

# Vervaardigen van betonproducten in de fabriek

ir. Math Pluis, Spanbeton

Fabrieken voor betonproducten zijn er in vele soorten en maten. Er zijn fabrieken waar ongewapende producten zoals stenen of tegels worden gemaakt. Ook zijn er fabrieken voor gewapende producten zoals trappen, kelders of breedplaatvloerelementen. En dan zijn er fabrieken waar voorgespannen producten zoals TT-platen, kanaalplaten en brugliggers worden vervaardigd. Elke fabriek heeft zijn eigen productportfolio met bijbehorende milieubelasting in de vorm van materiaalgebruik en energie, benodigd voor het maken.

## Algemeen

De milieubelasting van een betonnen product wordt vooral bepaald door de milieubelasting van winning, fabricage en transport van de toegepaste grondstoffen en materialen.

In zijn algemeenheid geldt voor de gehele betonsector dat de milieu-impact voor meer dan de helft wordt bepaald door cement en staal. De verdeling is sterk afhankelijk van het wel of niet gebruiken van beton- en/of voorspanstaal.

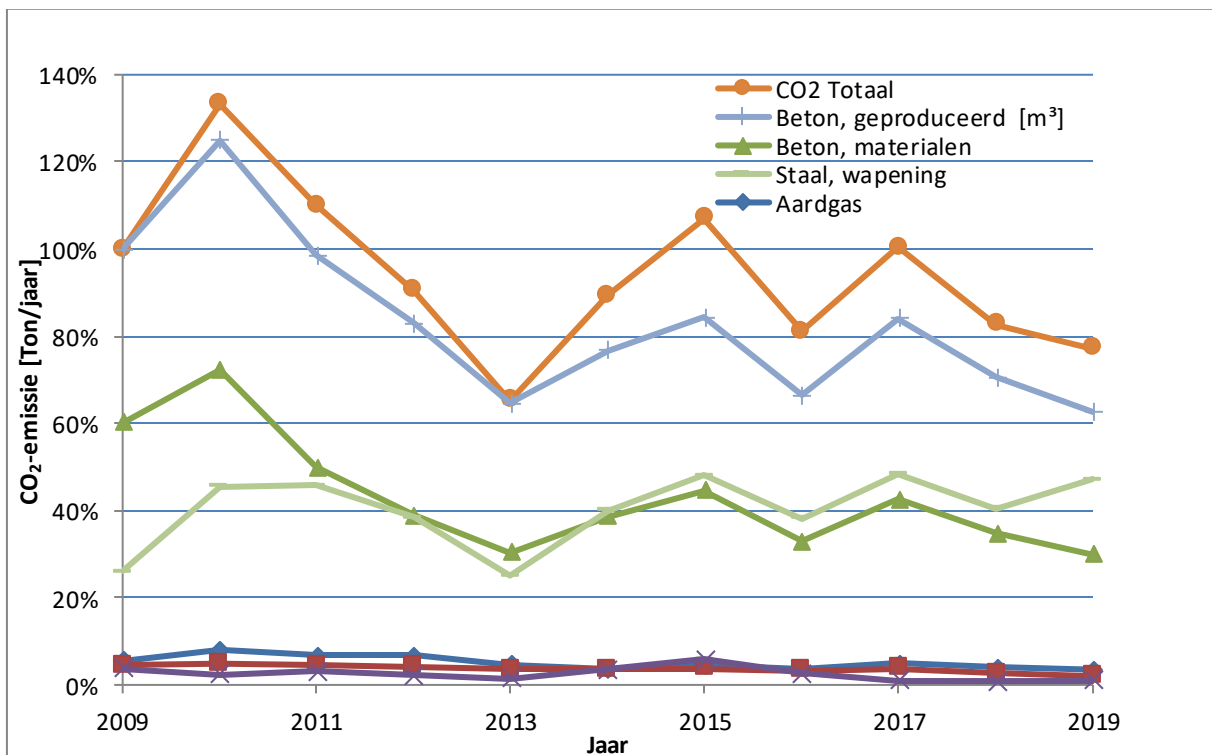
## CO<sub>2</sub>-uitstoot door de jaren heen

Een van de parameters waarmee de milieubelasting wordt bepaald, is de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Voor de eenvoud beperken we ons in deze bijdrage ook hiertoe.

In ongewapende elementen zit, zoals de naam al aangeeft, geen wapening. De gemiddelde CO<sub>2</sub>-uitstoot teruggerekend naar een kubieke meter beton van bijvoorbeeld een straatsteen zal daarom lager zijn dan van een zwaar gewapende kolom.

## Voorgespannen elementen

In onderstaande grafiek is de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot in de prefab-betonfabriek van Spanbeton in de jaren 2009 tot en met 2019 weergegeven. 2009 is daarbij als uitgangspunt genomen.



Figuur 1: CO<sub>2</sub>-emissie tussen 2009 en 2019

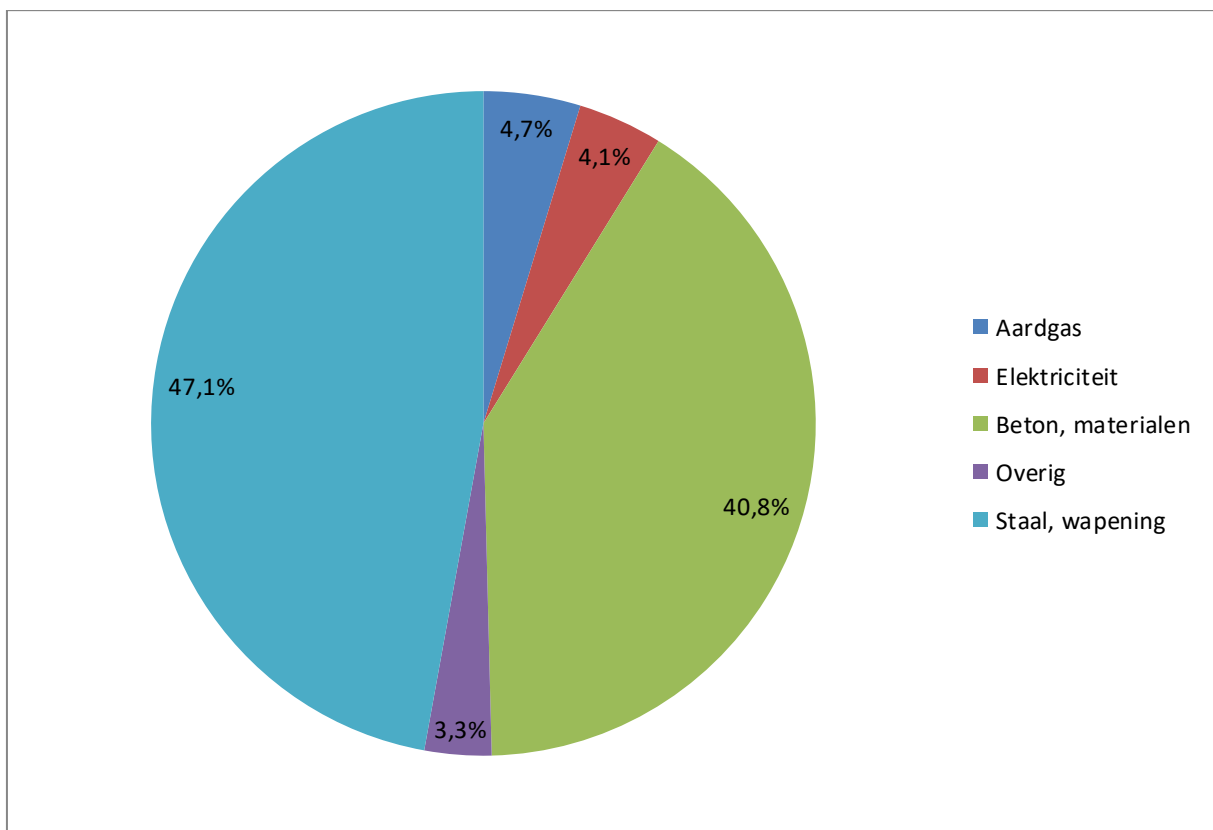
In de grafiek is een aantal pieken en dalen te zien. De pieken van de CO<sub>2</sub>-uitstoot volgen de pieken van het geproduceerde betonvolume. Daarnaast zijn er nog andere dingen die opvallen:

- Staal 2009-2010: De sterkere toename van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het staal ten opzichte van beton in deze jaren werd veroorzaakt door het voorschrijven van de nieuwe Eurocode voor nieuwe projecten. Door het rekenen met deze Eurocode moest er meer (dwarskracht-)wapening worden toegepast.
- Vanaf 2011 is voor deze fabriek de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het staal ongeveer even groot als die van het beton.
- Energie en overig hebben een geringe invloed op de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De CO<sub>2</sub>-uitstoot per [m<sup>3</sup>] is voor alle producten de laatste paar jaar nagenoeg gelijk gebleven (rond de 435 [kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>3</sup>]).

Tot 2004 werd er vooral CEM I (portlandcement) gebruikt. Die waarden vallen buiten de onderzochte periode, maar ook dit heeft zeker invloed op de milieuprestatie gehad.

In figuur 2 is de verdeling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2016 uitgelicht.



*Figuur 2: Verdeling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2016*

Uit de grafiek is af te leiden dat beton en staal samen goed zijn voor 87,9% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Energie, aardgas en elektriciteit vormen samen 8,8% van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van dat jaar.

### **Beton**

Bij Spanbeton worden vooral zelfverdichtende betonmengsels gebruikt. Deze mengsels hebben per m<sup>3</sup> over het algemeen een hogere milieubelasting dan de in het werk gestorte mengsels. Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door de grotere hoeveelheid cement en het gebruik van poeders.

Ook het gebruik van snellere cementen met meer klinker zorgt voor een hogere milieubelasting.

Onder de streep zal de milieubelasting van een in het werk gestorte constructie vergeleken met een geprefabriceerde constructie ongeveer gelijk zijn. In het geval van in het werk gestort beton wordt er meer materiaal met een lagere milieubelasting gebruikt, en bij een geprefabriceerde constructie minder materiaal met een hogere milieubelasting.

De hogere cementgehalten in de civiele bouw worden veroorzaakt door de zwaardere milieuklassen waaraan moet worden voldaan. Om aan de duurzaamheidseisen uit de normen te voldoen moet er over het algemeen meer cement worden toegepast. Zie ook tabel D uit NEN-EN 206 en NEN 8005.

Verder wordt er in de prefab industrie meer cement gebruikt om sneller een hoge sterkte te krijgen. Dit zijn zowel hogere sterktes aan het begin (ontkistings- en ontspansterkte) als na 28 dagen.

### Mogelijkheden om CO<sub>2</sub> te reduceren

Uit het voorgaande blijkt dat de milieubelasting vooral door de materialen beton en staal wordt veroorzaakt. Heel veel mogelijkheden om te reduceren zijn er vooralsnog niet. In het betonmengsel is cement behalve de meest "vervuilende" component ook de duurste component. Voor de productie van elementen wordt er daarom op gestuurd de hoeveelheid cement bij de gegeven randvoorwaarden te minimaliseren. Hetzelfde geldt voor het staal, dat evenzo een significante kostenpost is. Ook de hoeveelheid staal wordt daarom tot een minimum beperkt.

In de prefab industrie wordt zoals gemeld vooral met zelfverdichtend beton gewerkt. Bij de productie van deze betonsoort wordt er voor het verkrijgen van stabiele mengsels een poeder toegevoegd. Dit poeder is meestal een kalksteenmeel. Hierdoor krijgt het product wel een hogere milieubelasting. Arbeidsomstandigheden worden daarentegen beter. Er is geen geluid meer van (bekistings-)trillers en de mensen hoeven tijdens het storten ook niet meer op een trillende bekisting te staan. Deze verbeterde omstandigheden zijn in de milieukosten tot nu toe helaas echter alleen in het lagere elektriciteitsverbruik terug te vinden.

### Energie

Ongeveer 9% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot bij Spanbeton wordt veroorzaakt door het energiegebruik: aardgas voor het verwarmen van de grondstoffen en het beton en elektriciteit voor het mengen van het beton, hijsen en andere processtappen. Binnen Spanbeton wordt sinds 2018 ruim de helft van de elektriciteit door zonnepanelen op het dak van de fabriek opgewekt. Dit zorgt al voor een CO<sub>2</sub>-reductie. Verdere reductie van het energiegebruik kan alleen door de productiesnelheid te verlagen. Het beton wordt dan niet meer verwarmd; dit zou betekenen dat de productiviteit ongeveer halveert. Een bekisting kan dan nog maar een keer in de twee dagen in plaats van dagelijks worden gebruikt.

Het in de winter niet meer ontdooien van de toeslagmaterialen is geen optie. Dit zou de kwaliteit van het beton te onvoorspelbaar maken.

Tabel D – Eisen aan de betonsamenstelling afhankelijk van de milieuklasse

Milieuklasse	Maximaal toelaatbare water-cementfactor/ water-bindmiddelfactor	Minimaal vereist cement-/ bindmiddelgehalte kg/m <sup>3</sup>	Minimumluchtgehalte <sup>a</sup>	
			Grootste korrelafmeting D mm	Luchtgehalte % volumepercentage
<b>1 Geen risico op corrosie of aantasting</b>				
X0	0.70 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>	-	-
<b>2 Corrosie ingeleid door carbonatatie</b>				
XC1	0.65	260	-	-
XC2	0.60	280	-	-
XC3	0.55	280	-	-
XC4	0.50	300	-	-
<b>3 Corrosie ingeleid door chloriden anders dan afkomstig uit zeewater</b>				
XD1	0.55	300	-	-
XD2	0.50	300	-	-
XD3 <sup>c</sup>	0.45	300	-	-
<b>4 Corrosie ingeleid door chloriden afkomstig uit zeewater</b>				
XS1	0.50	300	-	-
XS2 <sup>c</sup>	0.45	300	-	-
XS3 <sup>c</sup>	0.45	320	-	-
<b>5 Aantasting door vorst/ dooiwisselingen met of zonder dooizouten</b>				
XF1	0.55	300	-	-
XF2	0.55	300	63	3.0
			31.5	3.5
			16	4.0
			8	5.0
XF2	0.45	300	-	-
XF3	0.50	300	-	-
XF4	0.50	300	63	3.0
			31.5	3.5
			16	4.0
			8	5.0
XF4	0.45	320	-	-
<b>6 Chemische aantasting</b>				
XA1	0.55	300	-	-
XA2 <sup>d</sup>	0.50	320	-	-
XA3 <sup>d</sup>	0.45	340	-	-

<sup>a</sup> Het minimumluchtgehalte heeft betrekking op het gemeten luchtgehalte.

<sup>b</sup> De genoemde water-cementfactor/water-bindmiddelfactor en het genoemde cement-/bindmiddelgehalte zijn alleen van toepassing bij onderwaterbeton in niet-agressief water. Voor ongewapend beton gelden geen grenswaarden.

<sup>c</sup> Bij bouwdeelen die voldoen aan de definitie massabeton, zie opmerking 3 en tabel E met vervolgtekst.

<sup>d</sup> Voor beton in deze milieuklassen dat aan oplossingen met meer dan 600 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l of aan grond met een gehalte aan sulfaten groter dan 3 000 mg/kg wordt blootgesteld, behoort cement met een hoge bestandheid tegen sulfaten te worden gebruikt dat voldoet aan NEN-EN 197-1, met uitzondering van CEM I-SR 5, puzzolacement CEM IV/A-SR en CEM IV/B-SR.

### **Alternatieve materialen**

Met veel interesse wordt er naar alternatieven voor beton en cement gekeken. Alternatieven voor cement als bindmiddel zijn er wel, maar nog niet algemeen toepasbaar. Ook is de milieu-impact van deze nieuwe materialen niet per definitie lager dan de nu gebruikte, in het werk gestorte betonmengsels. Geopolymeren bijvoorbeeld worden nu voornamelijk met behulp van hoogovenslakken of vliegassen gemaakt. Vooral vliegassen zijn schaars en met het sluiten van de kolengestookte elektriciteitscentrales zal de beschikbaarheid nog verder afnemen.

Ook de activators hebben een milieubelasting. De milieubelasting van een mengsel van beton met geopolymeren is daarom vergelijkbaar met die van beton met CEM III/B (hoogovencement). Zoals gezegd zijn de alternatieve bindmiddelen en secundaire toeslagmaterialen relatief schaars, anders gezegd: er zijn onvoldoende alternatieve materialen om aan de wereldwijde vraag naar beton te voldoen. De meeste alternatieve bindmiddelen (lees: hoogovenslak en poederkoolvlieg) komen al uit de betonketen. Door ze voor een bepaald project te gebruiken zijn ze niet meer beschikbaar voor een ander project. Voor het specifieke project levert dat dan een besparing op, maar als BV Nederland, en misschien zelfs BV Wereld, schieten we er niets mee op. We zijn alleen maar met grondstoffen aan het schuiven. Voor de Nederlandse situatie komt daar nog bij dat wij met onze hoogovencementen op het milieuvlak al heel goed scoren.

### **Hergebruik van elementen**

Door de levensduur van elementen te verlengen kan de milieubelasting worden verlaagd. Elementen worden ontworpen voor een bepaalde technische levensduur. Aan het einde van de gebruiksduur kan worden overwogen de elementen een tweede leven te geven. Het is dan van belang dat de betreffende elementen voldoende restcapaciteit hebben.

Het circulaire viaduct is hiervan een mooi voorbeeld. De elementen zijn ontworpen op een technische levensduur en er wordt van uit gegaan dat ze ongeveer 6 keer hergebruikt worden.



*Figuur 4: Montage van het circulaire viaduct*

### **Tot slot**

De milieu-impact van een betonconstructie wordt vooral bepaald door de gebruikte materialen. De duurste componenten zijn daarin ook de materialen met de grootste milieubelasting en worden daarom al zo weinig mogelijk gebruikt. Grote milieuwinsten zijn daarin vooralsnog niet te halen. Bovendien zijn we daarbij sterk afhankelijk van de cement- en staalindustrie en de verwachting is dat op dat terrein pas na 2030 grote milieustappen zullen worden gezet.

Alternatieve materialen hebben pas een positieve invloed op de milieubelasting als deze van buiten de betonketen komen. Een van de vragen die dan moet worden beantwoord is: hoe zit het met de herbruikbaarheid van deze alternatieve materialen in de betonketen?

We zijn er nog lang niet en er moet nog veel gebeuren. Dat zal voorlopig nog in kleine stapjes gaan, totdat de “grootvervuilers” grote stappen naar een neutrale milieubelasting kunnen en zullen zetten.

### **Literatuur**

[1] UN environment. Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for low CO<sub>2</sub> cementbased materials industry, Parijs, 2017.