



DE VRIES EN VERBURG

De Vries en Verburg – Ketenanalyse Beton

Opdrachtgever:

De Vries en Verburg

Auteur

Deze ketenanalyse is gereviewed door Coning Adviesgroep.
Coning Adviesgroep is hiermee medeverantwoordelijk is voor de resultaten.
Daarmee wordt voldaan aan eis 4.A.3 van de CO2-Prestatieladder voor de professionele ondersteuning.

Datum/versie nummer:

7 november 2024

Status: definitief

1 Inhoudsopgave

2	Inleiding.....	3
2.1	<i>ACTIVITEITEN DE VRIES EN VERBURG</i>	3
3	Meest relevante emissies	3
4	Waardeketen De Vries en Verburg.....	4
5	Beton.....	4
6	Betonketen	6
6.1	<i>GRONDSTOFFEN (WINNING)</i>	6
6.2	<i>BETONPRODUCTIE</i>	6
6.3	<i>ONTWERP- EN BOUWFASE</i>	6
6.4	<i>GEBRUIKSFASE</i>	7
6.5	<i>SLOOPFASE</i>	7
7	Ketenanalyse	8
8	CO2 Productie.....	8
9	CO2 Reductie en doelstelling	13
9.1	<i>REDUCTIE</i>	13
9.2	<i>DOELSTELLING</i>	14

2 Inleiding

In het kader van het behalen van niveau 5 op de CO2-Prestatieladder voert De Vries en Verburg een analyse uit van een GHG (Green House Gas) genererende keten. Dit document beschrijft de ketenanalyse van beton en de verwerking van deze grondstof.

2.1 Activiteiten De Vries en Verburg

De Vries en Verburg is actief in het ontwikkelen, realiseren en onderhouden van gebouwen in met name de sectoren utiliteitsbouw en woningbouw.

De Vries en Verburg is zich bewust van het rentmeesterschap van deze aarde en de eindigheid van de grondstoffen die wij gebruiken. Daarom zoeken wij naar duurzame en toekomstgerichte oplossingen. Wij bieden bijvoorbeeld, naast de bouw van projecten, ook meerjarig service en onderhoud aan.

3 Meest relevante emissies

Middels de scope 3 dominantieanalyse is in kaart gebracht welke emissie categorieën van toepassing zijn voor De Vries en Verburg. Vervolgens is de relevantie en omvang bepaald door het toepassen van een scorebepaling. De scorebepaling is gebaseerd op het feit dat zowel de relatieve omvang als de relatieve invloed op activiteiten beiden invloed hebben op de CO₂-emissie. Door deze te vermenigvuldigen met de algehele relatieve invloed op de CO₂-emissie kan de totale score worden opgemaakt van het aandeel van de genoemde categorie scope 3 emissie op het totale beeld van CO₂-emissie. De normeisen vragen van De Vries en Verburg dat er één ketenanalyse wordt gemaakt voor één van de twee meest relevante emissies.

Top 6 - Scope 3 emissies	
1. Categorie: Aangekochte goederen en diensten	232.900 ton CO ₂
2. Categorie: Productieafval	9.356 ton CO ₂
3. Categorie: Woon werk verkeer	30 ton CO ₂

In de kwalitatieve analyse is bepaald dat de meest relevante emissie is in de categorie Aangekochte goederen en diensten. Op basis van de top 80% van de ingekochte goederen is een analyse gemaakt waar de meest relevante emissie binnen de Scope van De Vries en Verburg zich bevindt (voor details verwijzen we u naar de dominantieanalyse). De totale CO₂ uitstoot van ingekochte goederen en diensten bedraagt 232.900 ton CO₂. Ingedeeld naar categorie ziet de top 5 er als volgt uit:

Inkoop categorie	Inkoop in euro	Ton CO ₂	Percentage CO ₂
Iron and steel	-36.404.909	92.104	40%
Articles of concrete, stone etc	-43.223.814	44.521	19%
Construction	-86.914.520	36.504	16%
Electrical machinery	-64.032.682	33.937	15%
Cement, lime and plaster	-2.037.617	11.757	5%

Over 2023 was de inkoop van staal met circa 92.000 ton CO₂ verantwoordelijk voor 40% van de CO₂ uitstoot in de aangekochte goederen en diensten. Hiervan is reeds een ketenanalyse van opgesteld. Op de tweede plek komt de inkoop van beton met circa 44.500 ton CO₂ verantwoordelijk voor 19% van de CO₂ uitstoot in de aangekochte goederen en diensten.

Door De Vries en Verburg is gekozen om een ketenanalyse van beton te maken. De mate van invloed op beton binnen de keten is redelijk. Het beton wordt in alle projecten van de bouw gebruikt. Tevens zijn er diverse leveranciers om de producten en diensten bij af te nemen. Echter moet het beton wel aan de norm voldoen die vereist wordt.

We hebben dus besloten om de aandacht te verleggen van de productgroep staal naar de productgroep beton. Na de gemaakte ketenanalyse op staal is contact opgenomen met de grootste leveranciers op dat gebied. Uit dit onderzoek blijkt dat veel leveranciers al gerecycled staal toepassen bij onze projecten. Om daar een verdere verlaging van CO₂-uitstoot te realiseren is dus moeilijk omdat er al veel is gedaan. Daarom hebben we besloten om de ketenanalyse op beton te doen en daarmee hopen we een grotere impact te kunnen realiseren.

4 Waardeketen De Vries en Verburg

De normeisen verwachten van De Vries en Verburg dat de ketenpartners (betrokken binnen de keten van beton) in beeld worden gebracht. In een ketenanalyse zijn dit de partijen binnen de upstream en downstream van de keten en tevens partijen met wie in overleg wordt getreden voor het nemen van maatregelen voor verdere reductie van CO₂-emissies. Om een goed beeld van de keten en de betrokken partners te geven wordt eerst de waardeketen omschreven en vervolgens de betonketen.

De Vries en Verburg creëert waarde in de keten door middel van het verwerven, ontwerpen, aannemen en uitvoeren van projecten in met name de utiliteitsbouw en woningbouw.

Diverse woningbouwprojecten zijn herontwikkelingen, locaties met een bestaande bebouwing waar, zo nodig na een bestemmingswijziging, woningbouw wordt gerealiseerd. Daarnaast worden ook onbebouwde gronden passend ingevuld. Waarde toevoegen aan een locatie met steeds aandacht voor de bestaande omgeving, stedenbouw, duurzaamheid, architectuur en de toekomstige bewoners, dat is wat De Vries en Verburg drijft. Bij het ontwikkelen van een project komen veel belangen en partijen samen.

5 Beton

Beton is een bouw materiaal met een samenstelling bestaande uit water, zand, grind, bindmiddelen en eventueel hulp- en/of vulstoffen. Zand en grind worden toeslagmaterialen genoemd en wordt bij elkaar gehouden door het bindmiddel dat met water een reactie vormt. Doorgaans wordt cement als bindmiddel toegepast. Het cement wordt door een chemische reactie met water verhard. De water-cementfactor, de verhouding van de hoeveelheid water tot de hoeveelheid cement in een betonmengsel, is bepalend voor de duurzaamheid en sterkte van beton. Er zijn verschillende types cement met een kleiner of groter gehalte aan portlandcement en hoogovenslak of andere grondstoffen, aangeduid met CEM I tot en met CEM V. De aanduiding van de verschillende cementsoorten bestaat uit 'CEM', gevolgd door het Romeinse cijfer (I tot en met V) van de soort, daarna de letter A, B of C, afhankelijk van het afnemende klinkergehalte en een hoofdletter die staat voor het bestanddeel wat naast de portlandcementklinker is gebruikt. Hieronder zijn de volgende cementtypes:

- *CEM I: Portlandcement met maximaal 5% andere stoffen.*
- *CEM II: Allerlei mengvormen met portlandcement en bijvoorbeeld leisteel, minimaal 65% portlandcement*
- *CEM III: Hoogoven-portlandcementmengsel in 3 klassen: A, B en C*
- *CEM III/A de minste (36-65%) en*
- *CEM III/C de meeste (81-95%) hoogovenslak bevat.*
- *CEM IV: Puzzolaacementsoorten.*
- *CEM V: Composietcementen, met mengsels van portlandcement, hoogovenslak en puzzolanen.*

Zand en grind zijn toeslagmaterialen die meestal in Nederlands beton worden gebruikt. Betonmortel bestaat uit ca. 75% uit toeslagmaterialen. Afhankelijk van de beschikbaarheid van deze materialen kunnen deze toeslagmaterialen worden vervangen door andere materialen zoals graniet, bariet, porfier, kalksteen, basalt, kwarts en betongranulaat. De sterkteklasse en toepassing kunnen er ook voor zorgen dat andere materialen als toeslagmateriaal worden gebruikt. Water wordt altijd gebruikt in betonmortel en zorgt

ervoor dat het chemische proces in werking wordt gebracht. Gebruik van andere toeslagmaterialen zorgt ervoor dat de dichtheid van beton kan variëren.

Bijvoorbeeld basalt is een hard materiaal en heeft een hoge dichtheid, waardoor de dichtheid van het beton ook een hoge dichtheid heeft. In de NEN-EN-206 wordt er onderscheid gemaakt tussen licht, normaal en zwaar beton:

- *Lichtbeton met een dichtheid van 800 - 2000 kg/m³;*
- *Normaal beton met een dichtheid van 2000 - 2600 kg/m³;*
- *Zwaar beton met een dichtheid groter dan 2600 kg/m³.*

Welke toeslagmaterialen er in het beton worden toegepast is afhankelijk van de gewenste prestaties van het beton. Het is projectafhankelijk aan welke eisen het beton moet voldoen en welke toeslagmaterialen ervoor benodigd zijn. Het project wordt ingedeeld in gevolgklassen. Hoe groter de gevolgen zijn als er iets misgaat met het bouwwerk, hoe hoger de gevolgklasse.

Zo is de gevolgklasse van een betonvloer in een hal minder streng dan een betonnen brugdek. Wel kan een betonvloer in een hal strenge eisen bevatten vanwege de aanwezigheid van bijvoorbeeld chemicaliën. Een betonnen brugdek komt in aanraking met strooizout en weersinvloeden. Mechanische (vervorming, druksterkte), chemische (verontreinigingen) en fysische (dichtheid, textuur, korrelvorm) eigenschappen bepalen de keuze van het toeslagmateriaal om een geschikt betonmengsel samen te stellen.

Na bewerking, breken, zeven en reinigen, kan gesloopt beton meestal worden hergebruikt als toeslagmateriaal in nieuw beton. Als meer dan 90% van het beton een volumemassa heeft van 2000 kg/m³ dan mag het betongranulaat worden genoemd. Er zijn kwaliteitseisen vastgelegd (CUR 112/ NEN-EN 206/ NEN 8005) in hoeverre betongranulaat als vervanger van grind in beton mag worden gebruikt. Een vervanging tot 30% van type A1 is in vrijwel alle betonconstructies toegestaan. Extra aandacht wordt gevraagd voor schoonbeton en betonconstructies die belast worden met dooizouten. De VOBN heeft een productinformatieblad betongranulaat 4/32 opgesteld waarin de kwaliteitseisen conform CUR112 en NEN5909 zijn vastgelegd. Naast de constructieve, technologische en uitvoeringsaspecten is ook gekeken naar de invloed van betongranulaat op de textuur en homogeniteit, warmteaccumulatie, geluid en emissies vanuit het materiaal.

Er zijn geen beperkingen om tot 50% betongranulaat als grindvervanger in beton te gebruiken, geldend voor sterkteklassen C12/15 tot en met C53/65, mits aan de volgende eisen wordt voldaan:

- *Gehalte aan beton conform NEN 5942 > 90%;*
- *Gehalte overig steenachtig conform NEN 5942 < 10%;*
- *Andere niet-steenachtige bestanddelen NEN 5942 < 0,5%;*
- *Lichte niet-steenachtige bestanddelen conform EN 1744-1 par. 14.2 < 0,1%;*
- *CUR-Aanbeveling 112 moet zijn overeengekomen tussen opdrachtgever en opdrachtnemer.*

Daarnaast moet het betongranulaat voorzien zijn van een KOMO-productcertificaat, waarin milieu hygiënische en technische specificaties zijn vastgelegd.

Een materiaal dat niet kan ontbreken bij het maken van beton is water. Water heeft twee belangrijke functies:

- *Hydratatie van het cement. Door het chemische proces tussen water en cement ontstaat cementsteen. Dit is een verhard steenachtig eindproduct.*
- *De verwerkbaarheid tijdens de uitvoering. Het zorgt ervoor dat betonmortel een bepaalde vloeibaarheid heeft, waardoor de mortel in een vorm gegoten kan worden.*

Als er te weinig water in het beton aanwezig is, dan is het beton te droog en is het lastig te storten. Als het beton te nat is dan zakken de zware materialen (grind) naar beneden en drijft het cement naar boven. Cement heeft zo'n 40% van zijn gewicht aan water nodig om de chemische reactie volledig te laten slagen. Het kan voorkomen dat de betonmortel dan slecht te gieten is. Daardoor wordt er in de praktijk vaak meer

water toegevoegd, zo'n 50% van het gewicht van het cement. Als er extra water aan het mengsel wordt toegevoegd ontstaan er poriën. Poriën in beton beïnvloeden de sterkte van het beton als er fors meer water wordt toegevoegd.

6 Betonketen

Naar aanleiding van de uitkomst van de dominantieanalyse gaat deze ketenanalyse over de cyclus van beton.

De cyclus bevat de volgende fases:

- *grondstoffen (winning)*
- *betonproductie*
- *ontwerp-/bouwfase*
- *gebruiksfase*
- *sloopfase.*

Bij uitbreiding gaat deze ketenanalyse ook over andere zaken dan enkel de aankoop en productie door de leverancier van de grondstof beton.

- *Het beton moet naar de bouwlocatie gebracht worden* > *upstream transport (4)*
- *Het beton wordt verwerkt in onze producten (gebouwen)* > *afval bij productie (5)*
- *De gebouwen worden gebruikt door de klant* > *gebruik van product (11)*
- *Het gebouw wordt uiteindelijk uit dienst genomen* > *end of life product (12)*

6.1 Grondstoffen (winning)

Bij het bouwen van betonconstructies moeten in de eerste plaats grondstoffen worden gewonnen om cement en beton te kunnen produceren. Cement fungeert als bindmiddel in beton. Voor de productie van cement kunnen verschillende grondstoffen worden gebruikt als gevolg van de verschillende types cement. Veel toegepaste grondstoffen in cement zijn hoogovenslak, klinker, vliegashoudend cement en gips.

6.2 Betonproductie

Om betonmortel te kunnen maken wordt er water, zand, grind en eventueel andere toevoegingen/hulpstoffen aan het cement toegevoegd. Projectafhankelijk kan ervoor worden gekozen om basalt, graniet, kwarts of kalksteen toe te voegen. Het water zorgt voor hydratatie van cement en dat het mengsel vloeibaar genoeg is om te kunnen transporteren. Het beton wordt met een betonmixer vervoerd. Dat is een speciale vrachtwagen die is uitgerust met een draaiende cilindervormige trommel waarin het mengsel zich bevindt. Het voortdurend in beweging houden van het mengsel zorgt ervoor dat de specie niet ontmengd en daardoor vloeibaar genoeg blijft om op de bouwplaats te kunnen storten. Om de CO₂-uitstoot te reduceren, streven wij ernaar het transport uit te voeren met behulp van een elektrische betonwagen. Daarnaast is de keuze voor lokaal gewonnen materialen in de betonproductie dit resulteert in een vermindering van de CO₂-uitstoot, doordat de transportafstanden korter zijn. Veel van deze grondstoffentransporten vinden plaats per binnenvaartschip in plaats van vrachtauto.

6.3 Ontwerp- en bouwfase

In de ontwerpfase wordt onderzocht welk materiaal er gebruikt kan worden, de eisen van de omgevingsfactoren, belastingen, uitstraling en functionaliteit zijn dan bekend. Ook is bekend aan welke eisen het beton moet voldoen. In de ontwerpfase van De Vries en Verburg liggen de beste kansen, omdat De Vries en Verburg mogelijkheden ziet om in de ontwerpfase te onderzoeken of gebouwen gerealiseerd kunnen worden met de juiste betonmengsel waarbij de CO₂-uitstoot het minste is.

Daarnaast willen we dat onze leveranciers van beton met de bedrijven waar zij de grondstoffen inkopen met elkaar samenwerken en overleggen om kennis met elkaar te delen, zodat we de uitstoot van het beton kunnen reduceren.

Tijdens de bouwfase wordt de betonmortel op de bouwplaats afgeleverd. Op de bouwplaats hebben bouwplaatsmedewerkers bekisting aangebracht en de wapeningsnetten op de juiste plaats in de constructie bevestigd. In de bekisting wordt de betonmortel aangebracht, verdeeld over de constructie en verdicht.

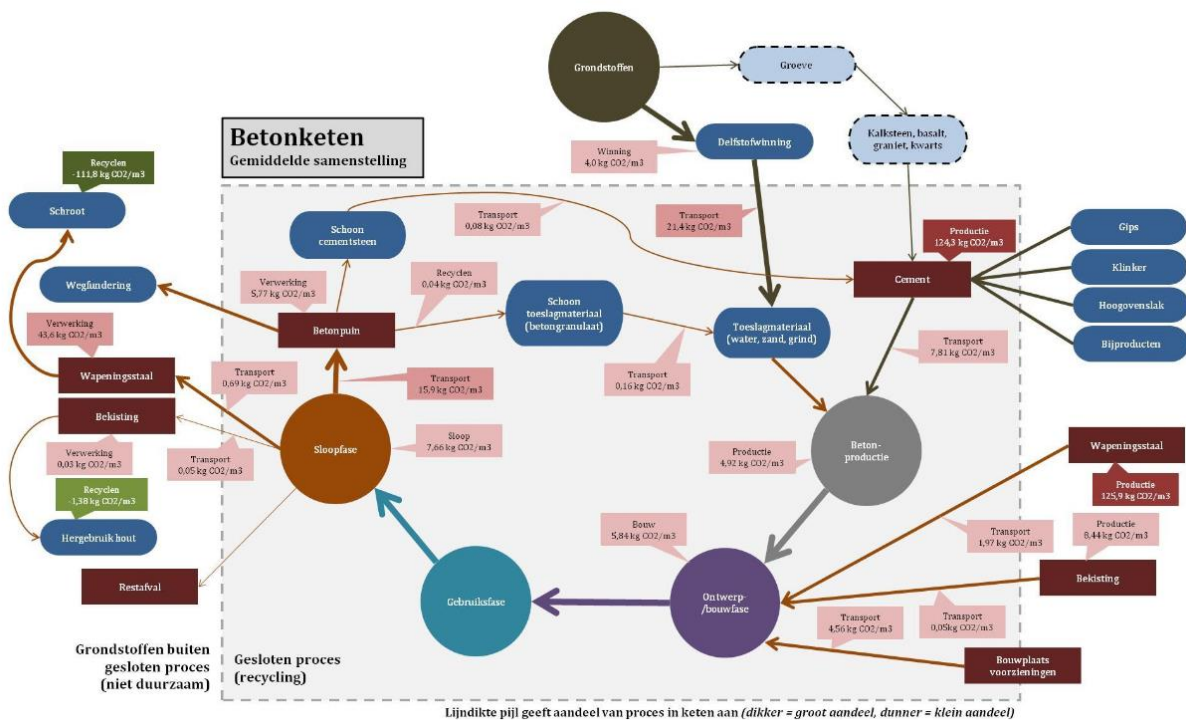
6.4 Gebruiksfase

In de gebruiksfase wordt doorgaans geen beton meer in de gebouwen verwerkt. In deze fase is er dus geen invloed op de betonketen.

6.5 Sloopfase

Op het moment dat de levensduur van het gebouw is verstreken breekt de sloopfase aan. De sloop wordt vaak gedaan door specialistische bedrijven die zich enkel richten op slopen en recycelen. Tijdens de sloop wordt de constructie ontmanteld en worden de grove materialen gescheiden in betonpuin, (wapenings)staal en restafval (bijv. vloerbekleding in gebouwen). Het grootste deel van het betonpuin wordt ingezet als wegfundering. Het minderdeel wordt als betongranulaat ingezet in nieuw beton. Innovaties maken het in de nabije toekomst mogelijk dat een klein deel kan worden gebruikt om schoon cementsteen terug te winnen, zodat het nogmaals kan dienen als cement in nieuw beton. Deze methode is nog sterk in ontwikkeling. Wapeningsstaal en stalen elementen worden verkocht aan staalproducenten, die smelten het weer en gebruiken het opnieuw voor de productie van halffabricaten of eindproducten. De Vries en Verburg heeft geen invloed op deze fase in de keten. Wel heeft zij er belang bij dat er zoveel mogelijk gerecycled wordt.

De levensloop van beton schematisch weergegeven:



7 Ketenganalyse

De betonketen is in samenwerking met onderstaande partijen onderzocht. De kernactiviteiten van De Vries en Verburg bevinden zich met name in de utiliteitsbouw en woningbouw.

- *Leveranciers: Betonleveranciers, betonproducenten*
- *Onderaannemers: Denk hierbij onderaannemers die een rol spelen bij de betonactiviteiten.*

De volgende bouwpartners leveren beton op onze bouwplaatsen. Dit kunnen partijen zijn die alleen natte beton leveren, leveranciers in prefabproducten en partijen die in onderaanneming natte beton leveren en verwerken. Met het opvragen van gegevens bij deze partijen kunnen we beter beeld krijgen wie de meeste beton bij ons levert en wat de samenstelling van dat beton is.

Leverancier	Inkoopwaarde in EUR
Leverancier I	-7.071.277,54
Leverancier II	-5.778.823,16
Leverancier III	-4.811.477,88
Leverancier IV	-2.952.511,76
Leverancier V	-2.722.697,19
Leverancier VI	-2.713.801,71
Leverancier VII	-2.261.748,61
Leverancier VIII	-1.384.381,81
Leverancier IX	-1.273.230,80
Leverancier X	-1.024.792,83
Leverancier XI	-543.192,58
Leverancier XII	-507.240,76
Leverancier XIII	-217.855,96

De eerste stap is om met bovenstaande leveranciers in gesprek te gaan met de inzet om meer detailgegevens te achterhalen. Dit zal worden gebruikt als vertrekpunt. De volgende stap is om samen met deze bouwpartners de CO₂-uitstoot op het gebied van verwerking van beton te reduceren.

8 CO₂ Productie

Bij de productie van beton wordt er CO₂ uitgestoten. We willen nagaan hoeveel dat is in de betonketen van De Vries en Verburg. Hiervoor moet weer gekeken worden naar de verschillende betonmengsels en welke uitstoot er in de keten plaatsvindt.

CO₂ productie gemiddeld betonmortelmengsel

Betonproducenten hebben duizenden verschillende betonmengsels in hun databases staan. Ieder betonmengsel heeft een andere CO₂-uitstoot tot gevolg. Om de CO₂-uitstoot van de meest voorkomende mengsels te berekenen wordt uitgegaan van het gemiddelde betonmortelmengsel volgens een onderzoeksrapport van CE-Delft: 'Update prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen 2016'.

Gemiddelde samenstelling betonmortel, betonproducten en alle beton in Nederland

Component	Gemiddelde samenstelling (kg/m ³)		
	Betonmortel	Betonproducten	Beton gemiddeld (gewogen)
Portlandcement CEM I*	59	199	119
Hoogovencement CEM III *	253	114	193
Rivierzand	787	870	823
Riviergrind	1.034	993	1.016
Betongranulaat	40	53	46
Poederkoolvliegias	6	16	10
Kalksteenmeel	0	36	16
Water	167	106	141
Gemiddeld totaal	2.346	2.386	2.363
Waarden berekend op basis Van gegevens van	VOBN	BFBN	

* In de bouw wordt ook andersoortig cement gebruikt (CEM II, IV en V). De inventarisatie door de betonbrancheverenigingen en is echter op het niveau CEM I en CEM III. Ook de milieu-gegevens die beschikbaar zijn, zijn beperkt tot CEM I en CEM III.

Met deze gegevens kan enkel de CO₂-uitstoot van de grondstoffen, betonproductie (excl. transport naar bouwplaats) en sloop van de betonconstructie (excl. wapening) worden berekend. Door het toevoegen van processen op de bouwplaats in de 'CUR-ontwerptool Groen Beton' is het wel mogelijk de CO₂-uitstoot van de gemiddelde betonmortel van de hele betonketen te berekenen. Hieronder behoren het transport, bekisting, wapening en aanvullende processen op de bouwplaats. In onderstaande tabel zijn aannames gedaan om een zo'n juist mogelijk beeld van de totale CO₂-uitstoot van de gemiddelde betonmortel te krijgen.

Onderdeel in proces	Definitie	Waarde
<i>Bouwplaats</i>	Betonmengsel of prefab	Betonmengsel
	Hoeveelheid	500 m ³
	Afvalpercentage	0,49%
	Transport betonmengsel naar bouwplaats	Gemiddelde truckmixer
<i>Bekisting</i>	Afstand naar bouwplaats	20 km
	Multiplex*	2500 kg
	Vurenhout*	2500 kg
<i>Wapening en metaal</i>	Ontkistingsmiddel	3 kg
	Soort	Wapeningsnet (FeB 500 HKN)
<i>Processen op bouwplaats</i>	Gewicht**	48500 kg
	Verdichten	500 m ³ met trilbalk
	Energie***	Elektriciteit 4000 kWh

* = aanname 37,5 kg/m², 50% multiplex/50% vurenhout

** = aanname 97 kg wapeningsstaal/m³ beton (+/- 1,25% wapening)

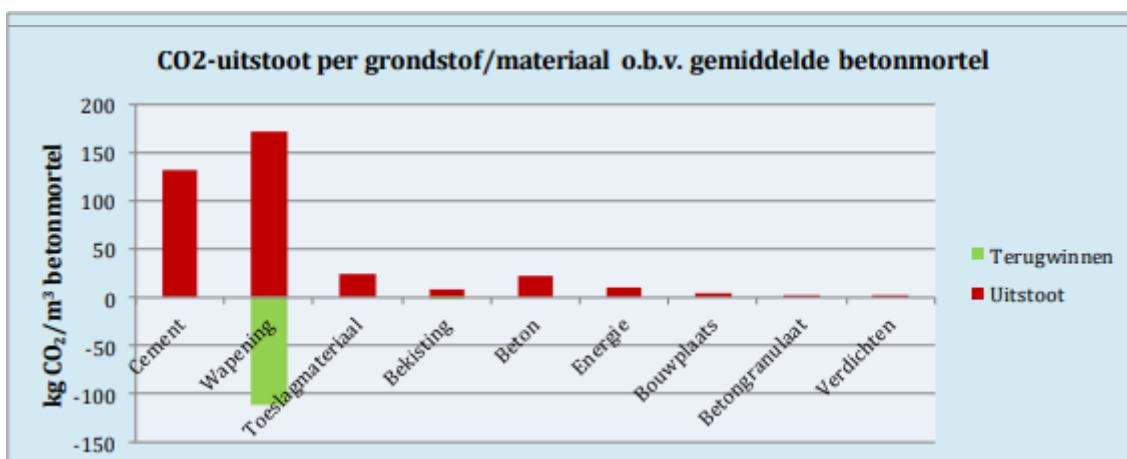
*** = aanname elektriciteitsverbruik bouwketen

¹ (CE-Delft, november 2016)

Het blijkt dat bij de productie van het cement de meeste CO₂ vrijkomt. Het vermoeden wordt hiermee bevestigd. Opvallend is dat er net zoveel CO₂ wordt uitgestoten bij de wapening in beton. Echter wordt 65% van de CO₂- uitstoot 'teruggewonnen', doordat in de sloopfase het wapeningsstaal uit de constructie kan worden gehaald en omgesmolten kan worden voor toepassing in andere industrieën. In de volgende tabel is weergegeven hoeveel kg CO₂ per m³ betonmortel er per materiaal en fase wordt uitgestoten.

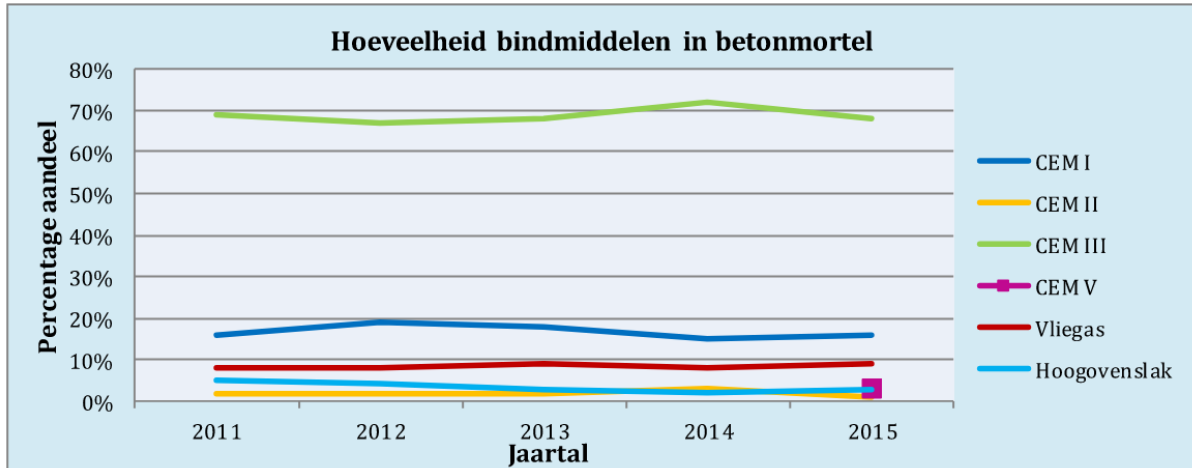
Fase		Materiaal	kg CO ₂ /m ³ betonmortel
A1	Productie	Toeslagmateriaal	3,96
		Cement	124,28
		Betongranulaat	0,04
A2	Transport	Cement	7,81
		Toeslagmateriaal	21,41
A3	Productie	Betongranulaat	0,16
		Energie	4,92
A4	Transport bouwplaats	Bekisting	0,05
		Wapening	1,97
		Bouwplaats	4,56
A5	Bouwproces/aanleg	Bekisting	8,44
		Wapening	125,88
		Verdichten	0,03
		Energie	5,81
C1	Sloop		
C2	Transport naar afvalverwerker	Bekisting	0,05
		Wapening	0,69
		Beton	15,94
C3	Afvalverwerking	Bekisting	0,03
		Beton	5,77
		Wapening	43,63
D	Afvalprocessen einde levenscyclus	Wapening	-111,77
		Bekisting	-1,38
TOTAAL			278,98

Op basis van de berekeningen m.b.v. de 'CUR-ontwerptool Groen Beton', kan inzichtelijk worden gemaakt hoeveel CO₂ er wordt uitgestoten tijdens het gehele proces (grondstofwinning tot sloop/recycling) en hoeveel CO₂ er wordt gereduceerd door hergebruik van materialen. Dit hebben we inzichtelijk gemaakt door te specificeren per grondstof/materiaal en per fase.



Om een vergelijking te kunnen maken hoe de betonmengsels die in de praktijk worden toegepast zich verhouden tot de gemiddelde samenstelling van betonmortel wordt de CO₂-uitstoot van de meest toegepaste bindmiddelen in beton berekend. Volgens de jaarlijkse benchmark van brancheorganisatie VOBN bestond iedere toegepaste m³ bindmiddel in 2015 voor 68% uit CEM III, 16% uit CEM I, 9% uit

vliegias en voor het overige deel uit hoogovenslak, CEM V en CEM II. In de verhoudingen van de toegepaste bindmiddelen in betonmortel de laatste vijf jaar niet is veranderd.

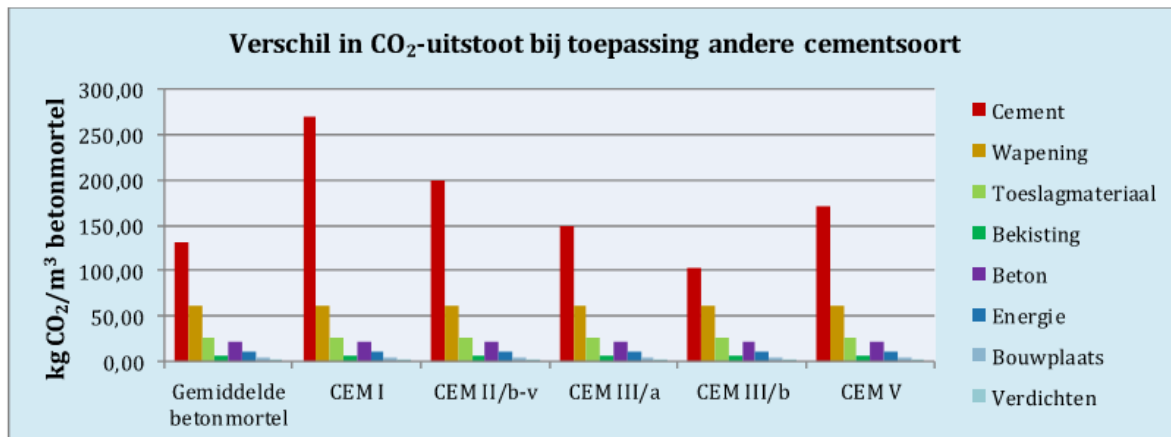


Op basis van betonmortelmengsels met CEM I, CEM II/b-v, CEM III/a, CEM III/b en CEM V wordt een vergelijking gemaakt van de CO₂-uitstoot in de betonketen. De hoeveelheden zand, grind en water is in ieder mengsel hetzelfde en heeft hetzelfde soortelijk gewicht als de gemiddelde betonmortel. In de tabel is de samenstelling van de betonmortel weergegeven. De samenstelling van het cement heeft invloed op de CO₂-uitstoot in het betonmengsel. Er kunnen veel verschillende cementsamenstellingen zijn binnen hetzelfde cementtype, omdat er een bepaalde range per cementgrondstof is vastgesteld. Dat is in de tabel die erop volgt weergegeven.

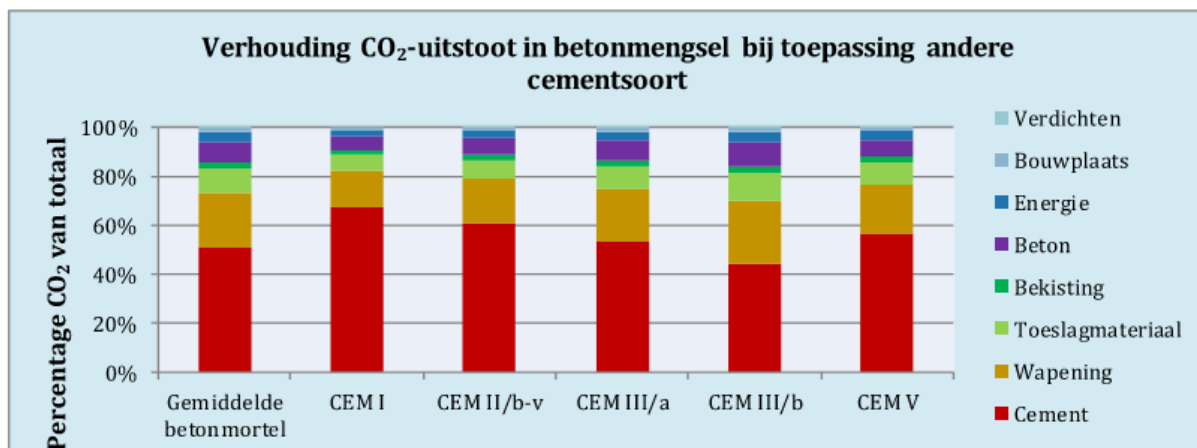
Samenstelling	Hoeveelheid [kg/m ³ betonmortel]
Cement	318
Rivierzand	800
Riviergrind	1.061
Water	167
Gemiddeld totaal	2.346

Naam	Betekenis	Samenstelling (in %)		
		Portlandcement-klinker	Hoogovenslak	Vliegias
CEM I	Portlandcement	100%		
CEM II/b-v	Portlandvliegiascement	65-79%		21-35%
CEM III/a	Hoogovencement	35-64%	36-65%	
CEM III/b	Hoogovencement	20-34%	66-80%	
CEM V	Composietcement	40-64%	18-30%	18-30%

De verschillende betonsamenstellingen op basis van variatie in cementtype leiden tot een verschil in CO₂-uitstoot van het mengsel. Volgens Prof. K. Sakai is portlandcement wereldwijd goed voor 5-7% van de CO₂- uitstoot. In Nederland ligt dat op ongeveer 1%, dankzij het gebruik van klinkerarm cement. Met behulp van de 'CUR-ontwerptool Groen Beton' is een vergelijking tot stand gekomen, waarin is berekend welke mengsels het meest 'groen' zijn en hoeveel ze onderling afwijken van elkaar als het gaat om CO₂-uitstoot. Daar wordt bevestigd dat het veel toepassen van portlandcement een grote bijdrage kan hebben bij de wereldwijde CO₂-uitstoot. In het volgende figuur is het aantal kg CO₂ per m³ betonmortel weergegeven, waarbij het type cement de bepalende factor is van de totale CO₂-uitstoot van het beton.



De onderstaande figuur laat de verhoudingen van de CO₂-uitstoot tussen de processen zien.



In beide figuren is het gehele proces van grondstofwinning tot sloop meegenomen in de berekening.

Samengevat kan worden gezegd dat het cementtype van grote invloed is op de CO₂-uitstoot van het beton en het gehele project. In onderstaande tabel zijn de afwijkingen t.o.v. de gemiddelde toegepaste cementtype weergegeven. CEM I blijkt de meest milieubelastende variant te zijn, en CEM III/b de meest groene variant als het gaat om veelgebruikte cementtypen.

Cementtype	kg CO ₂ /m ³ betonmortel	% t.o.v. basis
Gemiddelde betonmortel (<i>basis</i>)	132,09	100%
CEM I	269,35	204%
CEM II/b-v	199,24	151%
CEM III/a	149,25	113%
CEM III/b	103,21	78%
CEM V	171,88	130%

9 CO₂ Reductie en doelstelling

In het algemeen kunnen we stellen dat er verschillende mogelijkheden zijn om de CO₂-uitstoot van beton te reduceren. Hieronder zullen we dieper op het reduceren van CO₂-uitstoot ingaan.

9.1 Reductie

Betongranulaat in nieuw beton is niet de enige oplossing om CO₂-uitstoot te reduceren. Er vinden diverse innovatieve ontwikkelingen plaats. In deze ketenanalyse zijn een aantal andere interessante ontwikkelingen meegenomen als mogelijke maatregel. De genoemde innovaties kunnen CO₂-uitstoot terugdringen.

CO₂ als reductiebron

CarbonCure is erin geslaagd een technologie te ontwikkelen waarbij reeds uitgestoten CO₂ teruggebracht wordt in beton. Koolstofdioxide wordt vanuit een tank in gasvorm tijdens het productieproces in het beton geïnjecteerd. Uit onderzoek is gebleken dat door het toepassen van CO₂ in beton de kwaliteit aanzienlijk verbeterd. Dit heeft als gevolg dat er minder cement toegepast hoeft te worden om dezelfde sterkte te bereiken.

Reactievergelijking

Door het toevoegen van CO₂ vindt er een extra chemische reactie plaats in het productieproces van het beton. Door deze reactie wordt de CO₂ vastgelegd in het beton in de vorm van kalksteen. Dit betekent dat bij het breken van een betonconstructie aan het einde van de levensduur, deze CO₂ niet meer vrijkomt. Op die manier wordt CO₂ gebruikt als grondstof, die niet meer teruggewonnen wordt.

Daadwerkelijke CO₂-reductie

Er wordt met deze methode CO₂ gereduceerd door CO₂ die reeds uitgestoten is toe te passen als grondstof en door het cement dat niet toegepast hoeft te worden als gevolg van het toepassen van CO₂. Bij het injecteren van 593 gram CO₂ in één kuub beton wordt er twintig keer zo veel CO₂ bespaard dankzij het niet toepassen van het cement. Dit houdt in dat er nog eens 11.866 gram CO₂ bespaard wordt. Echter brengt het vernieuwde proces wel extra werkzaamheden met zich mee. Zo moet de CO₂ opgevangen worden en getransporteerd naar de locatie waar het verwerkt zal worden. Dit brengt een verlies van 119 gram CO₂ per geproduceerde kuub met zich mee. Bij elkaar opgeteld is de CO₂-reductie per kuub beton 12.341 gram. Op basis van de gemiddelde betonmortelsamenstelling die is gegeven in het onderzoeksrapport van CE-Delft kan hieruit opgemaakt worden dat er 9% cement bespaard kan worden. In combinatie met de andere bovengenoemde factoren komt dit uit op een besparing van 4,7% CO₂-uitstoot op het volledige ketenproces per kuub beton.

Nadelen

Er moet gewaarborgd worden dat door middel van het grootschalig toepassen van hoogovenslak en vliegas in geopolymeerbeton er geen schaarste optreedt in deze producten. Dit zou namelijk kunnen leiden tot een toename van het gebruik van portlandcementklinker in traditioneel beton, waardoor de CO₂-uitstoot weer toeneemt. Over de constructieve eigenschappen van geopolymeerbeton en de ontwikkeling daarvan in de tijd is nog veel onzekerheid. Ook over de bescherming van wapening in geopolymeerbeton zijn nog de nodige vragen. Geopolymeerbeton is door het hoge gehalte aan alkaliën ook niet circulair toe te passen.

Het is alleen nog geschikt als fundatiemateriaal of als betongranulaat in nieuw geopolymerbeton. Als deze problemen opgelost zijn is het een product waarmee de grootste uitstootbron binnen het beton vervangen kan worden wat een enorme CO₂-reductie op kan leveren.

Solidia-cement

Het toepassen van Solidia-cement kan een CO₂ besparing opleveren. Solidia Technologies heeft een alternatief cement ontwikkeld op basis van Wollastoniet (CaSiO₃), een calciumsilicaat. Het Solidia-cement vormt beton met dezelfde ingrediënten als Portlandcement. Alleen de uithardingsreactie is een carbonatatiereactie met CO₂.

Er zijn twee grote bijkomende voordelen. Het cement reageert met CO₂ in plaats van water. Hierdoor hoeven er dus geen grote hoeveelheden water toegevoegd te worden. Als tweede heeft het Solidia-beton de 28 dagen sterkte al na 24 uur bereikt. Mits de carbonatatiereactie bij een temperatuur van 40 tot 60 graden Celsius plaatsvindt. Hierdoor kan snel ontkist worden en worden bouwprocessen niet opgehouden en kan dit in veel gevallen zelfs versneld worden.

Doordat het cement in dezelfde installaties als het portlandcement gemaakt kan worden hoeven er weinig aanpassingen op de markt plaats te vinden. Dit zou de overgang kunnen vergemakkelijken. Solidia-cement wordt met een lagere temperatuur geproduceerd en er komt minder CO₂ vrij bij de productie. Dit samen geeft al een reductie van ongeveer 30% ten opzichte van de productie van portlandcement. Dan is er ook nog de CO₂ die opgenomen wordt in het beton. Hiermee wordt tot 300kg CO₂ per ton cement opgenomen in het beton. Er zijn al testen uitgevoerd met het op grote schaal produceren van Solidia-cement. Deze testen zijn geslaagd. Op dit moment is de uitdaging om het cement ook daadwerkelijk toe te passen. De mogelijkheden zijn op dit moment beperkt tot niet constructieve toepassingen.

Advanced Dry Recovery (ADR)

Er zijn op dit moment verschillende innovaties gaande op het gebied van het terugwinnen van materialen/grondstoffen uit het beton dat aan het einde van zijn levensduur is. Traditioneel wordt het beton gebroken tot een aantal gangbare gradaties. Het wapeningsstaal wordt op dat moment gescheiden en hergebruikt. Het overgebleven gebroken betonpuin kan hergebruikt worden als wegfundatie en kan toegepast worden als grindvervanger in nieuw beton.

De ADR wordt ontwikkeld door een Europese samenwerking van partijen in verschillende segmenten in de betonketen. Zo zijn producenten, aannemers, eindverwerkers, kennisinstellingen en overheden betrokken bij de ontwikkeling van deze technologie. De technologie is gebaseerd op het verschil in kinetische energie van een object. Gebroken puin met een fractie 0-16 kan door deze techniek gescheiden worden in de gradaties 0-4 en 4-16. Dit gebeurt in een vochtige omgeving en hierdoor komt er dus geen schadelijk stof vrij. De gradatie 4-16 is zeer geschikt om als grindvervanger toegepast te worden in nieuw beton. Dit vanwege de kleine hoeveelheid fijn toeslagmateriaal. Hierdoor neemt de waterbehoefte minder toe. Voor de gradatie 0-4 is er een andere toepassing. Er wordt onderzocht naar hoe deze fractie de fijne toeslagmaterialen kan vervangen en misschien zelfs als alternatief voor cement. Hiervoor wordt het materiaal eerst gedroogd en daarna nog fijner gemalen. Hierdoor komt ongehydrateerd cement vrij. Uit proeven is gebleken dat er inderdaad cement bespaard kan worden door het toepassen van het materiaal uit de ADR.

SmartCrusher

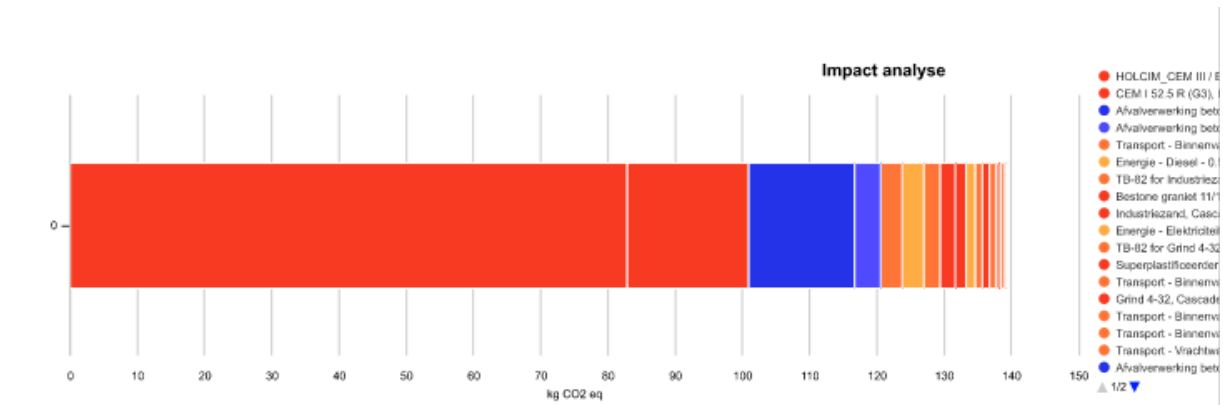
Materialen hebben verschil in druksterkte. Zand en grind hebben een veel hogere druksterkte dan cement. Dit is de variabele in het materiaal waarvan gebruik gemaakt wordt om het te kunnen scheiden. In plaats van door alles heen te breken oefent de SmartCrusher gedoseerd druk uit op het materiaal. Hierdoor breken alleen de cementen van het toeslagmateriaal af. Het resultaat is een schoon grind en zand dat hoogwaardiger toegepast kan worden dan grind en zand dat afkomstig is van winlocaties. Het andere product is het cement dat veel lichter is en door middel van luchtstromen afgevangen kan worden. Dit cement heeft zijn bruikbaarheid ook al bewezen. Door de SmartCrusher hoeft er veel minder klinker te worden geproduceerd. Het ongehydrateerde cement dat nog aanwezig is in oud beton loopt op tot zo'n 40 à 50%.

9.2 Doelstelling

De Vries en Verburg stelt volgend doel vast voor deze ketenanalyse:

De Vries en Verburg wil de CO₂-emissie, en als gevolg daarvan ook de CO₂-reductie, op een betrouwbare wijze in beeld brengen. Daarvoor wordt bij leveranciers vooraf gevraagd om aan het einde van ieder

kalenderjaar een GWP- en MKI-berekening te maken over het totaal geleverde volume. Hiervoor is een tool ontwikkeld door de betonmarkt, Ontwerptool Groen Beton, waarmee alle emissies worden gewogen en omgerekend naar CO₂-eq.



Analyse GWP-berekening Leverancier 2023 over alle mengsels

Als norm hanteren we hiervoor de uitkomst van GBC over 2022, een Global warming (GWP) van 150 (incl. Module D) in kg CO₂ eq, met als verbeterdoelstelling een reductie van 35% in 2027. Deze reductiedoelstelling (en normstelling) sluit aan op de bedrijfsdoelstelling.

Naast het jaarlijks achteraf meten, zullen de afdelingen projectleiding en planontwikkeling worden geïnstrueerd hoe zij sturing kunnen geven aan de hoogte van het GWP.

10 Bronvermelding

GMB. (2019, april) Ketenanalyse Beton. Geraadpleegd op 07 november 2024, van <https://cdn.i-pulse.nl/gmb-website/userfiles/CO2-Prestatieladder/ketenanalyse-beton-gmb-2019-definitief.pdf>

CE Delft (2016, november) Update prioritering handelsperspectieven verduurzaming betonketen 2016. Geraadpleegd op 07 november 2024, van https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_2G75_Update_prioritering_handelingsperspectieven_verduurzaming_betonketen_2016_Def.pdf

Ondertekening:

De Vries en Verburg

7 november 2024

Een ondertekend exemplaar ligt ter inzage op kantoor.