Waardeketenanalyse wapeningsstaal & beton

Organisatie: Willemen Bouw
Contactpersoon: Bart Janssens

Adviseur: Franky Van den Berghe
Adviesbureau: Willemen Groep

Publicatiedatum: 09/06/2026
Update:

Inhoudsopgave

1. Inleiding en verantwoording 4
1.1. Activiteiten Willemen Bouw 4
1.2. Wat is een waardeketenanalyse 4
1.3. Verklaring ambitieniveau 4
1.4. Leeswijzer 5
2. Scope 3 & keuze waardeketenanalyses 6
2.1. Selectie ketens voor analyse 6
2.2. Scope waardeketenanalyse 7
2.3. Primaire & Secundaire data 7
2.4. Allocatie data 7
3. Identificeren van schakels in de keten 8
3.1. Ketenstappen 8
4. Beton- en staalketen 10
4.1. Productie van grondstoffen (A1) 10
4.2. Transport van grondstoffen (A2) 11
4.3. Beton- en staalproductie (A3) 12
4.4. Transport naar de werf (A4) 12
4.5. Constructie (A5) 13
4.6. Gebruik en onderhoud (B) 14
4.7. Einde-levens-fase: slopen, verwijdering, recycling (C) 14
4.8. Lasten en lusten buiten de systeemgrenzen (D) 14
4.9. Ketenpartners 15
5. Kwantificeren van emissies 17
5.1. Toegepast beton en staal 17
5.2. Grondstoffen (A1) 17
5.2.2 Steenslag 17
5.2.3 Zand 17
5.2.4 Cement 17
5.2.5 Water 18
5.2.6 Additieven 19
5.3. Transport van grondstoffen (A2) 20
5.4. Productie beton en betonwapening (A3) 21
5.5. Transport beton en staal (A4) 23
5.6. Constructiefase (A5) 24
5.7. Gebruik en onderhoud (B) 25
5.8. End of life inclusief recycling (C) 26
5.9. Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D) 27
5.10. Overzicht CO_2 uitstoot in de keten 27
..... 28
6. Emissies gelinkt aan stakeholders 29
7. Reductiemogelijkheden 32
7.1. Scenario's voor 2030 en 2050 32
7.2. BAU-scenario ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
7.3. Klimaatneutraal scenario ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**
7.4. Reductiemaatregelen 34
7.5. Ontwerp van betonconstructies 34
7.6. Betonsamenstelling 35
7.7. Recyclingspercentage/betongranulaat 35
7.8. 3D-printen van beton 36
7.9. Transport 36
7.10. CO_2 Duurzaam beton in België 36
7.11. Reductiemogelijkheden Willemen Bouw 37
7.11.1. Doelstellingen ..... **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.**

8. **Aanbevelingen** ..... Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9. **Bronvermelding** **40**
10. **Verklaring opstellen waardeketenanalyse** **41**

1. Inleiding en verantwoording

In het kader van het behalen van trede 2 volgens handboek 4.0 op de CO_2-Prestatieladder voert Willemen Bouw een analyse uit van een broeikasgasgenererende keten. Dit document beschrijft de waardeketenanalyse van het toepassen van beton en staal voor bouwprojecten.

1.1. Activiteiten Willemen Bouw

Willemen Bouw is het onderdeel van de Willemen Groep die werken uitvoert in de burgerlijke bouwkunde (zoals bruggen, tunnels, viaducten, industriële en logistieke gebouwen, warmtekrachtcentrales, biomassa-installaties, waterzuiveringsinstallaties, tankenparken voor de petrochemie), gebouwen (kantoorgebouwen, renovaties, utiliteitsbouw zoals scholen, brandweerkazernes en culturele centra) en industrie. Naast de klassieke werken voert Willemen Bouw projecten uit in DBFM- en PPS-formule, waarin de eigen inbreng wat betreft ontwerp en financiering doorslaggevend zijn.

1.2. Wat is een waardeketenanalyse

Een waardeketenanalyse is een inventarisatie en analyse van de CO_2-emissies van een waardeketen waarin de organisatie actief is. Deze analyse is gericht op inzicht in de omvang en herkomst van de CO_2-emissies en op de mogelijkheden van de organisatie om deze emissies te beperken door het productieproces aan te passen, door andere ontwerpkeuzes en/of door keuze van, beïnvloeding van of samenwerking met organisaties in de waardeketen.

1.3. Doel van de waardeketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze waardeketenanalyse is om een beter inzicht te krijgen in het ontstaan van broeikasgasemissies over het verloop van de ganse keten van het product in kwestie, om zo gericht kansen voor reductie van CO_2-emissies te kunnen identificeren. Vervolgens zal dit leiden tot het definiëren van reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang.

Op basis van het inzicht in alle emissies blootgelegd via de waardeketenanalyse wordt een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd wordt actief gestuurd op het reduceren van de energie-gerelateerde 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. Willemen Bouw zal op basis van deze waardeketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

1.4. Verklaring ambitieniveau

Willemen Bouw is onderdeel van de Willemen Groep en ontstaan in 2025 als een fusie van volgende reeds vroeger bestaande onderdelen in de Groep: Willemen Construct, Franki Construct, Cosimco en Tools.

Sinds 2016 is Franki Construct al in het bezit van een certificaat op de CO_2-Prestatieladder. Daarnaast is Willemen Bouw en de Willemen Groep als geheel zich bewust van de noodzaak haar bedrijfsvoering te verbeteren en pakt daarom ook pilots met nieuwe systemen op.

Willemen Bouw ziet zichzelf als koploper in de sector.

1.5. Leeswijzer

In dit rapport presenteert Willemen Bouw de waardeketenanalyse van beton en wapeningsstaal in de bouw:

- Hoofdstuk 2: Scope 3 emissies & keuze waardeketenanalyse
- Hoofdstuk 3: Identificeren van schakels in de keten
- Hoofdstuk 4: Beton- en staalketen
- Hoofdstuk 5: Kwantificeren van emissies
- Hoofdstuk 6: Reductiemogelijkheden
- Hoofdstuk 7: Aanbevelingen
- Hoofdstuk 8: Bronvermelding
- Hoofdstuk 9: Verklaring opstellen waardeketenanalyse

2. Scope 3 & keuze waardeketenanalyses

Voorafgaand aan de keuze van de waardeketenanalyse werd een impact- en invloedanalyse uitgevoerd. Hierbij werden de belangrijkste onderdelen van de waardeketen van Willemen Bouw geïnventariseerd en beoordeeld op hun emissie-impact en beïnvloedbaarheid. Op basis van deze analyse werd de meest relevante waardeketen geselecteerd voor verdere uitwerking.

De achterliggende berekeningen maken geen deel uit van deze waardeketenanalyse maar zijn terug te vinden in het document "A4-1 Impact en invloedanalyse en bepaling van belangrijkste activiteiten van Willemen Bouw.CO_2.

2.1. Selectie ketens voor analyse

Door middel van een kwanititatieve scope-3-analyse en een Impact en Invloedanalyse is welke activiteiten relevant zijn voor Willemen Bouw en waar mogelijkheden liggen om invloed uit te oefenen en besparingen te realiseren. Conform de voorschriften van de CO_2-Prestatieladder 4.0 zullen de activiteiten die 50% van de emissies van Willemen Bouw omvatten als onderwerp gekozen worden om een waardeketenanalyse over op te stellen.

Uit de analyse blijkt dat de inkoop van stortklaar beton, prefabbeton en staal voor betonwapening voor Willemen Bouw 35% van de emissies van onze belangrijkste activiteiten omvatten. Wanneer je hier het aandeel van onze onderaannemers voor werken gerelateerd aan beton, prefabbeton en wapeningsstaal bij optelt, betreft dit voor Willemen Bouw 15% van de emissies.

Beton is een veelgebruikt bouwmateriaal, omwille van zijn vele troeven zoals kostprijs en beschikbaarheid van de grondstoffen, eenvoud van productie, flexibele vormgeving en relatieve eenvoud van constructie, sloop en recycling. De productie van de grondstoffen cement en wapeningsstaal kost zeer veel energie en veroorzaakt daardoor veel CO_2-uitstoot.

Door Willemen Bouw is gekozen om één waardeketenanalyse te maken van de organisatieactiviteiten onderaanneming, beton en staal. Het onderwerp "gewapend beton" zal zowel de inkoop van wapeningsstaal als (grondstoffen voor) stortbeton omvatten, waardoor de belangrijkste activiteiten binnen de combinatie worden geanalyseerd.

De tweede waardeketenanalyse is geschreven over het toepassen van duurzame energie-voorziening op de bouwplaats. Dit onderwerp is van toepassing op de organisatieactiviteit werfmaterieel en stroomgroepen, dewelke 4% van de emissies van Willemen Bouw omvat, en gaat verder in op het verbruik van onderaannemers en de potentiële reductie daarvan.

In dit document wordt het eerste onderwerp beschreven: waardeketenanalyse van staal en beton.

2.2. Scope waardeketenanalyse

In deze waardeketenanalyse wordt de toepassing van gewapend beton beschreven. Daarbij is aan de hand van de hoeveelheid door Willemen Bouw ingekocht staal en beton een inschatting gemaakt van de hoeveelheid CO_2 die hierbij in de keten is vrijgekomen. Daarbij zijn grotendeels ook gegevens van de staal- en betonleverancier gebruikt, alsook sectororganisaties als Buildwise.

2.3. Primaire & Secundaire data

Deze waardeketenanalyse is gebaseerd op primaire en secundaire gegevens uit de periode 2024-2025. Een controle van de gebruikte data toont aan dat er geen significante wijzigingen zijn opgetreden die een wezenlijke invloed hebben op de resultaten, conclusies of reductiekansen binnen de waardeketen. Daarom wordt de bestaande waardeketenanalyse nog steeds als representatief beschouwd en wordt een volledige actualisatie niet noodzakelijk geacht. De primaire data werd aangeleverd door Willemen Bouw. Daarnaast is gebruik gemaakt van diverse literatuur en onderzoeken over beton en staal.

VERDELING PRIMAIRE EN SECUNDAIRE DATA	
Primaire data	Hoeveelheden staal en beton Afstand vanaf leverancier naar projecten (gemiddelde)
Secundaire data	Winning van grondstoffen en productie staal en beton Transport van grondstoffen naar leverancier Verwerking in project, verbruik van machines Breken van beton

Tabel 1: Verdeling primaire en secundaire data

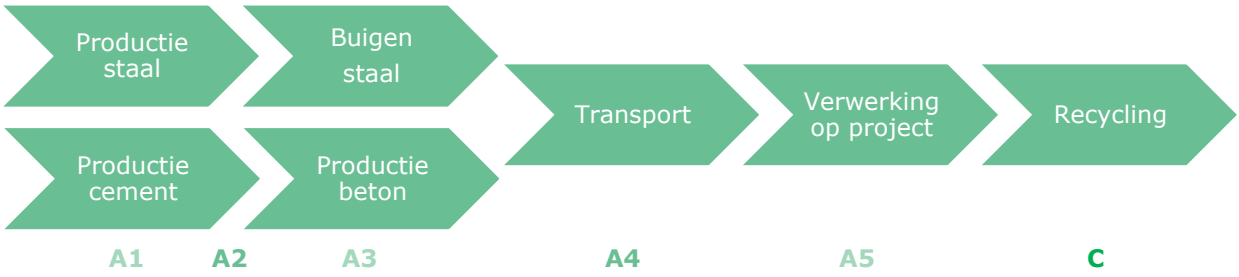
2.4. Allocatie data

Er wordt geen gebruik gemaakt van allocatie van data.

3. Identificeren van schakels in de keten

De bedrijfsactiviteiten van Willemen Bouw 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).

Figuur 1 beschrijft de diverse fasen in de keten van gewapend beton. Hieronder worden



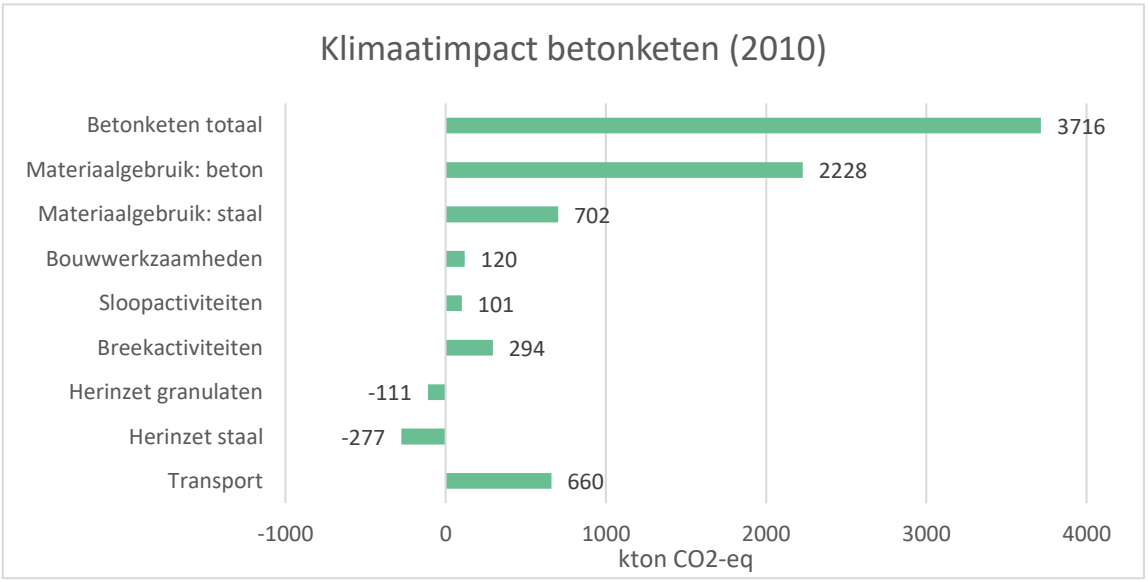
Figuur 1: Ketenstappen

deze stappen omschreven.

3.1. Ketenstappen

In de keten van gewapend beton zijn een aantal verschillende stappen te onderscheiden. Deze lopen van de productie van beton en staal, via het transport naar leverancier naar project naar verwerking van het materiaal in het project en uiteindelijk de recycling aan het einde van de levensduur.

Naar de duurzaamheid van beton en de CO_2-uitstoot in de keten zijn meerdere onderzoeken verricht. Aan de hand van cijfers van de CE Delft[5] uit 2010 kan de volgende klimaatimpact in Nederland van verschillende fasen in de keten weergegeven worden:



Figuur 2: Klimaatimpact keten

In de huidige waardeketenanalyse zal de CO_2-uitstoot van de fasen winning van grondstoffen, productie van staal en beton, transport, verwerking in project en einde van de levensduur meegenomen worden.
Om ketenscenario's te ontwikkelen, is het noodzakelijk om de verschillende componenten van materiaalketens te analyseren. Dit wordt gedaan aan de hand van de EN 15804 norm, (NBN EN 15804:2012+A2:2019, addendum: /AC:2021), zie Figuur 3. Deze norm is bedoeld om milieuproductverklaringen (EPD's) op te stellen op basis van een levenscyclusanalyse (LCA, cf. norm ISO 14040-serie). Dit overzicht geeft bij een materiaalketen stap voor stap de verschillende levenscyclusstadia weer (product, constructie, gebruikersfase en end-of-life) in modules of fases (A1, A2, …). Hoewel het systeem van de CO_2-Prestatieladder en de GHG-protocollen een andere indeling van de keten definiëren (o.a. met scopes en upstream/downstream) dan de EN 15804, is diens opdeling in modules wel een interessante kapstok om een waardeketenanalyse op te bouwen.

	Life cycle stages	Product			Construction		Use stage							End-of-life				Benefits and loads beyond the system boundary
							Related to the building fabric					Related to the building operation						
	Modules	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
		Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport	Construction	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse / Recovery / Recycling potential
		Scenarios																
Type of EPD	Cradle to Gate[1]	M	M	M														
	Cradle to Gate with option(s)[2,4]	M	M	M	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Cradle to Grave[3,4]	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O

Key: M mandatory; O optional

Notes:
[1] for a declared unit
[2] for a declared unit or functional unit
[3] for a functional unit
[4] Reference Service Life to be included only if all scenarios are included

Figuur 3: gebruikte levenscyclus methode (NBN EN 15804)

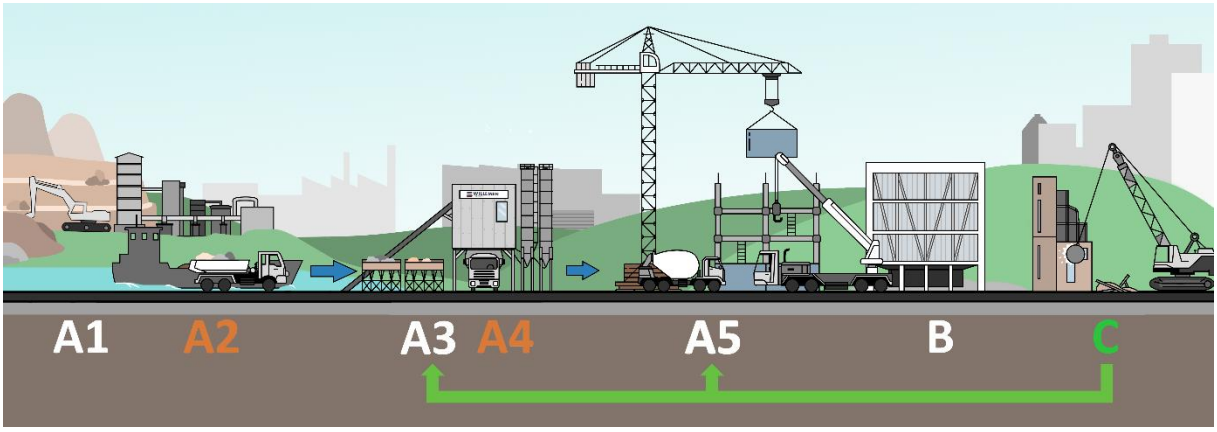
In de keten van beton zijn een aantal verschillende stappen te onderscheiden. We gebruiken in deze waardeketenanalyse de structuur gebaseerd op de NBN EN 15804.

Beton, gebruikt in de uitvoeringsfase, wordt aangekocht bij derden.

Figuur 1 beschrijft de diverse fasen in de keten van een typisch project met gebruik van staal en beton (de codes A1 … D verwijzen naar de levensfases in de LCA-methodiek).

Strikt gezien hoort module D niet bij het systeem, want het gaat om de "lasten en lusten buiten de systeemgrenzen" (EN 15804). Het recycleren van betonconstructies na de sloop tot betongranulaat en het recycleren van wapeningsstaal is opgenomen in module C3.

Het betongranulaat dat vervolgens wordt gerecycleerd als een grondstof (ter vervanging van natuursteenslag) in een ander betonproduct (of in een fundering van wegen of in asfalt …) geeft wel een voordeel maar die ligt bij een volgende levenscyclus (van een ander product), dus "buiten de systeemgrenzen".



Figuur 4: Levenscyclusstages

1. Productie van grondstoffen: A1
2. Transport van grondstoffen: A2
3. Productie van betonmengsel en voorbereiding wapening: A3
4. Transport naar projecten: A4
5. Verwerking op de bouwwerf: A5
6. Gebruik tijdens de levensduur (onderhoud): B1-B7
7. Slopen en recycling van beton en staal (afdanking) C1-C4 en D

4. Beton- en staalketen

4.1. Productie van grondstoffen (A1)

Beton

Beton is een mengsel van zand, steenslag (inclusief eventueel recyclinggranulaat), cement en additieven, dat vers in de betoncentrale wordt geproduceerd.
Uithardend cement zorgt voor de samenhang van het betonmengsel en bepaalt voor een groot deel de eigenschappen van het beton. Om in een constructie ook trekkrachten te laten opnemen door het beton wordt het verse betonmengsel gewapend met wapenings-staal (zie verder).
Het zand en steenslag worden periodiek per schip of per vrachtwagen naar de betoncentrales aangevoerd. Bovendien wordt betonpuin ("oud" beton) gerecycled in nieuw beton. Gerecycleerd puin wordt ingezet als grondstof ter reductie van onze CO_2-uitstoot, welke veelal per vrachtwagen vanaf de slooplocatie naar de breeksite en vandaar verder naar de betoncentrale wordt getransporteerd.

De samenstelling van beton varieert afhankelijk van de specifieke toepassing en omgevingscondities waarvoor het wordt gebruikt. Als voorbeeld verwijzen we naar de gemiddelde samenstelling zoals ze wordt beschreven in het document EPD van ongewapend Belgisch stortbeton opgesteld door de leden van de federatie FedBeton[7] :

Cement	13%
Steenslag	44%
Zand	35%
Water	7,0%
Additieven	<1%

Bovenstaande waarden dateren uit 2021. Het produceren van bepaalde componenten, vooral de productie van cement, vereist aanzienlijke hoeveelheden energie.

De invloed van grondstofproducenten op de uiteindelijke milieuprestaties van het beton dat ermee wordt geproduceerd, is aanzienlijk. Zij hebben de mogelijkheid om de productielocatie (van de grondstoffen) te kiezen, hun energieverbruik te beheersen, verschillende energiebronnen te selecteren en te beslissen hoe grondstoffen en eventuele afvalstoffen worden getransporteerd en verwerkt. Bijvoorbeeld, cementproducenten kunnen ervoor kiezen om klinker te vervangen door alternatieve grondstoffen, restproducten of afvalstoffen in hun productieprocessen.

Dergelijke keuzes hebben een belangrijke impact op de duurzaamheid en milieuvriendelijkheid van de betonproductie. Door innovatieve en milieuvriendelijke productiemethoden te omarmen, kunnen grondstoffenproducenten bijdragen aan het verminderen van de ecologische voetafdruk van beton en de bouwsector als geheel. Het streven naar duurzamere betonproductie is van groot belang om de milieu-impact te verminderen en een positieve bijdrage te leveren aan de transitie naar een meer milieuvriendelijke bouwsector.

Staal

Staal wordt geproduceerd ofwel vanuit vanuit ruwijzer (HF-systeem), dat verkregen wordt in een hoogoven door omsmelten van ijzererts met steenkool, waarbij vervolgens door verhitting en conversie het koolstofgehalte omlaag wordt gebracht om zo een taaier materiaal te verkrijgen, met hogere treksterkte en wat warm kan worden vervormd. Staal is door het omsmelten op hoge temperaturen een energie-intensief proces, ofwel vanuit staalschroot in een elektrische vlamboogoven (EAF-systeem).

Door toepassing van te recyclen staal en staalschroot bij de productie van nieuw staal, wordt het productieproces minder intensief. Dit komt doordat het koolstofgehalte van de grondstoffen (het te recyclen staal) al laag is. Op dit moment wordt volgens Tata Steel zo'n 85% van het staal gerecycled[4]. Staal is in principe 100% recyclebaar. Met het EAF-systeem van staalmaken is geen ijzererts noch steenkool meer nodig als grondstof, de grondstof kan 100 % staalschroot zijn.

Wapeningsstaal voor beton is een specifieke vorm van staal, lange dunne baren met bepaalde kenmerken van treksterkte, plooibaarheid en aanhechting aan betonmortel. Meest gebruikte materiaalsoort is het type BE500S (geribde staaf, het label "BE" verwijst naar betonstaal, "500" staat voor de vloeigrens in N/mm², en de "S" staat voor een specifieke oppervlaktetextuur; zie de normen van de reeks NBN A 24 en overeenstemmende PTV's, en NBN EN 1992-1-1 Bijlage C Tabel C.1-ANB en Eurocode 2 "berekenen van betonconstructies").

4.2. Transport van grondstoffen (A2)

Beton

Grondstoffen worden meestal per schip, maar ook wel per as aangevoerd naar de betoncentrale. Transportbedrijven spelen een cruciale rol in de distributiefase, waarbij ze verantwoordelijk zijn voor het vervoeren van verschillende materialen tussen de betrokken partijen. Dit omvat het transport van grondstoffen van de producent naar de betoncentrales.

Binnenvaart maakt gebruik van schepen die efficiënter zijn in het vervoeren van grote hoeveelheden goederen, waardoor de uitstoot per eenheid getransporteerde lading lager kan zijn dan bij wegtransport. Bovendien kunnen binnenvaartschepen vaak grotere afstanden afleggen met minder brandstofverbruik, wat bijdraagt aan een vermindering van het totale energieverbruik.

Wapeningsstaal
Het wapeningsstaal wordt getransporteerd naar het atelier, waar de wapening op lengte wordt gesneden en geplooid wordt naargelang de vereisten voor het specifieke project.

4.3. Beton- en staalproductie (A3)

Beton

De fabricage van stortklaar beton gebeurt in een betoncentrale. Dit is de productie-eenheid waar met de aangevoerde materialen verse betonspecie wordt gemaakt.

Figuur 5: Principe van de lay-out van een betoncentrale

(*https://grabcad.com/library/concrete-batching-plant-3*)

Voor de fabricage van prefabbeton, is het productieproces analoog. Na de productie van het beton, volgt er echter een extra stap, waarbij het verse beton in de prefab-fabriek in de klaargemaakte mallen gestort wordt onder gecontroleerde omstandigheden in plaats van het beton in vloeibare toestand naar de werf te transporteren. De uitgeharde (al of niet gewapende) betonelementen worden na ontkisting vervolgens naar de werf gebracht.

Wapeningsstaal
In een atelier voor betonwapening worden de stalen wapeningselementen (staven van welbepaalde diameter en mantelkenmerken) volgens de berekeningen van de betoningenieur in de juiste geometrische vorm gebracht: op lengte geknipt, geplooid, verbonden met dwarswapening, … .

Het is ook mogelijk om deze activiteiten van het betonwapeningsatelier rechtstreeks op de bouwwerf uit te voeren, dan wordt deze stap (module A3 voor het deel staal) overgeslagen, en het wapeningsstaal wordt dan rechtstreeks aangevoerd van de staalfabriek (of tussenhandelaar) naar de bouwwerf.

4.4. Transport naar de werf (A4)

Het stortklaar beton wordt door middel van betonmixers getransporteerd naar de werf en ter plaatse gestort.

Bij het selecteren van een externe transporteur is het van essentieel belang om aandacht te besteden aan hun inzet voor duurzame transportmethoden en milieuvriendelijke praktijken. Een focus op leveranciers met relevante certificeringen en een duidelijk

duurzaamheidsbeleid kan bijdragen aan het verminderen van de milieu-impact van deze keten. Bovendien is het opstellen van een goed doordachte planning cruciaal voor brandstofreductie.

4.5. Constructie (A5)

Het storten van beton omvat verschillende stappen en vereist een zorgvuldig proces om een duurzame constructie te creëren. Hier zijn de typische stappen die betrokken zijn bij het storten van beton:

1. Voorbereiding van de ondergrond: De eerste stap is het voorbereiden van de ondergrond waarop het beton zal worden geplaatst. De ondergrond moet stabiel en stevig zijn om de duurzaamheid te waarborgen. Eventuele zwakke plekken moeten worden gecorrigeerd en het oppervlak moet worden geëgaliseerd.

2. Bekisting plaatsen: Om het beton in de gewenste vorm te houden, worden houten of metalen bekistingen rond de perimeter geplaatst. Deze bekisting fungeert als een mal en helpt het beton in de juiste vorm te houden terwijl het uithardt.

3. Wapening: In sommige gevallen wordt er wapeningsstaal in de betonmix geplaatst om de sterkte te vergroten. Het wapeningsstaal helpt scheuren in het beton te voorkomen en verbetert de algemene structurele integriteit.

4. Betonstorten: Nadat de voorbereiding is voltooid, wordt het beton in de bekisting gestort. Het beton wordt zorgvuldig genivelleerd en gelijkmatig verdeeld over het oppervlak van de weg.

5. Uitvlakken en afwerken: Het beton wordt met behulp van speciale gereedschappen gladgestreken en uitgevlakt om een gelijkmatig oppervlak te creëren. Eventuele oneffenheden worden gecorrigeerd, en eventueel kunnen reliëfpatronen worden aangebracht, afhankelijk van de vereisten.

6. Uitharden: Nadat het beton is gestort en geëgaliseerd, moet het uitharden. Dit is een cruciale fase waarin het beton zijn sterkte krijgt. Het uithardingsproces kan enkele dagen tot weken duren, afhankelijk van het type beton en de omgevingsomstandigheden.

7. Na het uitharden wordt de bekisting weer weggenomen, en meestal gereinigd en gestockeerd voor later hergebruik.

Voor prefabbeton zijn de constructiefasen:

1. Bekisting, wapening en storting in de fabriek: In een prefab-fabriek wordt het beton in gecontroleerde omstandigheden gestort in bekisting.

2. Voorbereiding op de bouwlocatie: De ondergrond of dergelijke wordt voorbereid om de prefab elementen te kunnen plaatsen.

3. Montage van prefab elementen: De prefab elementen worden ter plaatse gebracht en met hulp van onder andere een kraan op de juiste positie gebracht. Verbindingen om hechting ter plaatse te verkrijgen worden ook aangebracht.

Bij beide types beton kan wapeningsstaal aangebracht worden om de treksterkte van het beton te verhogen.

4.6. Gebruik en onderhoud (B)

Betonconstructies die correct ontworpen, gefabriceerd en gebouwd worden, hebben een lange levensduur en behoeven geen of weinig onderhoud. Desgevallend kan er toch tijdens de gebruiksfase enige slijtage van het beton optreden, waardoor oppervlakkig dan wel structureel onderhoud en reparatiewerkzaamheden noodzakelijk kunnen zijn. De levensduur is afhankelijk van het type beton en de omgevingsomstandigheden. Hierover zijn geen nadere gegevens bekend. Hiervoor zouden bepaalde scenario's kunnen gebruikt en doorgerekend worden, maar dit gaat verder dan in dit document bedoeld wordt. Bij het staal kan door schade in het beton bijvoorbeeld corrosie optreden.

4.7. Einde-levens-fase: slopen, verwijdering, recycling (C)

Het slopen en verwijderen van beton is een complex proces dat zorgvuldige planning en uitvoering vereist. Hier zijn de belangrijkste stappen die betrokken zijn bij het slopen en verwijderen van beton:

1. Veiligheidsmaatregelen: Voordat het sloopproces begint, moeten de juiste veiligheidsmaatregelen worden genomen. Dit omvat het afzetten van de werfzone, het plaatsen van waarschuwingsborden en het treffen van voorzorgsmaatregelen om de veiligheid van werknemers en voorbijgangers te waarborgen.

2. Breken en verwijderen van beton: Voor kleine oppervlakken en ongewapend beton kan een voorhamer of drilboor volstaan, terwijl grotere oppervlakken en gewapend beton een sloophamer of zelfs een hydraulische breker vereisen. Daarnaast hangt de gebruikte methode ook af van het feit of het beton gewapend of ongewapend is.

3. Sorteren en recycleren. Na het verwijderen van het beton wordt het gesorteerd op basis van de kwaliteit en het type puin. Bruikbaar betonpuin kan worden gerecycled tot betongranulaat. Ingeval van puin van gewapend beton wordt in de puinbewerkingsinstallatie het wapeningsstaal gescheiden van het betongranulaat.

4. Afvoer van afval: Niet-recyclebaar betonpuin en ander bouwafval worden afgevoerd naar erkende stortplaatsen of verwerkingsfaciliteiten die voldoen aan de wettelijke voorschriften en milieunormen.

5. Herstel van de site: Na het verwijderen van het beton en de afvoer van het afval, kan de site worden hersteld om te voldoen aan de vereiste specificaties.

4.8. Lasten en lusten buiten de systeemgrenzen (D)

Bruikbaar betonpuin kan worden gerecycled tot (hoogwaardig) betongranulaat, en vervolgens hergebruikt als funderingsmateriaal voor bijvoorbeeld nieuwe wegen (dit is dus in een ander product) of als granulaten voor betonproductie (dit is dus in een volgend "leven"). Het recyclen van betongranulaat in een nieuwe levenscyclus puin helpt de impact op het milieu te verminderen door het gebruik van nieuwe grondstoffen (die het vervangt) te vermijden.

Wapeningsstaal kan gerecycleerd worden in de staalfabriek.

Deze baten behoren echter niet meer tot de eigen levenscyclus van het beton maar bevinden zich in een volgende cyclus (de materialenkringloop wordt gesloten).

4.9. Ketenpartners

De belangrijkste ketenpartners zijn de opdrachtgevers zoals de overheden, leveranciers van de grondstoffen, transporteurs, onderaannemers en sectororganisaties en gaat dus om meerdere partners van Willemen Bouw. Deze uitgebreide lijst wordt in detail beschreven in het communicatieplan van Willemen Bouw, waarbij op basis van hun invloed en belang ook de frequentie, inhoud en vorm van de communicatie bepaald werd.

Figuur 6: Stakeholdersanalyse Willemen

Levenscyclusfase	Cat	Categorieën	Ketenpartners betonketen
Productie	A1	Grondstoffen voor productie van beton Productie van staal	Grondstofproducenten, staalproducenten, wetgever
	A2	Aanvoer van grondstoffen voor beton en transport van staal	Transporteurs, wetgever
	A3	Productie van beton in de centrale en bewerken van wapeningsstaven in het atelier	Betoncentrales, staalateliers, wetgever
Constructie	A4	Transport naar projecten	Transporteurs van prefabstukken, stortklaar beton, Wapeningsstaal, wetgever
	A5	Constructie	Aannemers, betonleverancier, wetgever
Gebruik	B1	Gebruik	Eigenaar, overheden, particulieren, industriële bedrijven
	B2	Onderhoud	Eigenaar, overheden, particulieren, industriële bedrijven
	B3	Herstellingen	Aannemers, wetgever

	B4	Vervangingen	Aannemers, wetgever
	B5	Vernieuwingen	Aannemers, wetgever
	B6	Operationeel energieverbruik	Energieproducenten; eigenaar, overheden, particulieren, wetgever
	B7	Operationeel watergebruik	Waterproducenten; eigenaar, overheden, particulieren, wetgever
Einde levensfase	C1	Afbraak	Eigenaar, sloper, overheden
	C2	Transport	Aannemer, transporteurs, afvalophaler, wetgever
	C3	Afval-behandeling	Aannemer, afvalstoffenverwerker, wetgever
	C4	Verwijdering	Uitbater, afvalstoffen-verwijderaar, wetgever
Buiten de systeemgrenzen	D	Hergebruiks-, recuperatie-, recyclagepotentieel	Aannemer, afvalstoffenverwerker, wetgever, beton- en of prefab producenten voor hergebruik recycleerde granulaten

Tabel 2: Overzicht ketenpartners per categorie

5. Kwantificeren van emissies

Op basis van de beschrijving van de keten zoals weergegeven in hoofdstuk 4 is per ketenstap bepaald hoeveel CO_2 wordt uitgestoten tijdens de diverse fasen van de keten. Elke paragraaf beschrijft een onderdeel van de keten en de bijbehorende CO_2-uitstoot.

5.1. Toegepast beton en staal

Door Willemen Bouw is in 2024 in totaal 38.073 m³ stortklaar beton, 41.269 m³ prefabbeton en 1.941 ton wapeningsstaal verwerkt in projecten. Het meest toegepast type staal is BE500S (geribde staaf), het meest toegepaste type beton is C35/45 (gewone sterkteklasse). Deze hoeveelheden zijn gebruikt om de totale CO_2-uitstoot in de keten over het jaar 2024 te berekenen.

5.2. Grondstoffen (A1)

Aan de hand van de EPD van FedBeton[7] kan volgende gemiddelde samenstelling aangenomen worden:

Cement	13%
Steenslag	44%
Zand	35%
Water	7,0%
Additieven	<1%

5.2.2 Steenslag

Betoncentrales maken hoofdzakelijk gebruik van onder andere de steenslagsoorten zandsteen, kalksteen en graniet. Winning gebeurt met dynamiet waarna de stenen zoveel mogelijk op vrij verval naar de brekers worden gebracht waar het tot een grove fractie wordt gebroken. Steenslag wordt vanuit de groeves naar de betoncentrales getransporteerd. De gemiddelde emissiefactor voor steenslag (exclusief transport) komt neer op 4,35 kg CO_2/ton-steenslag (bron: rapport Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw – Federatie van groeves in België).

Naast nieuw gedolven steenslag wordt soms gebruik gemaakt van gerecycleerde steenslag of puin. Het effect van het gebruik hiervan is niet meegenomen in de waardeketenanalyse, aangezien deze fractie eerder verwaarloosbaar is.

5.2.3 Zand

Het gebruikte zand in beton kan worden omschreven als een mineraal aggregaat met een korrelafmeting tussen de 2 mm en 0,063 mm (63 µm). In de centrales wordt voor de gebruikte mengsels gebruik gemaakt van zowel natuurlijk zand (baggeractiviteiten) als van brekerzand, beide uit diverse locaties (zowel uit groeves in België als het buitenland (bronnen: rapport Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw BA 32111/3558) en onderzoeksrapport van OCW met ref: BA33441/3489 alsook primaire gegevens ontvangen van de leverancier uit LCA-studies). Voor de zandproductie komen we zo op een gemiddelde emissiefactor 2,7 kg CO_2/ton.

5.2.4 Cement

De voornaamste oorzaak van de milieu-impact van beton is het gebruik van cement. Cement is verkrijgbaar in verschillende soorten, zoals CEM I, CEM II, CEM III en CEM V, afhankelijk van de exacte samenstelling en toevoegingen. Welk type cement gebruikt wordt, is o.a. afhankelijk van de technische vereisten van het betonmengsel en de omgevings-omstandigheden. De meest voorkomende types cement, die worden gebruikt bij de productie van beton, zijn:

- **Portlandcement**: Dit type cement is een hydraulisch bindmiddel dat vooral bestaat uit Portlandcementklinker, die wordt geproduceerd door kalksteen en klei te vermalen en te verhitten tot hoge temperaturen in een cementoven. Portlandcement is verkrijgbaar in verschillende sterkteklassen, aangeduid met een cijfer gerelateerd aan de druksterkte van een genormaliseerde betonmortel (32,5/42,5/52,5), afhankelijk van de exacte samenstelling en toevoegingen. Dit type cement biedt een goede duurzaamheid en sterkte. Dit type cement heeft een korte bindings- en verhardingstijd, waardoor het vooral geschikt is voor toepassingen waar een snelle sterkte-ontwikkeling van belang is, zoals in prefabbetonproducten die om rendementsredenen snel moeten ontkist worden.

- **Hoogovenslakcement**: Bij dit type cement wordt een deel van de klinker vervangen door hoogovenslak (een restproduct uit de ijzer- en staalindustrie waar in een hoogoven ijzererts wordt gereduceerd met cokes). Hoogovenslakcement heeft een lagere CO_2-uitstoot dan Portlandcement, waardoor het een milieuvriendelijker alternatief is. Het wordt vaak gebruikt voor milieubewuste toepassingen en infrastructuurprojecten waar duurzaamheid belangrijk is. De bindings- en verhardingstijd is iets langzamer waardoor de tijdsspanne voor verwerking minder gehaast wordt.

- **Vliegascement**: Vliegascement wordt geproduceerd door fijngemalen vliegas toe te voegen aan het Portlandcementmengsel. Vliegas is een restproduct van de verbranding van steenkool in elektriciteitscentrales. Dit type cement verbetert de duurzaamheid en het uithardingsgedrag van het beton en vermindert het risico op scheuren.

De keuze voor het type cement hangt af van verschillende factoren, waaronder de technische vereisten, de beschikbaarheid van cementtypes, milieuvriendelijke overwegingen en de regelgeving voor betontoepassingen in een specifieke regio. Het is belangrijk om het meest geschikte type cement te selecteren om een duurzame en hoogwaardige betonconstructie te garanderen.

Onderstaande emissiefactoren komen uit de EPD's van CCB (A1-A3):

Cementsoort	**Emissiefactor (A1-A3)**	**Declared unit EPD**	**Vervaldatum EPD**
CEM I	770 kg CO_2eq	1.000 kg	16/02/2026
CEM IIA	640 kg CO_2eq	1.000 kg	16/02/2026
CEM IIIA	391 kg CO_2eq	1.000 kg	28/10/2026
CEM IIIB	320 kg CO_2eq	1.000 kg	29/03/2026
CEM V	466 kg CO_2eq	1.000 kg	19/12/2028

5.2.5 Water

Op de verharde terreinen van betoncentrales wordt het regenwater opgevangen in een waterbuffer. Dit opgevangen water wordt prioritair als aanmaakwater voor beton gebruikt. We streven ernaar om het gebruik van water uit boorputten zoveel mogelijk te vermijden. Het spoelwater dat vrijkomt bij het reinigen van zowel de betoncentrale als bij de betonmixervrachtwagens wordt zorgvuldig verzameld en vervolgens opnieuw ingezet in het productieproces, specifiek als aanmaakwater voor het beton. Op deze wijze vindt er geen lozing van afvalwater plaats.

Uit het onderzoeksrapport van OCW met ref: BA33441/3489 werd aanbevolen om voor het gebruikte water te werken met een emissiefactor van 0,1 kg CO_2-equivalent per ton water.

5.2.6 Additieven

De volumefractie van additieven is minder dan 1% van het totale volume. Over additieven is zeer weinig milieu-informatie. In de toekomst zouden we ons hierop wel willen focussen omwille van de gezondheidsrisico's en energie-intensieve productiemethodes.

In-situ beton

Grondstof	Gewicht [ton]	Conversiefactor	Ton CO_2
CEM	11.878,83	391	4.644,62
Steenslag	40.205,26	4,3	172,88
Zand	31.981,46	2,7	86,35
Water	6.396,29	0,1	0,64
Additieven	913,76	1.530	1.398,05
Totaal	91.376	-	**6.302,54**

Tabel 3: CO_2-uitstoot A1 in-situ

Prefabbeton

Grondstof	Gewicht [ton]	Conversiefactor	Ton CO_2
CEM	12.876,02	391	5.034,53
Steenslag	43.580,39	4,3	187,40
Zand	34.666,22	2,7	93,60
Water	6.933,24	0,1	0,69
Additieven	990,46	1.530	1.515,41
Totaal	99.046	-	**6.831,62**

Tabel 4: CO_2-uitstoot A1 prefab

Cement vormt de belangrijkste bron van CO_2-uitstoot voor zowel in-situ als prefab beton. Ook additieven dragen aanzienlijk bij aan de totale impact. Voor deze laatste groep is het echter moeilijk om gerichte reductiemaatregelen te formuleren wegens de beperkte beschikbaarheid van gedetailleerde milieu-informatie en productspecifieke gegevens.

Staal

Voor wapeningsstaal wordt informatie (verklaring embodied carbon, StaalBeton fiche EC025), verkregen van de hoofdleverancier van staal 'Staalbeton', gebruikt. Hierbij is vermeld dat de A1 (gelijk aan A1' tot A3' van de halffabricaten) gelijk is aan 571,08 kg CO_2 per ton staal of **1.108 ton CO_2** voor de totale.

Materiaal	Ton CO_2
In-situ beton	6.303
Prefabbeton	6.832
Wapeningsstaal	1.108
Totaal	**14.242**

Tabel 5: CO_2-uitstoot A1

5.3. Transport van grondstoffen (A2)

Beton

Aangezien beton van derden gebruikt wordt (dat ook door derden wordt vervoerd naar de bouwwerven van Willemen), zijn er geen exacte primaire gegevens beschikbaar om de CO_2-uitstoot van het transport te berekenen, wat enige onzekerheid met zich meebrengt in de calculatie Hierdoor worden voor de berekeningen de waarden van de centrales van CCB Brussel als referentie genomen. Omdat deze centrales gebruikmaken van een vergelijkbare transportwerking voor grondstoffen als de gemiddelde Belgische betoncentrales.

Steenslag en cement komen per vrachtwagen toe aan de centrale. Zand gewonnen in Nederland of België gaat direct per binnenvaart naar de centrale. Additieven worden in België of buurlanden geproduceerd en worden per containeroplegger getransporteerd.

Grondstof	Transportmiddel	Hoeveelheid (ton)	Gemiddelde transportafstand km (enkele rit)	Emissiefactor (kg CO_2eq per ton.km)	Ton CO_2
Cement	Vrachtwagen	11.878,83	100	0,088	104,5
Steenslag	Vrachtwagen	40.205,26	36	0,088	127,4
Zand	Binnenvaart Vrachtwagen	31.981,46	125 5	0,022 0,088	102,0
Water	Geen	6.396,29	Geen	0	0,0
(Super)plast	Vrachtwagen	[1]	[1]	0,088	[1]
Overige additieven	Containeroplegger	913,76	450	0,105	43,2
Totaal	4,13 kgCO_2/ton **9,91 kg CO_2/m³**				**377,10**

Tabel 6: CO_2-uitstoot A2 beton

De transportafstanden (over water en over land) zijn in tabel 6 weergegeven. Er zijn geen praktijkgegevens beschikbaar over de gemiddelde beladinggraden dus zijn de emissie-factoren CO_2-emissiefactoren.be gebruikt. Transportafstanden van puin naar de recyclingcentra en emissies die ontstaan door andere onderdelen van de sloopfase worden behandeld in deel C1-C4.

Op basis van de hoeveelheden en de transportafstanden is de gemiddelde CO_2 uitstoot door transport van grondstoffen voor een ton betonmengsel 4,13 kg CO_2-equivalent; omgerekend naar kubieke meter beton komt dit in totaal gemiddeld uit op 4,13x2,40 = **9,91**

[1] (Super)Plast is opgenomen onder additieven.

kg CO_2/m³ beton.

Voor het in-situ beton van Willemen Bouw wordt aldus een aanname voor de uitstoot, gerelateerd aan het transport van grondstoffen, gedaan van **377,10 ton CO_2**.

Voor prefabbeton gelden analoge aannames, aldus een uitstoot van **409,06 ton CO_2**.

Wapeningsstaal

Voor de staven wapeningsstaal wordt gebruik gemaakt van het feit dat het staal van de grootste leverancier (Staalbeton met atelier voor betonwapeningsbouw te Rijkevorsel) afkomstig is uit Parijs, Marcinelle en Nuremberg. Wanneer verondersteld wordt dat telkens 1/3e van de totale hoeveelheid staal uit elk van de 3 steden afkomstig is, zijn de berekeningen als volgt:

Herkomst	Km tot Rijkevorsel (=Staalbeton)	Transport	Emissiefactor [kgCO_2eq/ton]	Ton staal	Ton CO_2
Parijs	420	Vrachtwagen	0,088	647	23,91
Marcinelle	160	Vrachtwagen	0,088	647	9,11
Nuremberg	524	Vrachtwagen	0,088	647	29,83
Totaal	-	-	-	-	**62,85**

Tabel 7: CO_2-uitstoot A2 staal

Uit communicatie met leverancier Staalbeton weten we echter dat de exacte CO_2-uitstoot **81,48 ton CO_2** is en aldus er meer staal uit Parijs en Nuremberg zal komen dan uit Marcinelle.

5.4. Productie beton en betonwapening (A3)

Het productieproces vindt plaats (voor stortklaar beton) in de betoncentrale en (voor het bewerken van het wapeningsstaal tot de gevraagde betonwapeningsgeometrie) in het betonwapeningsatelier.

De CO_2-uitstoot van betonproductie is hoofdzakelijk afkomstig van het elektriciteitsverbruik van de betoncentrale en het dieselverbruik door het inzetten van machines zoals een mobiele kraan of wiellader.

In situ beton

Verbruik	Volume [m³]	Conversiefactor	Totaal verbruik	Emissiefactor	Ton CO_2
Elektriciteit	38.073	2,0 kWh/m³	76.146 kWh	0,167 kg/kWh	12,72
Diesel	38.073	0,5 l/m³	19.037 l	3,251kg/l	61,88
Totaal	38.073	-	**-**	**-**	**74,60**

Tabel 8: CO_2-uitstoot A3 in-situ

Prefabbeton

Verbruik	Volume [m³]	Conversiefactor	Totaal verbruik	Conversiefactor	Ton CO_2
Elektriciteit	41.269	2,0 kWh/m³	82.539 kWh	0,167 kg/kWh	13,79
Diesel	41.269	0,5 l/m³	20.635 l	3,251 kg/l	67,08
Totaal	41.269	-	**-**	**-**	**345,11**

Tabel 9: CO_2-uitstoot A3 prefab

Een deel van deze som (264,24 ton CO_2) komt van het productieproces van prefabbeton (zie A5).

Betonwapening

Het productieproces van de betonwapening vindt plaats in de buigcentrale en het elektriciteitsverbruik is ook hier bepalend.

Verbruik	Gewicht [ton]	Conversiefactor	Ton CO_2
Elektriciteit	1.941	0,006kg CO_2/ton staal	0,12
Totaal	1.941	-	**0,12**

Tabel 10: CO2-uitstoot betonwapening A3

De exacte hoeveelheid, verkregen via de hoofdleverancier Staalbeton, is 0,006 kg CO_2 per ton staal of **0,012 ton CO_2**. Door het gebruik van groene energie voor het plooien en lassen van de wapening, is de uitstoot binnen deze fase beperkt.

Materiaal	Ton CO_2
In-situ beton	74,60
Prefabbeton	345,11
Wapeningsstaal	0,012
Totaal	**419,72**

Totaal

Tabel 11: CO_2-uitstoot A3

5.5. Transport beton en staal (A4)

Voor de CO_2-emissies ten gevolge van transport is gekeken naar de gemiddelde afstand van de fabrieken naar de werven.

Staal

Het overgrote deel van het wapeningsstaal komt van Rijkevorsel en de gemiddelde afstand van deze locatie tot de werven is 68 km. Deze afstanden zijn bepaald aan de hand van de werven in 2021.

Vertreklocatie	Gewicht [ton]		Gemiddelde afstand	Type vervoer	Conversiefactor	Ton CO_2
Rijkevorsel	1.941		68 km	Vrachtwagen >20 ton	0,11 kg/ton.km	**14,52**

Tabel 12: CO_2-uitstoot A4 staal

De hoeveelheid van staal, verkregen via de hoofdleverancier Staalbeton, is 5,6 kg CO_2 per ton staal of **10,87 ton CO_2**.

In situ beton

Vertreklocatie	Gewicht [ton]	Gemiddelde afstand	Type vervoer	Conversiefactor	Ton CO_2
Lokale betonleverancier	91.376	17 km (Fedbeton)	Vrachtwagen >20 ton	0,11 kg/ton.km	**170,87**

Tabel 13: CO_2-uitstoot A4 in-situ

Prefabbeton

Voor prefabbeton is de situatie minder eenduidig. Er is geen transport van de betonfabriek tot aan de plaats van de storting van het verse beton, aangezien dit meestal op dezelfde locatie plaatsvindt. Bijgevolg is de uitstoot ook gelijk aan 0 ton CO_2. Er is echter transport van het afgeleverde product (uitgeharde beton) tot aan de werf. Voor de gemiddelde afstand baseren we ons op EPD Litouwse leverancier Inhus

Voor de conversiefactoren wordt verwezen naar de calculaties uit 2021 voor Franki Construct, afkomstig van CO_2emissiefactoren.nl. Deze zijn uiteraard onderhevig aan wisselvalligheden maar worden beschouwd als representatieve aanname.

Vertreklocatie	Gewicht [ton]	Gemiddelde afstand	Type vervoer	Conversiefactor	Ton CO_2
Lokale betonleverancier	99.046	100 km (EPD Inhus)	Vrachtwagen >20 ton	0,11 kg/ton.km	**1.089,51**

Tabel 14: CO_2-uitstoot A4 prefab

Totaal

Materiaal	Ton CO_2
In-situ beton	170,87
Prefabbeton	1.089,51
Wapeningsstaal	10,87
Totaal	**1.271,25**

Tabel 15: CO_2-uitstoot A4

5.6. Constructiefase (A5)

Wegens conservatieve aannames is het verondersteld dat het verbruik van machines voor in-situ beton en prefabbeton gelijk is. Door kortere afstanden en eenvoudigere bewerkingsomstandigheden van prefabbeton zal het verbruik van deze in realiteit lager zijn. Bij het storten van beton wordt gebruikgemaakt van een betonpomp, een trilnaald voor het verdichten of een kraan of een kubel. De conversiefactoren zijn gebaseerd op een studie van CE Delft.

In situ beton

Machine	Gewicht [ton]	Volume [m^3]	MJ diesel/m^3 mortel	MJ/liter diesel	Conversiefactor	Ton CO_2
Betonpomp	91.376	38.073	-	-	0,097 kg CO_2/ton	8,86
Trilnaald	91.376	38.073	-	-	6,17 kg CO_2/m^3	234,91
Kraan en kubel	91.376	38.073	30,85	36	3,31 kg CO_2/liter	107,99
Totaal	91.376	38.073	-	-	-	**351,77**

Tabel 16: CO_2-uitstoot A5 in-situ

Prefabbeton

Een deel van deze som (betonpomp en trilnaald) wordt toegekend aan A3 bij prefab (productie van het beton).

Machine	Gewicht [ton]	Volume [m^3]	MJ diesel/m^3 mortel	MJ/liter diesel	Conversiefactor	Ton CO_2
Betonpomp	99.046	41.269	-	-	0,097 kg CO_2/ton	9,61
Trilnaald	99.046	41.269	-	-	6,17 kg CO_2/m^3	254,63
Kraan en kubel	99.046	41.269	30,85	36	3,31 kg CO_2/liter	117,06
Totaal	99.046	41.269	-	-	-	**117,06**

Tabel 17: CO_2-uitstoot A5 prefab

Staal

De uitstoot voor de plaatsing van staal is reeds verwerkt in de uitstoot van de storting van het beton, aangezien beide in dezelfde handelingen geplaatst worden.

Totaal

Materiaal	Ton CO_2
In-situ beton	228,63
Prefabbeton	245,61
Wapeningsstaal	0
Totaal	**474,23**

Tabel 18: CO_2-uitstoot A5

5.7. Gebruik en onderhoud (B)

In de literatuur vinden we weinig of geen concrete gegevens terug over de gebruiks- en onderhoudsfase van een betonconstructie.
Beton vertoont vrijwel geen behoefte aan onderhoud gedurende de gebruiksfase, waardoor dit aspect als verwaarloosbaar wordt beschouwd bij het beoordelen van de totale milieu-impact.

5.8. End of life inclusief recycling (C)

Aan het einde van de levensduur van het bouwwerk zal deze gesloopt worden en de materialen (puin, grof beton met wapeningsstaal) afgevoerd worden. Voor beton wordt steeds meer gezocht naar de mogelijkheden van recycling, zoals het toepassen van betongranulaat als fundering laag voor wegen, of als toeslagmateriaal in -opnieuw- beton. Daarvoor moet het beton wel eerst gebroken worden om het als fijner materiaal te kunnen verwerken. Aangenomen wordt dat alle beton wordt gebroken. De emissiefactoren zijn afkomstig van de EPD van Fedbeton.

In situ beton

Ketenstap	Uitleg ketenstap	kg CO_2/m³ beton	m³ beton	Ton CO_2
C1	Destructie en sloop	9,2	38.073	350,27
C2	Transport naar puinbewerkingsinstallatie	12,5	38.073	475,91
C3	Afvalverwerking tot recyclinggranulaat	3,3	38.073	125,64
C4	Stortplaats	0,7	38.073	26,65
Totaal	-	-	**-**	**978,48**

Tabel 19: CO_2-uitstoot C in-situ

Prefab

Ketenstap	Uitleg ketenstap	kg CO_2/m³ beton	m³ beton	Ton CO_2
C1	Destructie en sloop	9,2	41.269	379,68
C2	Transport naar puinbewerkingsinstallatie	12,5	41.269	515,87
C3	Afvalverwerking tot recyclinggranulaat	3,3	41.269	136,19
C4	Stortplaats	0,7	41.269	28,89
Totaal	-	-	**-**	**1.060,62**

Tabel 20: CO_2-uitstoot C prefab

Staal

Ketenstap	Uitleg ketenstap	kg CO_2/ton km	Ton staal	km	Ton CO_2
C2	Transport naar afvalinzamelaar en verder naar staalfabriek	0,088	1.940,82	40	**6,83**

Tabel 21: CO_2-uitstoot C staal

Totaal

Materiaal	Ton CO_2
In-situ beton	978
Prefabbeton	1.061
Wapeningsstaal	7
Totaal	**2.046**

Tabel 22: CO_2-uitstoot C

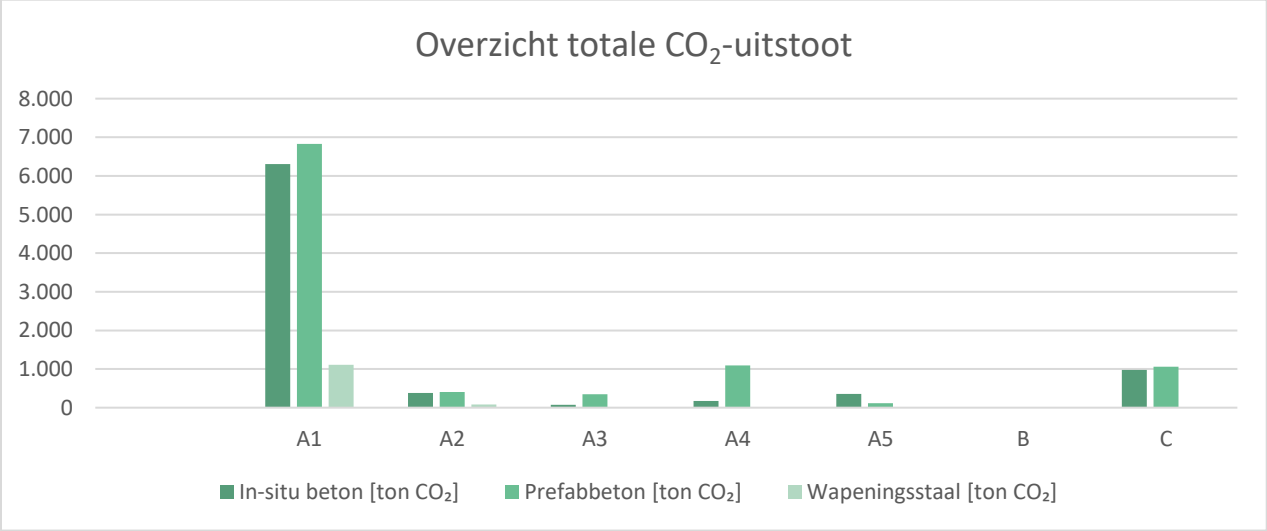
5.9. Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

Het hergebruik buiten de systeemgrenzen wordt in deze waardeketenanalyse niet meegenomen, aangezien dit geen deel uitmaakt van de systeemgrenzen van deze waardeketenanalyse.

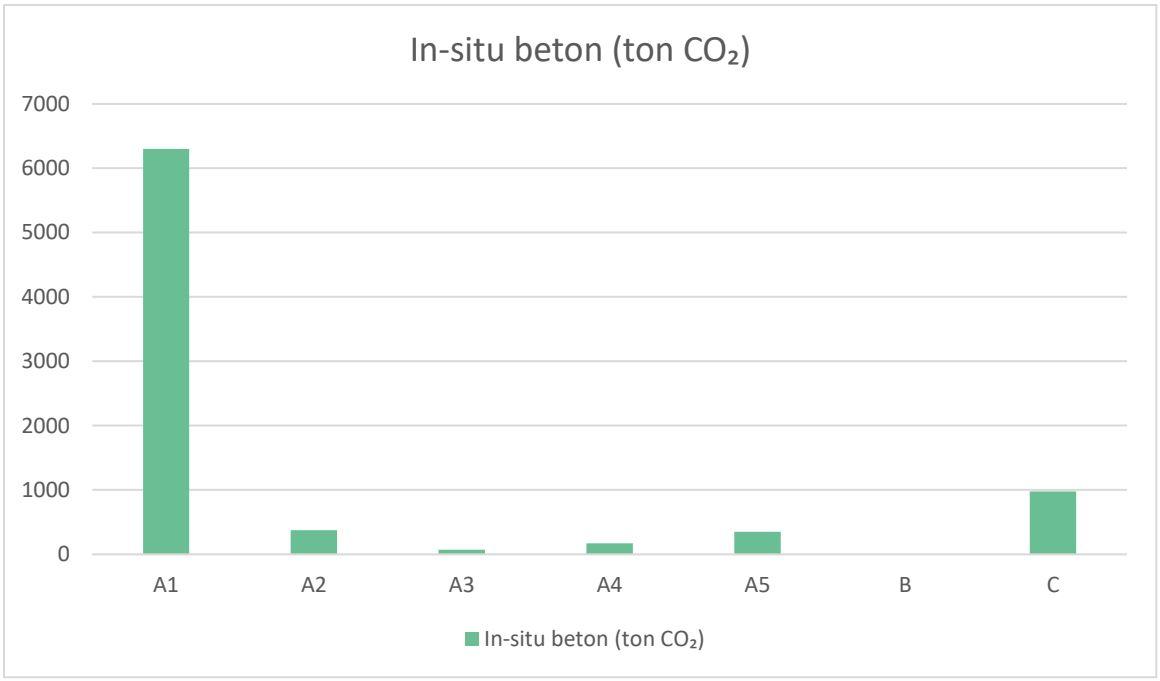
5.10. Overzicht CO_2 uitstoot in de keten

Fase	In-situ beton [ton CO_2]	Prefabbeton [ton CO_2]	Wapeningsstaal [ton CO_2]	Totaal [ton CO_2]	Totaal [% zonder B]
Grondstoffen (A1)	6.303	6.832	1.108	14.243	74%
Transport grondstoffen (A2)	377	409	81	867	4%
Productie (A3)	74	345	0,012	420	2%
Transport (A4)	171	1.090	11	1.272	7%
Realisatie (A5)	352	117	0	469	2%
Onderhoud (B)	-	-	-	0	0%
Recycling, slopen, verwijderen (C)	978	1.061	7	2.046	11%
Totaal	8.256	9.854	1.207	**19.317**	**100**

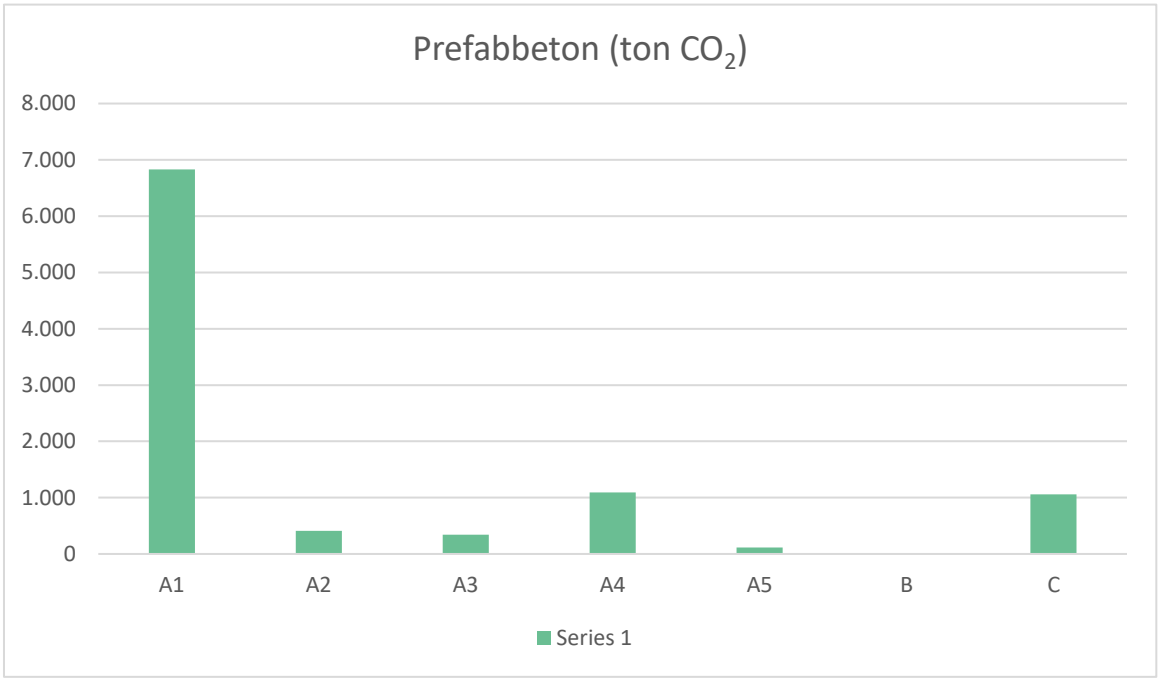
Tabel 23: CO_2-uitstoot alle stages



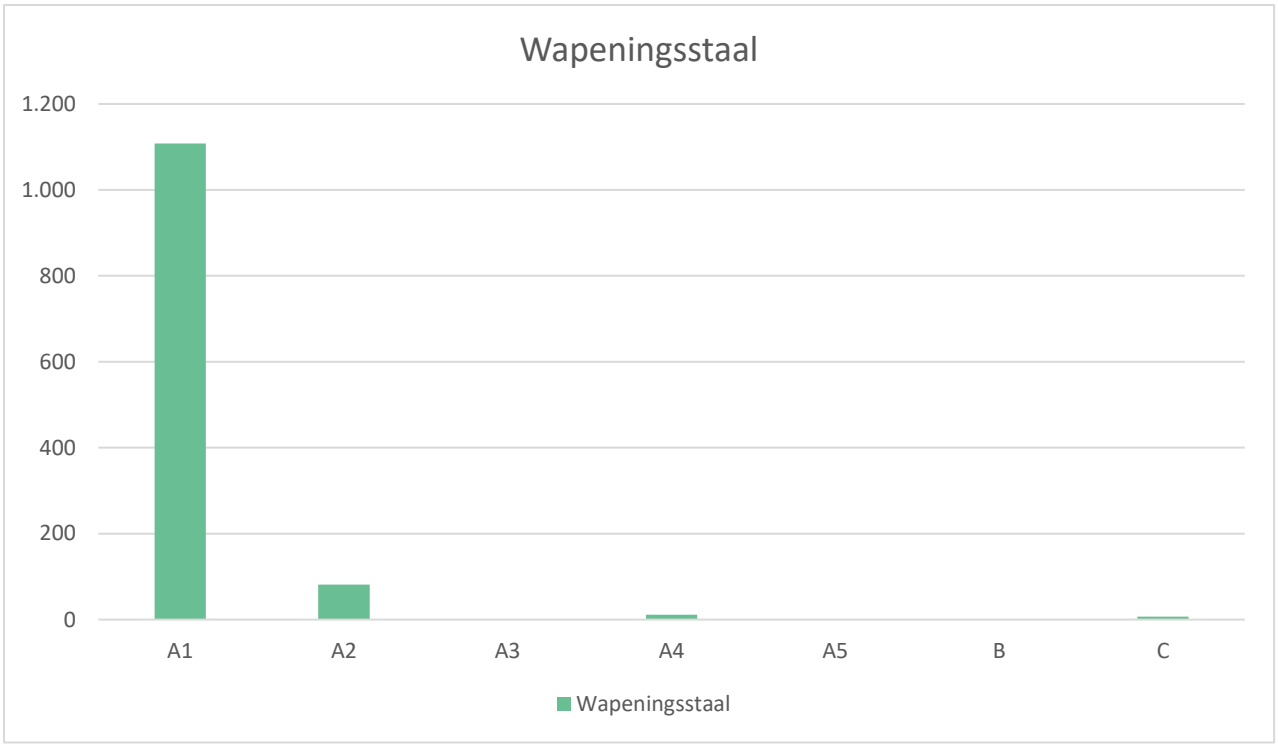
Figuur 7: Totale CO_2-uitstoot in-situ beton, prefabbeton, staal



Figuur 8: CO_2-uitstoot in-situ beton



Figuur 9: CO_2-uitstoot prefabbeton



Figuur 10: CO_2-uitstoot staal

6. Emissies gelinkt aan stakeholders

Upstream betonleveranciers
Voor de betonleveranciers werd primaire data opgevraagd bij vijf leveranciers, die samen circa 90% van de aangekochte beton vertegenwoordigen. Dit aandeel werd bepaald op basis van de uitgaven aan beton. Drie van deze leveranciers bezorgden naast de geleverde hoeveelheden ook CO_2-emissiegegevens gekoppeld aan de effectief bestelde betonmengsels. Voor de twee overige leveranciers, waarvoor wel hoeveelheidsgegevens maar geen leverancierssspecifieke CO_2-emissiegegevens beschikbaar waren, werd de CO_2-uitstoot berekend op basis van de aangeleverde hoeveelheden en sectorspecifieke emissiefactoren.

Voor de overige betonleveranciers, waarbij geen primaire data werd opgevraagd, waren enkel spend-based gegevens beschikbaar. Voor deze leveranciers werd de CO_2-uitstoot daarom geraamd op basis van de uitgaven en sectorspecifieke emissiefactoren.

Leverancier	Hoeveelheid (m^3)	Aandeel in emissies gelinkt aan beton
Betonleverancier 1	5.524	33%
Betonleverancier 2	4.140	26%
Betonleverancier 3	2.941	17%
Betonleverancier 4	1.456	8%
Betonleverancier 5	719	5%
Betonleverancier 6	798	5%
Betonleverancier 7	1.268	5%
Betonleverancier 8	155	1%

Tabel 24: Emissies gelinkt aan betonleveranciers

Upstream prefabbetonleveranciers
Voor prefabbeton werd geen primaire leveranciersdata bekomen. De emissies werden daarom geraamd op basis van de uitgaven aan prefabbeton en relevante emissiefactoren.

Leverancier	Hoeveelheid (m^3)	Aandeel in emissies gelinkt aan beton
Prefabbetonleverancier 1	31.566	54%
Prefabbetonleverancier 2	10.963	19%
Prefabbetonleverancier 3	5.626	10%
Prefabbetonleverancier 4	3.008	5%
Prefabbetonleverancier 5	2.552	4%
Prefabbetonleverancier 6	1.632	3%
Prefabbetonleverancier 7	1.388	2%
Prefabbetonleverancier 8	766	1%
Prefabbetonleverancier 9	512	1%
Prefabbetonleverancier 10	286	0,5%
Prefabbetonleverancier 11	232	0,4%
Prefabbetonleverancier 12	89	0,2%

Tabel 25: Emissies gelinkt aan prefabbetonleveranciers

Upstream staalleveranciers
Voor staal werd van één leverancier primaire data ontvangen. Deze geleverde hoeveelheid werd aangevuld met leverancierssspecifieke informatie over de CO_2-uitstoot. Voor de overige staalleveranciers werd geen primaire data bekomen en werd de uitstoot geraamd op basis van de uitgaven en relevante emissiefactoren.

Staal	Staalleveranciers	Aandeel in emissies gelinkt aan beton
Constructiestaal		
	Leverancier 1	40%
	Leverancier 2	8%
	Leverancier 3	6%
	Leverancier 4	2%
	Leverancier 5	1%
	Leverancier 6	0,2%
	Leverancier 7	0,1%
Wapeningstaal		
	Leverancier 8	30%
	Leverancier 9	13%
	Leverancier 10	0,1%

Tabel 26: Emissies gelinkt aan staalleveranciers

De komende jaren streeft Willemen Bouw ernaar om de datakwaliteit van de gerelateerde emissies verder te verbeteren door stelselmatig meer primaire data op te vragen bij de belangrijkste leveranciers van beton, prefabbeton en staal. Daarbij wordt prioriteit gegeven aan leveranciers met het grootste aandeel in de geraamde CO_2-impact. Waar mogelijk zullen naast hoeveelheidsgegevens ook productspecifieke CO_2-emissiegegevens, LCA's, EPD's of gelijkwaardige onderbouwingen worden opgevraagd.

Downstream klanten

	Privé	Publiek	Totaal
Burgerlijke Bouwkunde	0,42%	21,37%	21,79%
Gebouwen	15,77%	39,35%	55,13%
Industrie	16,99%	6,10%	23,08%
Totaal	**33,18%**	**66,82%**	**100,00%**

Tabel 27: Verdeling omzet Willemen Bouw

In het kader van deze waardeketenanalyse zijn de belangrijkste upstream- en downstreamrelaties geïdentificeerd conform de eisen van handboek 4.0. Om commerciële en concurrentiegevoelige redenen worden deze partijen niet bij naam vermeld in het publieke document. Het openbaar maken van deze informatie zou inzicht geven in de leveranciers- en klantenstructuur van Willemen Bouw en kan de concurrentiepositie van zowel Willemen Bouw als de betrokken partijen beïnvloeden.

Het weglaten van de namen heeft geen invloed op de relevantie, conclusies of representativiteit van deze waardeketenanalyse. De analyse blijft gebaseerd op de daadwerkelijk geïdentificeerde belangrijkste relaties, die zijn geselecteerd volgens de methodiek van het handboek. De beoordeling van emissiebronnen, reductiemogelijkheden, invloed in de waardeketen en prioritaire samenwerkingspartners blijft hierdoor ongewijzigd.

De volledige lijst met geïdentificeerde relaties is intern beschikbaar en kan, indien noodzakelijk, vertrouwelijk ter inzage worden voorgelegd aan de certificerende instelling tijdens audits.

7. Reductiemogelijkheden

Het plan van aanpak omtrent reductiemaatregelen is samengesteld op basis van de input van medewerkers, opdrachtgevers, keteninitiatieven, energieaudits en andere belanghebbenden. De maatregelen hebben een (in)directe invloed op de energiestromen van Willemen Bouw en daarmee op de CO_2-emissies. Daarnaast worden de analyseresultaten geëvalueerd door de verantwoordelijke voor de CO_2-prestatieladder binnen Willemen Bouw. Tenslotte publiceert de SKAO ook ieder jaar een lijst met reductiemaatregelen, die vergelijkbare bedrijven reeds hebben geïmplementeerd, als hulpmiddel. Al deze input resulteert in het plan van aanpak, dat volgens Willemen Bouw de potentie heeft om de jaarlijkse CO_2-doelstellingen te behalen. Mocht bij de jaarlijkse voortgangsrapportage blijken dat er bijsturing vereist is om de doelen te behalen, zal Willemen Bouw het plan van aanpak aanpassen.

7.1. Scenario's voor 2030 en 2050

In dit scenario-onderzoek betekent de term "klimaatneutraal" netto geen CO_2-emissies. Er zal gewerkt worden volgens het Trias Energetica (TE) principe, waarbij gekeken wordt naar onderstaande volgorde (Korbee 1979):

1. Energiebesparing: Reduceer de energievraag voor een bepaalde service tot het minimum dat nodig is om die service van energie te voorzien;

2. Verduurzaming: Maak de energievoorziening zoveel mogelijk hernieuwbaar en, waar mogelijk, gebruik lokale bronnen als eerste;

3. Schoon fossiel: Maak de resterende energievraag naar traditionele energiebronnen zo schoon mogelijk.

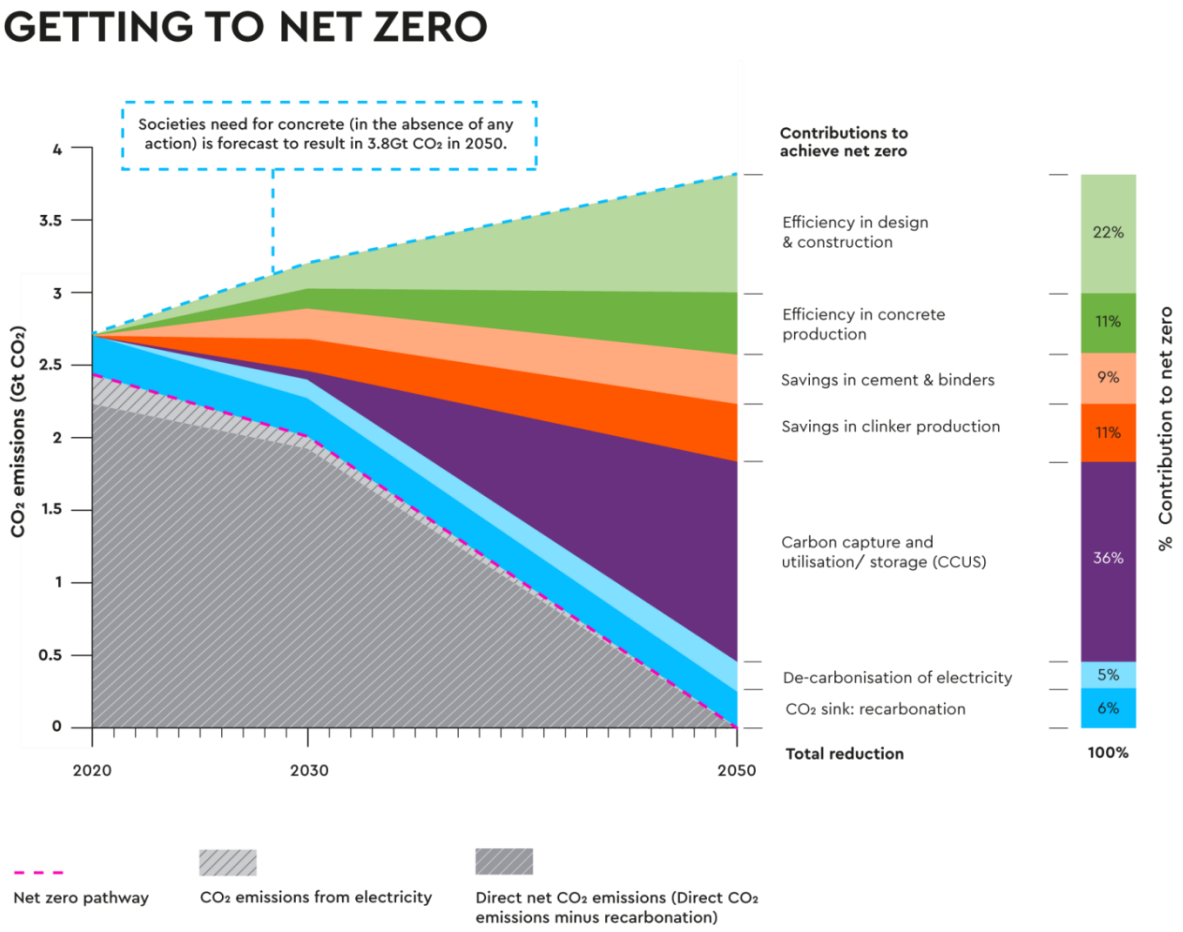
Afvang en opslag of compensatie van CO_2-emissies wordt als 'last resort' gezien. In eerste instantie zal er worden gestreefd naar een 'low carbon' infrasector, door in eerste instantie zoveel mogelijk energie te besparen en de uitstoot van CO_2 te beperken (stap 1 van de TE) en daarbij ook zoveel mogelijk hernieuwbare energiebronnen te gebruiken (stap 2 van de TE).

7.2. Roadmap Beton

In het kader van de waardeketenanalyse voor beton wordt ook gekeken naar de bredere transitie van de cement- en betonsector richting nuluitstoot. De roadmap van de Global Cement and Concrete Association (GCCA) biedt hiervoor een richtinggevend kader. Deze roadmap beschrijft welke maatregelen volgens de sector nodig zijn om de CO_2-uitstoot van cement en beton tegen 2050 tot nul te reduceren.

7.2.1. Periode 2020 – 2030

GCCA beschrijft de periode tot 2030 als de "decade to make it happen". In deze periode ligt de nadruk op het versnellen van CO_2-reductie via klinkervervanging door traditionele alternatieven zoals vliegas en hoogovenslak, vermindering van fossiele brandstoffen, inzet van alternatieve brandstoffen (afvalstromen), efficiëntere betonproductie, optimalisatie van ontwerp en uitvoering, en investeringen in innovatie en Carbon Capture Utulisation and Storage (CCUS). CCUS wordt beschouwd als een essentiële technologie om een nul CO_2-uitstoot te bereiken. Tegen 2030 voorziet de GCCA een reductie van 25% CO_2 per m^3 beton en 20% CO_2 per ton cement ten opzichte van 2020.



Figuur 8: Getting to net zero, Global Cement and Concrete Association (2021)

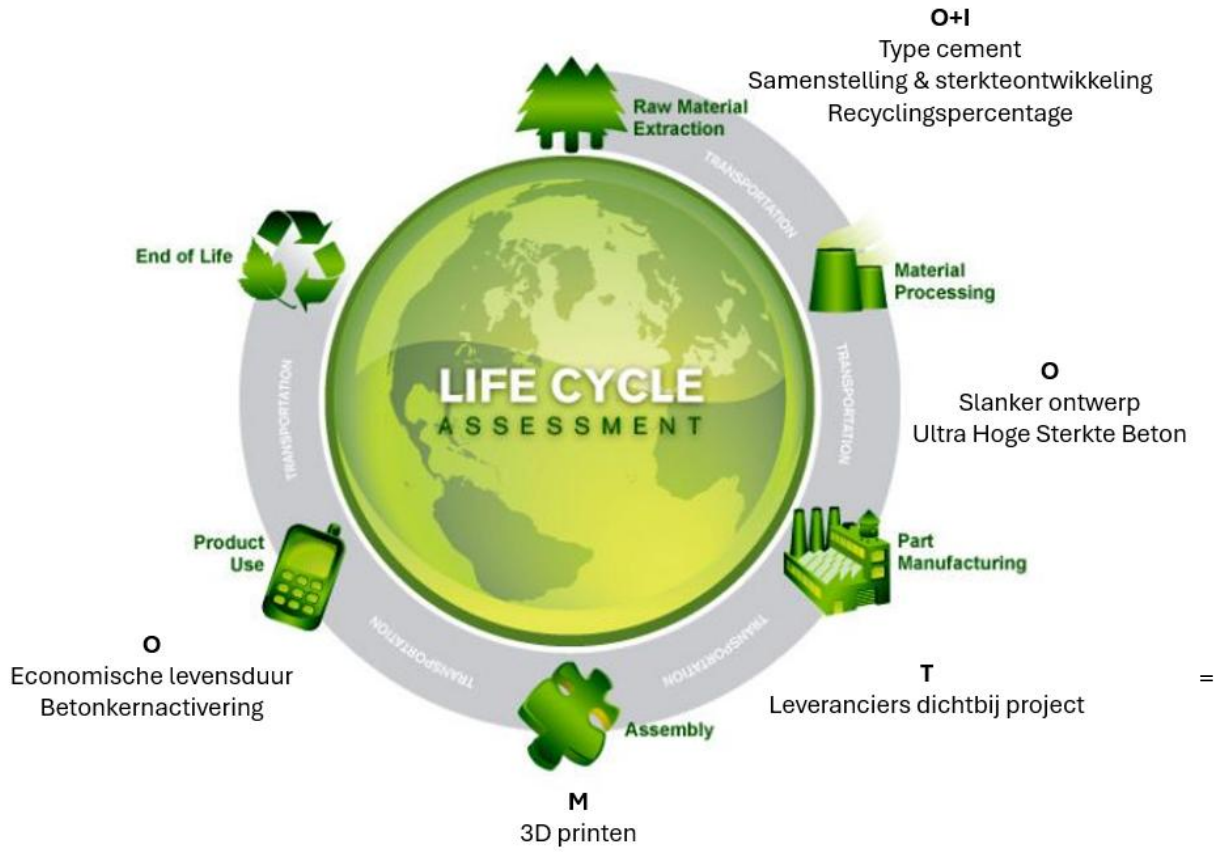
7.2.2. Periode 2030 2050: nul CO_2-uitstoot

Na 2030 ligt de nadruk volgens de GCCA vooral op de verdere opschaling van technologieën en maatregelen die in de voorafgaande periode werden voorbereid. Klinkervervanging blijft belangrijk, maar de gebruikte materialen verschuiven geleidelijk: omdat de beschikbaarheid van vliegas en hoogovenslak naar verwachting zal afnemen, wordt meer ingezet op gemalen kalksteen en gecalcineerde klei. Daarnaast blijft de sector fossiele brandstoffen verder vervangen door alternatieve brandstoffen waar dit technisch en logistiek mogelijk is.

De belangrijkste bijkomende stap na 2030 is de grootschalige uitrol van Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS). Deze technologie moet de resterende emissies uit cementproductie afvangen, waarna de CO_2 kan worden hergebruikt, bijvoorbeeld in beton of granulaten, of langdurig kan worden opgeslagen. Hiervoor zijn wel bijkomende infrastructuur, investeringen en beleidsmatige ondersteuning nodig. Verder verwacht de GCCA dat de elektriciteit die in cement- en betonproductie wordt gebruikt verder zal decarboniseren. Richting 2040-2050 kunnen ook bijkomende innovaties, zoals waterstof en elektrificatie van ovens, een aanvullende rol spelen

7.3. Reductiemaatregelen

In de betonwereld is veel gaande m.b.t. het verduurzamen van de sector en het vinden van alternatieven en nieuwe mogelijkheden voor toepassing van beton. Binnen dit hoofdstuk worden vooral kwalitatief een aantal opties beschreven vanuit gevonden literatuur. De acties waarop Willemen Bouw specifiek komen aan bod onder hoofdstuk 7.10 gebaseerd op het klimaattransitieplan. In de cirkel van de LCA-methode weergegeven ziet dit er als volgt uit:



7.4. Ontwerp van betonconstructies

Door het Betonplatform zijn in 2014 een aantal mogelijkheden en ontwikkelingen voor duurzamer beton benoemd[6]. Met betrekking tot het ontwerp van bouwwerken zijn dit de volgende:

- Verlengen van economische levensduur: flexibiliteit en aanpasbaarheid van het ontwerp. Voorbeelden daarvan zijn de mogelijkheid om later extra trappenhuizen en sparingen toe te voegen, het zodanig dimensioneren van een constructie (bouwen met marge) dat later extra bouwlagen kunnen worden toegevoegd en een heldere verdeling tussen constructieve en niet-constructieve delen. Door Stichting Bouwresearch (SBR) is een uniforme catalogus met betrouwbare referentielevensduren van veel toegepaste bouwproducten op systematische wijze vastgelegd.
- Materiaalarm bouwen: alleen daar beton plaatsen waar het nodig is. Denk aan bollenplaatvloeren, kanaalplaatvloeren of I-liggers, die qua dimensionering erg in de buurt komen van staalprofielen.

- Met (ultra-)hogesterktebeton (UHSB) kunnen veel slankere bouwdelen worden geproduceerd dan met beton van normale sterkte. Dit type beton heeft een hoger cementgehalte waardoor het per m3 een hogere CO_2-footprint heeft, maar door ook naar het benodigde volume, de wapening, het transport en de bekisting te kijken, kan (situatie-afhankelijk) UHSB gunstiger zijn dan gewoon beton.

Daarnaast benoemt het rapport van CE Delft[5] de mogelijkheid van betonkernactivering, waarbij het energieverbruik tijdens de gebruiksfase van een gebouw verminderd kan worden:

Betonkernactivering: verwarmen of koelen van een ruimte door een vloeistof door diffusiedichte leidingen die in de kern van de betonnen vloer of het betonnen plafond zijn aangebracht in plaats van in de dekvloer. Lage temperatuurverwarming waardoor het gebouw 'thermisch actief' wordt gemaakt. Er is berekend wat de energiewinst is, die wordt behaald met een lagere EPC (=EnergiePrestatieCoefficient) (0,4), die mede kan worden bereikt door een systeem zoals betonkernactivering. Per jaar kan een theoretische energiewinst worden gerealiseerd van 1,4 PJ ten opzichte van nieuwbouw uit 2010 (EPC 0,8).

7.5. Betonsamenstelling

In de samenstelling van beton is veel winst te behalen, met name in het type cement dat wordt gebruikt. Dit vanwege de grote impact die de productie van beton, en daarbinnen weer de productie van cement, op de gehele keten heeft. CE Delft[5] benoemt de volgende mogelijkheden:

- Het gebruik van een duurzamer type cement ter vervanging van portlandklinker. Door het vervangen van 10% CEM I door een cement met klinkergehalte van 60% of minder, wordt de klimaatimpact van beton met 3% verlaagd.
- Cementgebruik In Nederland wordt relatief veel met hoogovencement (CEM III) gewerkt. Door het lage klinkergehalte in CEM III is de CO_2–uitstoot significant lager dan die van CEM I (figuur 17). In prefabbeton wordt meer gebruikgemaakt van CEM I dan in betonmortel (in het werk gestort beton). Niet verrassend, want over het algemeen vraagt het productieproces van prefab om een beton met een kortere ontkistingstijd en dus een snelle sterkteontwikkeling in de eerste uren. Vaak wordt er gewerkt in gestroomlijnde cycli.[6]
- Sterkteontwikkeling: de sterkte van beton ontwikkelt zich in de loop van de tijd (standaard wordt uitgegaan van 28 dagen als karakteristieke druksterkte). Hoe langzamer de cementhydratateten worden gevormd, hoe regelmatiger de bindingen zijn en dus hoe sterker het beton. Zowel het klinkergehalte als temperatuur en tijd hebben invloed op de sterkte van beton. Een hoger klinkergehalte en voorverwarmd beton zorgen ervoor het beton sneller op de gewenste sterkte is. Vanuit duurzaamheidsoogpunt kan ervoor gekozen worden de tijd van ontkisten later te stellen, zodat een lager klinkergehalte kan worden toegepast.

7.6. Recyclingspercentage/betongranulaat

Aan recycling van beton wordt veel aandacht besteed. Er zijn dan ook meerdere producenten die betongranulaat als nieuwe grondstof in beton gebruiken, of recyclingstechnieken proberen te optimaliseren:

- Betongranulaat: wordt vooral toegepast bij bestratingsmateriaal. Vanwege de hoge eisen aan oppervlaktekwaliteit is het minder geschikt bij schoonbeton, maar ook hierin kan een bepaald recyclingspercentage worden toegepast. Zie bijvoorbeeld ook de beschrijving van de PLUS-producten van Van Nieuwpoort Betonmortel.
- Recyclingstechnieken in ontwikkeling: elektrodynamische fragmentatie waardoor materialen in schoon zand, grind en cementsteen gescheiden worden. Door slim te

breken (het onder druk afschuivend belasten van granulaat) worden ook zand, grind en cementsteen gescheiden met als bijkomend voordeel dat het grind licht geëtst is waardoor het beter hecht en er in het volgend proces minder cement nodig is.

7.7. 3D-printen van beton

3D-printen heeft de laatste jaren een flinke vlucht genomen. In juni 2017 heeft BAM Infra, in samenwerking met een flink aantal partners het startsein gegeven voor de eerste volledig constructief 3D-geprinte voorgespannen betonnen fietsbrug ter wereld. Het printen van betonnen elementen voor de bouw heeft grote voordelen in vergelijking met klassieke productietechnieken.

- Men heeft meer vrijheid in het ontwerpen en het realiseren van constructieve oplossingen. Anders dan bij traditionele productietechnieken vaak het geval was, hoeft een voorwerp niet uit een massief stuk materiaal te worden gemaakt.
- Het is een duurzame oplossing. Een 3D-printer brengt alleen materiaal aan waar nodig. Dat betekent dat minder beton nodig is en daarmee minder CO_2-uitstoot.
- Er is minder afval doordat er geen bekisting nodig is en er ook niet gefreesd hoeft te worden.
- Het gehele productieproces verloopt beter en sneller en de foutmarge neemt af. Tijdens het proces bestuderen alle partijen hetzelfde ontwerp. Wijzigingen worden digitaal doorgerekend en zijn direct zichtbaar voor alle betrokkenen, al voor de daadwerkelijke productie.

Niet elke mortel is geschikt voor dit productieproces. Een snel chemisch reagerende mortel leidt tot directe stijfheid, wat een probleem vormt wanneer er stagnaties of storingen zijn tijdens het proces. Een te langzaam reagerende mortel daarentegen remt het productieproces, omdat de mortel dan niet snel belast kan worden. Bij de ontwikkeling van de juiste printbare mortel is gezocht naar een balans tussen stijfheid en energie.

Beton kenmerkt zich door het opnemen van gigantische drukbelasting. De trekbelasting is echter beperkt. Traditionele gebouwen van metselwerken en betonconstructies zijn zo ontworpen dat voornamelijk gebruik wordt gemaakt van de kracht van beton en de zwakte zo veel mogelijk beperkt wordt. Alhoewel 3D printen meer architectonische vrijheid biedt, zal dit altijd gepaard moeten gaan met de eigenschappen van beton. De balans tussen constructievormen, morteleigenschappen en bewapening is daarom van groot belang om architectonische vrijheid te realiseren[8].

7.8. Transport

Het transport van beton en staal speelt slechts een relatief kleine rol in de CO_2-uitstoot in de keten van Willemen Bouw. Toch kan ook hierop gewonnen worden, door het betrekken van leveranciers dichtbij projectlocatie en door het betrekken van leveranciers die op hun beurt de grondstoffen van dichtbij halen. Betongrondstoffen vanuit China zijn niet alleen ver weg, maar ook nog eens minder duurzaam geproduceerd dan in Europa.

7.9. CO_2-Duurzaam beton in België

Door sector-breed bewustwording te stimuleren en de aandacht te focussen op verduurzaming van beton, kan een gezamenlijke inspanning verricht worden om de CO_2-emissies in de sector te verlagen. In Nederland wordt hier meer aandacht aan besteed dan in België, waarschijnlijk mede door het bestaan van de CO_2-Prestatieladder.

In België bestaat wel een algemeen kwaliteitskeurmerk voor beton, namelijk het Benor Beton keur. De BENOR-certificatie van stortklaar beton houdt een bevestiging in door externe partijen dat het beton overeenkomstig de “beton-norm” NBN EN 206-1 (2001) + NBN B15-001 (2004) wordt samengesteld, geproduceerd en geleverd. Voorwaarde is wel

dat het beton “op prestatie” of “op specificatie” wordt besteld (dit in tegenstelling tot de meer traditionele bestelling “op samenstelling”).

Daarnaast wordt het CSC-keurmerk voor duurzaam en hoogwaardig beton steeds meer gevraagd. Het keurmerk CSC garandeert de duurzame productie van beton. Keurmerkhouders mogen CSC alleen voeren, als zij voldoen aan strenge eisen ten aanzien van betrouwbaarheid, deskundigheid, duurzaamheid en arbeidsveiligheid. Het keurmerk CSC geeft zekerheid voor de afnemers van beton. De duurzame productie van beton wordt gegarandeerd en geeft daarmee de benodigde basis om samen te werken.

Het algemene beeld lijkt dat in België het thema Duurzaamheid minder hoog in de aandacht staat dan in Nederland. Wellicht dat op kleine schaal en lokaal bepaalde initiatieven spelen, maar deze worden dan niet prominent onder de aandacht gebracht. De betonsector heeft wellicht een aantal aanjagers nodig die een actieve rol willen spelen in de bewustwording ten aanzien van het thema duurzaamheid. Dit zal moeten gaan in overleg tussen opdrachtgevers, producenten en aannemers. Op dit moment gebeurt dit vooral in het Green Board van ADEB-VBA, waar ook Willemen Bouw aan deelneemt.

7.10. Reductiemogelijkheden Willemen Bouw

Willemen Bouw ziet verschillende mogelijkheden om binnen de beton- en staalketen bij te dragen aan verdere CO_2-reductie. De invloed ligt voornamelijk in bewuste materiaal- en ontwerpkeuzes, duurzaam aankoopbeleid, leveranciersengagement en samenwerking met opdrachtgevers en ketenpartners. Hoewel een deel van de reductie afhankelijk blijft van technologische ontwikkelingen bij producenten, kan Willemen Bouw via haar rol als aannemer mee richting geven aan de vraag naar duurzamere beton- en staaloplossingen. Een bijkomende opportuniteit ligt in de synergie binnen Willemen Groep. Aangezien Willemen Infra beschikt over eigen betoncentrales, is er binnen de groep praktijkgerichte kennis aanwezig over betonproductie, mengsels en mogelijke reductiemaatregelen. Willemen Bouw kan deze kennis benutten om beter inzicht te krijgen in betonoplossingen met een lagere CO_2-uitstoot.

7.10.1. Doelstellingen beton & (wapenings)staal

Materiaal	Reductiemaatregel	Invloed Willemen Bouw	Termijn	Verdere opvolging
Beton	CO_2-reducerende betonoplossingen	Materiaalkeuzes, aankoop en overleg met ketenpartners	2026-2031	Gefaseerd onderzoek binnen beschikbare capaciteit
Beton	Alternatieve duurzame cementtypes	Beoordeling bij relevante projecten en leverancierscontacten	2026-2031	Opvolging afhankelijk van technische haalbaarheid en marktaanbod
Beton en staal	Materiaalreductie via ontwerpoptimalisatie	Ontwerp, calculatie en projectvoorbereiding	2026-2031	Toepassing is projectafhankelijk (vnl. DBFM-projecten)
Staal / wapening	Optimalisatie wapeningsontwerp	Ontwerp en calculatie	2026-2031	Projectmatige beoordeling waar relevant
Staal	Toeassing groen staal	Aankoop en leveranciersdialoog	2026-2031	Verdere opvolging afhankelijk van beschikbaarheid van data en aanbod
Beton en staal	Verbeteren van leveranciersdata	Opvragen van CO_2-data, EPD's of gelijkwaardige onderbouwing	Jaarlijks	Stapsgewijze verbetering van datakwaliteit
Beton en staal	Samenwerking met leveranciers en ketenpartners	Leveranciersoverleg, sectorinitiatieven en kennisdeling	Jaarlijks	Voortzetting van stakeholderdialogen en verdere deelname aan (sector)initiatieven

De verdeling van emissies over de verschillende stakeholders, zoals weergegeven in hoofdstuk 6, helpt om de reductiemogelijkheden gericht te benaderen. Voor de upstream keten betekent dit dat de focus in eerste instantie ligt op de leveranciers met het grootste aandeel in de geschatte CO_2-impact. Voor beton, prefabbeton en staal kan het grootste deel van de CO_2-uitstoot gerelateerd aan de verschillende materialen toegekend worden aan een aantal leveranciers. Deze inzichten worden gebruikt om de acties uit het klimaattransitieplan, zoals leveranciersengagement, het opvragen van CO_2-data of EPD's, duurzaam aankoopbeleid en toepassing van duurzame materialen, gericht op te zetten.

Aan de downstreamzijde toont hoofdstuk 6 dat 'gebouwen' het grootste aandeel vertegenwoordigen binnen de omzetverdeling. Daarom worden reductiemogelijkheden vooral bekeken binnen projecten waar Willemen Bouw voldoende invloed heeft op ontwerpkeuzes, materiaalkeuzes, aankoop en samenwerking met opdrachtgevers en ketenpartners. De concrete uitwerking zal waar mogelijk op projectniveau gebeuren.

8. Samenwerking

Onderwerpen waar Willemen Bouw op dit moment geen doelstelling voor formuleert, maar waar zij zich nog verder in zou kunnen verdiepen zijn de volgende:

- Verder onderzoek naar de belangrijkste leveranciers van beton: hoe beschouwen zij de mogelijkheden van minder Portlandklinker en een hoger recyclingspercentage van beton? Zijn Nederlandse betonproducenten hier daadwerkelijk verder in dan Belgische producenten?
- Keurmerk vergelijkbaar aan Beton Bewust in leven proberen te roepen; vanuit de Green Board heeft Willemen Bouw al een platform van bedrijven die welwillend staan tegenover verduurzamen van de sector. Daarnaast is Willemen Bouw geen kleine speler in de sector, dus heeft bepaalde invloed. Deze connecties en invloed kunnen Willemen Bouw potentieel de mogelijkheid geven om in samenwerking met een aantal partijen de aanjager van duurzaamheid in de Belgische betonsector te zijn.

9. Bronvermelding

BRON / DOCUMENT	KENMERK
Handboek CO_2-prestatieladder 4.0, januari 2025	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
[1] ketenanalyse beton Schagen Groep, 2016	Schagen Groep, 2016
[2] Webpagina Duurzaam beton MBI – De Steenmeesters: link	MBI – De Steenmeesters: https://www.mbi.nl/over-mbi
[3] Database conversiefactoren DuboCalc	DuboCalc
[4] Webpagina Circular economy Tata Steel: link	Tata Steel: https://www.tatasteeleurope.com/ts/sustainability/circular-economy
[5] Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw	CE Delft., 2013
[6] Webpagina 3D Betonprinten	Weber Beamix: https://www.nl.weber/3Dbetonprinten
[7] EPD FedBeton	https://www.fedbeton.be/duurzaamheid/b-epd/
Buildwise	https://www.buildwise.be/nl/
ketenanalyse beton Willemen Infra 2024	ketenanalyse SKAO-website
EPD prefab trappen Inhus	EPD registratienummer S-P-03855
EPD Plastificeerder en superplastificeerder	EPD registratienummer: EPD-EFC-20210198-IBG1-EN
Van Crombrugge, O. (2025, 7 augustus 2025) Persoonlijke communicatie (E-mail)	Kwantificatie CO_2-uitstoot staal - Staalbeton
Roadmap CO_2-reductie voor cement en beton in Nederland	Cement & Beton Centrum: CO2-roadmap Cement en Beton in Nederland - Cement&BetonCentrum
Embodied Carbon, fiche EC025	StaalBeton (2025-04-02)
Concrete future roadmap. Beschikbaar via de website van GCCA, geraadpleegd in 2026.	Global Cement and Concrete Association (GCCA). (2021)

Tabel 28: Referentielijst voor waardeketenanalyse het toepassen van beton en staal voor projecten

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	WAARDEKETENANALYSE
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 2
H8. Accounting for Supplier Emissions	-	Onderdeel van implementatie van CO_2-Prestatieladder
H9. Setting a reduction target	-	Hoofdstuk 5

Tabel 29: Theoretische norm en onderbouwing waardeketenanalyse beton

10. Verklaring opstellen waardeketenanalyse

Deze waardeketenanalyse is opgesteld door Franky Van den Berghe, Stijn Van den Berghe & Freke Vermeiren.

Er werd een revisie uitgevoerd in 2025 door Luc De Bock, Technical Advisor "Sustainability" Technical Assistance Division – BRRC bij OCW.

Voor akkoord getekend:

Franky Van den Berghe

Duurzaamheidsmanager

Disclaimer & Colofon

Uitsluiting van juridische aansprakelijkheid

Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en exceptionele zorgvuldigheid is betracht tijdens het samenstellen van deze rapportage kan Willemen geen juridische aansprakelijkheid aanvaarden voor fouten, onnauwkeurigheden, ongeacht de oorzaak daarvan en voor schade als gevolg daarvan. De borging en uitvoering van de opgestelde beoogde doelen en maatregelen aanwezig in dit rapport liggen bij de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever. Voor het niet behalen van doelen en/of het onjuist aanleveren van data door de opdrachtgever, kan Willemen niet aansprakelijk worden gesteld.

In geen enkel geval is Willemen, haar eigenaren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gederfde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.

Bescherming intellectueel eigendom

Het auteursrecht op dit document berust bij Willemen Bouw.

Vermenigvuldiging in wat voor vorm dan ook is alleen toegestaan door voorafgaande toestemming door Willemen Bouw.

Ondertekening

Auteurs:	Franky Van den Berghe, Stijn Van den Berghe & Freke Vermeiren
Update:	16/09/2025
Kenmerk:	Waardeketenanalyse staal en beton
Datum:	15-6-2026
Versie:	1.0
Verantwoordelijke manager:	**Bart Janssens**