als toeslagmateriaal. Momenteel mogen betonleveranciers al tot 30% van de mengsels aanvullen met secundair toeslagmateriaal, zonder dit te hoeven melden bij de afnemer. Hierdoor is de reductie die behaald kan worden ten opzichten van het referentiemengsel lastig in te schatten.

Omdat momenteel onbekend is hoe groot het aandeel secundair grind en betonzand in het beton van Mobilis is, is deze reductiemaatregel niet in een percentage uit te drukken. Daarom is deze reductiemaatregel benoemd in tabel 20 per 100 kilogram. Hierbij is aangenomen dat de reductie die behaald wordt bij de toepassing van betongranulaat toepasbaar is op zowel grind en betonzand, waardoor de uiteindelijke reductie van het vervangen van deze materialen door secundair toeslagmateriaal de volledige MKI en CO<sub>2</sub> waarden zijn.

| Onderdeel        | MKI (€) | CO <sub>2</sub> (kg) |
|------------------|---------|----------------------|
| <b>Grind</b>     | €0,15   | 11,81                |
| <b>Betonzand</b> | €0.15   | 11,73                |

Tabel 20: Vermindering per 100 kg wanneer gekozen wordt voor secundair materiaal

## 5.4 Toepassen HVO

Tijdens de realisatie van het project worden bij beide beton mortels 13.1 kg aan CO<sub>2</sub> uitgestoten per m<sup>3</sup> beton. Hierbij moet wel genoemd worden dat er een toeslag van 30% is toegepast met de gegeven onderbouwing. Door in deze fase HVO (Hydrated Vegetable Oil) toe te passen als brandstof op de projectlocatie kan de CO<sub>2</sub>-uitstoot verlaagd worden met 59% en de MKI met 28% verlaagd worden ten opzichte van de situatie waar diesel als brandstof is gebruikt. Deze waarden zijn berekend op basis van TNO rapport '20 LCA's van brandstof-machinecombinaties', waarbij de uiteindelijke reductie in MJ is uitgedrukt. Dit gezien het verschil in stookwaarde tussen diesel en HVO.

|        | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|--------|--------------------------------|---------|
| Per MJ | 59%                            | 28%     |

Tabel 21: Reductie door gebruik HVO ten opzichte van diesel.

## 5.5 Elektrificeren

Momenteel is TBI Infra bezig met het verder reduceren van de uitstoot op de bouwplaats door het elektrificeren van het materieel van Voorbij Funderingstechniek. Met behulp van deze maatregel kan uiteindelijk de uitstoot op de bouwplaats nog verder terug worden gebracht.

## 5.6 Milieubewust leveranciers kiezen

De ketenanalyse laat zien dat het transport, naast de productie van het materiaal, een groot aandeel heeft in de totale uitstoot van 1 m<sup>3</sup> beton. Gezien TBI Infra veel invloed heeft op welke transport bewegingen plaats vinden is deze meegenomen als maatregel.

Er is in deze ketenanalyse gerekend met een afstand van 50 kilometer gerekend die conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken versie 1.0 is. Door actief te zoeken naar een leverancier van het materiaal die zich dicht bij de projectlocatie bevindt kan deze uitstoot verminderd worden. De winst die te behalen is per tonkm is onderstaand weergegeven. Voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt gebruik gemaakt van een conversiefactor voor een gemiddelde vrachtwagen (10-20 ton). Voor de MKI waarde van het proces wordt er gekeken naar 'Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 {RER}' transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 | Cut-off, U' uit EcoInvent.

|                   | CO <sub>2</sub> -uitstoot (kg) | MKI (€) |
|-------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Per ton*km</b> | 0.259                          | 0.02    |

Tabel 22: Uitstoot per kilometer

## 6 Conclusie

### 6.1 Doelstelling

Met het verkregen inzicht door deze scope analyse is een meetmoment gecreëerd waarop TBI Infra reductiedoelen kan baseren en meten. Deze doelstelling wordt verder uitgewerkt in het CO<sub>2</sub> reductieplan.

### 6.2 Vervolgstappen

Bij het opstellen van de analyse zijn er leerpunten naar voren gekomen waar TBI Infra meer tijd in wil steken.

- *De hoeveelheden tussen de verschillende sterkteklassen betonmortel zal de komende jaren bijgehouden worden om inzicht te krijgen in de uiteindelijke ingekochte hoeveelheden en verdeling ingekocht betonmortel.*
- *Om duidelijk inzicht te krijgen van de milieubelasting van prefab betonnen onderdelen wil TBI Infra hiervoor standaardwaardes opstellen voor verschillende prefab onderdelen welke veel toegepast worden in TBI Infra haar projecten.*
- *Om beter inzicht te krijgen in de verschillen tussen producten van betonmortel, wil TBI Infra de LCA van verschillende producenten beschikbaar hebben en deze verschillen in MKI meenemen in de overweging tijdens inkoop.*
- *Materialenpaspoort toepassen om meer kans op hergebruik te creëren*
- *De komende jaren zullen de ontwikkelingen in de betonsector gevolgd worden en daar waar nodig zal de maatregelen lijst aangevuld of aangepast worden om een representatief beeld te geven van de mogelijkheden.*
- *Momenteel wordt de totale inkoopwaarde die onder de GHG categorie goederen en diensten vallen met een standaard conversiefactor omgerekend naar een totale hoeveelheid beton. Dit geeft een eerste inschatting, maar de correctheid is niet gecontroleerd. Hier wil TBI Infra beter inzicht in creëren..*

### 6.3 Aanbevelingen

Verder zijn er ook nog enige reductiemogelijkheden waarvan het reductieperspectief zeer afhankelijk is van het specifieke project. Deze zijn hieronder kort genoteerd en zouden in een verder studie uitgewerkt kunnen worden.

- Betonmortel meer tijd geven om op sterkte te komen waardoor een lagere betonklasse gebruikt kan worden.
- De keus tussen In-situ en Prefab beton laten afhangen van de milieukosten die dit met zich meebrengt.

### 6.4 Onzekerheden en verbetermogelijkheden in informatie

Bij het maken van deze ketenanalyse zijn een aantal aannames gedaan. Zo zijn de processen gebaseerd op waardes uit DuboCalc, EcolInvent en de Nationale Milieu Database. Hierbij is momenteel onbekend wat de precieze samenstelling van de betonmengsels is, deze wordt momenteel opgevraagd voor een betere vergelijking. Voor de onzekerheid tijdens realisatie is hier een toeslag van 30% toegepast. De andere processen zullen een benadering zijn van de werkelijkheid, maar deze kan afwijken.

Een van de doelen bij deze ketenanalyse is om het inzicht in deze keten in de komende jaren te verbeteren en hier gemiddeldes voor te berekenen. Dit gebeurt door de komende jaren de verdeling in de betonsoorten bij te houden en te controleren of deze in overeenstemming zijn met de gedane analyses. De grootste uitstoot tijdens de productie van betonmortel wordt gecreëerd door cement. Om beter inzicht te krijgen in de uitstoot van de gebruikte mengsels van TBI Infra, wordt bij een volgende meting gekeken of de precieze betonklasse met de water cement verdeling, de wcf, kan worden meegenomen in de administratie. Hiermee kan een betere inschatting van de totale uitstoot gemaakt worden.

Daarnaast wil TBI Infra in gesprek met de ketenpartners, zowel leveranciers als transporteurs, voor gedetailleerde kennis en mogelijke optimalisatie van de logistieke stromen. Momenteel is op dit vlak nog geen inzicht, dus kan er nog geen concrete doelstelling aan worden gekoppeld.

## 7 Bronvermelding

| Bron / Document                                                                                 | Kenmerk                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Handboek CO <sub>2</sub> -prestatieladder 3.0, 10 juni 2015                                     | Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen |
| Corporate Accounting & Reporting standard                                                       | GHG-protocol, 2004                                    |
| Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard                               | GHG-protocol, 2010a                                   |
| Product Accounting & Reporting Standard                                                         | GHG-protocol, 2010b                                   |
| Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines | NEN-EN-ISO 14044                                      |
| www.ecoinvent.org                                                                               | Ecoinvent v3                                          |
| www.milieudatabase.nl                                                                           | Nationale Milieudatabase                              |
| Bepalingsmethode Milieuprestatie bouwwerken versie 1.0, juli 2020                               | SBK Bepalingsmethode                                  |
| 20 LCA's van brandstof-machinecombinaties                                                       | TNO-rapport TNO 2018 R10658                           |

De opbouw van dit document is gebaseerd op de Corporate Value Chain (Scope 3) Standaard. Daarnaast is, waar nodig, de methodiek van de Product Accounting & Reporting Standard aangehouden (zie de onderstaande tabel).

| Corporate Value Chain (Scope 3) Standard | Product Accounting & Reporting Standard      | Ketenanalyse:                                                             |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| H3. Business goals & Inventory design    | H3. Business Goals                           | Hoofdstuk 1                                                               |
| H4. Overview of Scope 3 emissions        | -                                            | Hoofdstuk 2                                                               |
| H5. Setting the Boundary                 | H7. Boundary Setting                         | Hoofdstuk 3                                                               |
| H6. Collecting Data                      | H9. Collecting Data & Assessing Data Quality | Hoofdstuk 4                                                               |
| H7. Allocating Emissions                 | H8. Allocation                               | Hoofdstuk 4                                                               |
| H8. Accounting for Supplier Emissions    | -                                            | Onderdeel van implementatie van CO <sub>2</sub> -Prestatieladder niveau 5 |
| H9. Setting a reduction target           | -                                            | Hoofdstuk 6                                                               |