

Memo

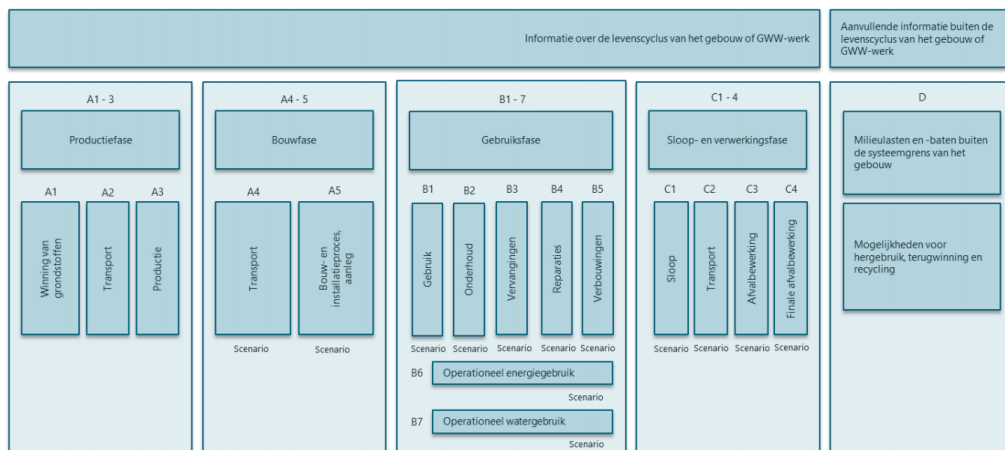
onderwerp Rijkswaterstaat - Update Ketenanalyse viaduct N261/A59 **datum** 7 mei 2021
bestemd voor Rijkswaterstaat
ter attentie van Jan Klein Kranenburg **referentie** 205111_M_CRN_0158
opgesteld door Carla Rongen, Kamiel Jansen **projectnummer** 205111
gecontroleerd door Christine Wortmann

1 Inleiding

In deze memo lichten we de update van de bestaande ketenanalyse van Rijkswaterstaat van het viaduct N261/A59 toe. Rijkswaterstaat heeft besloten om de bestaande ketenanalyse uit 2017 te laten actualiseren en de update te laten uitvoeren door Primum. Deze memo beschrijft de werkwijze en de resultaten van deze update. Het doel van deze opdracht is een actualisatie van het inzicht over de CO₂-impact en waar de belangrijkste reductiekansen liggen bij een viaduct, waarbij er gebruikt wordt gemaakt van de meest recente gegevens m.b.t. tot de CO₂ emissies.

Deze ketenanalyse omvat de vier fasen van een product/project:

- Wining, productie en constructiefase (A);
- Gebruiksfase / onderhoudsfase (B): buiten de beschouwing gelaten vanwege de geringe impact;
- Einde levensfase / sloop en afvalverwerkingsfase (C);
- Winst buiten de scope door recycling / hergebruik (D).



Figuur 1 Levenscyclusfasen

2 Werkwijze

Om zoveel mogelijk inzicht te verkrijgen in de verschillen tussen de oude en de geactualiseerde ketenanalyse, is besloten om te werken vanuit het basis-bestand van de oude ketenanalyse



opgesteld door Arcadis. Dit betrof een Excel-bestand¹. Hier is een extra tabblad aan toegevoegd: “Beton overzicht – update Primum”. In dit tabblad zijn voor ieder gebruikt materiaal, materieel en transport de meest actuele data m.b.t. CO₂-uitstoot opgenomen. Door met deze nieuwe cijfers de berekening opnieuw uit te voeren, zijn de nieuwe cijfers van de ketenanalyse berekend. De resultaten hiervan staan in onderstaande paragraaf.

Voor de data is de meest actuele versie van de nationale Milieudatabase gebruikt (versie 3-1-2021). Al de resultaten zijn weergegeven in kilogram CO₂-equivalenten.

3 Resultaten

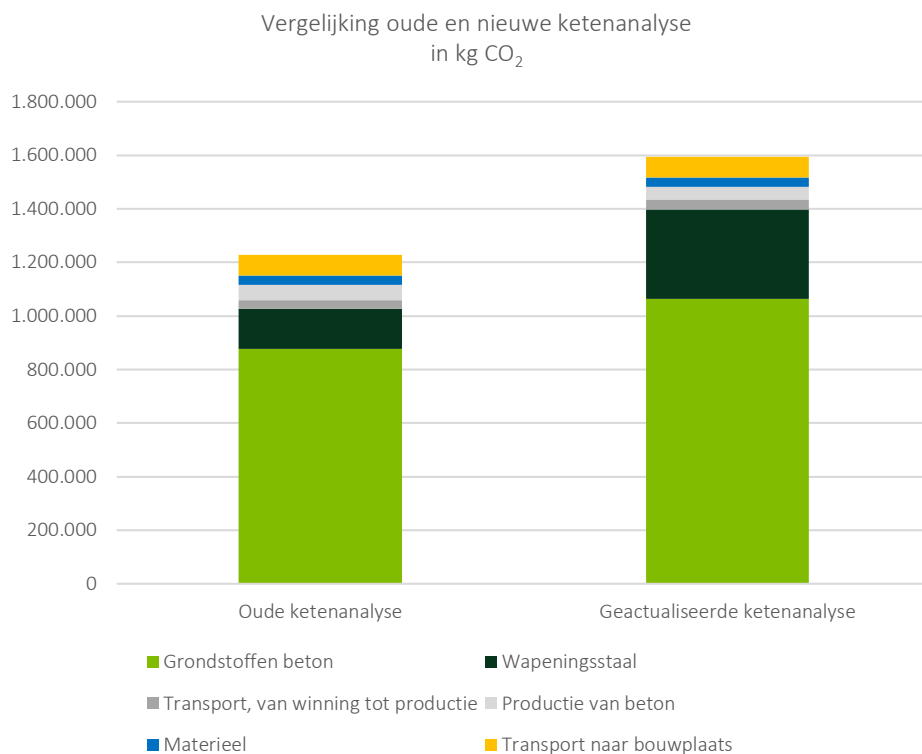
3.1 Resultaten ketenanalyse

Om inzicht te krijgen in de verschillen tussen de oude en de geactualiseerde ketenanalyse, zijn eerst de resultaten op hoofdlijnen met elkaar vergeleken, zie tabel 1:

Onderdeel	Oude analyse (kg CO ₂)	Geactualiseerde analyse (kg CO ₂)	Vershil (kg CO ₂)
Grondstoffen totaal bestaande uit:	1.025.425	1.398.732	+373.308
• Grondstoffen beton	876.277	1.064.908	+188.631
• Wapeningsstaal	149.148	333.824	+184.676
Transport, van winning tot productie	34.382	35.539	+1.157
Productie van beton	56.194	48.839	-7.355
Materieel	33.916	33.916	-
Transport naar bouwplaats	77.825	77.825	-
TOTAAL	1.227.742	1.594.850	+367.109

Tabel 1: Resultaten van de oude en geactualiseerde ketenanalyse, inclusief de verschillen

¹ Document naam: Rekenblad CO₂-ketenanalyse viaduct N261A59 20170223 definitief



Figuur 2: Grafiek met de resultaten tussen de oude en geactualiseerde ketenanalyse

De geactualiseerde ketenanalyse laat in de uitstoot van CO₂ een toename van 367.109 kg zien, wat overeenkomt met een toename van 30%. Deze verschillen worden met name veroorzaakt door grote verschillen in de grondstoffen, door zowel cement en toeslagstoffen als staal, als gevolg van nieuwe conversiefactoren en het nader uitsplitsen van de milieuimpact tijdens de winning enerzijds en de milieuwinst bij einde levensduur door recycling anderzijds. Een analyse van deze meest materiële impact is beschreven in onderstaande paragraaf.

3.2 Resultaten meest materiële impact

Een verdere analyse van deze meest materiële impact, zoals benoemd in bovenstaande paragraaf, laat zien welke grondstoffen hieraan ten grondslag liggen. Zie tabel 2.

Onderdeel	Oude ketenanalyse (kg CO ₂)	Geactualiseerde ketenanalyse (kg CO ₂)	Vershil (kg CO ₂)
CEM I 52,5 R	143.211	194.432	+51.221
CEM III/A 52,5 N	578.512	599.500	+20.988
CEM III/B 42,5 N	91.516	110.329	+18.813
Poederkoolvliegass*	1.176	0	-1.176
Gegranuleerd hoogovenslak	636	33.826	+33.190
Zand	13.295	30.580	+17.285

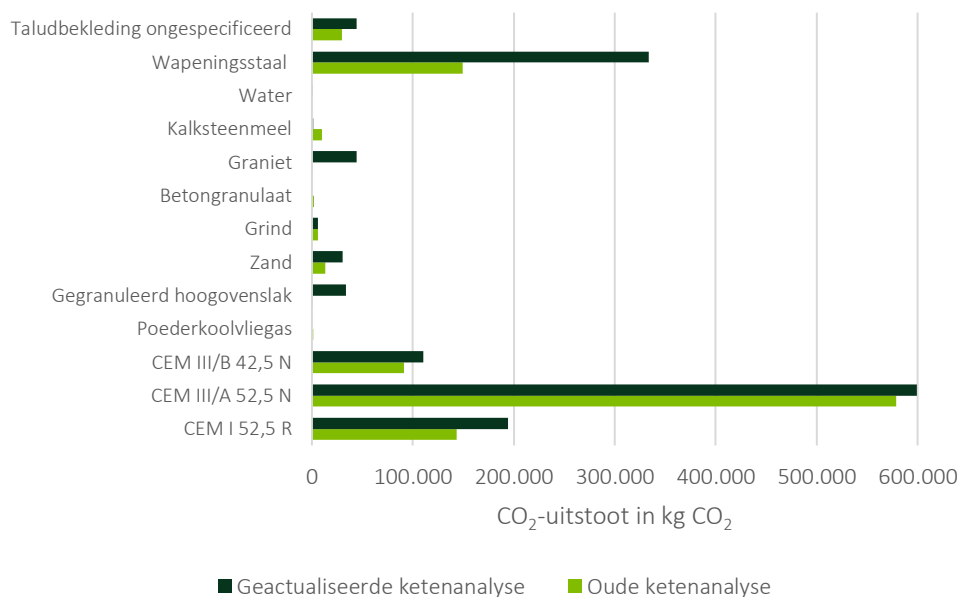


Onderdeel	Oude ketenanalyse (kg CO ₂)	Geactualiseerde ketenanalyse (kg CO ₂)	Vershil (kg CO ₂)
Grind	5.691	5.661	-30
Betonggranulaat*	1.949	0	-1.949
Graniet	340	44.262	+43.922
Kalksteenmeel	10.227	1.553	-8.674
Water	0	501	+501
Wapeningsstaal	149.148	333.824	+184.676
Taludbekleding ongespecificeerd	29.722	44.264	+14.542
TOTAAL	1.025.423	1.398.732	+373.309

Tabel 2: Resultaten ketenanalyse van meest materiële impact: Grondstoffen (cement, toeslagstoffen en wapeningsstaal).

* Poederkoolvliegias en betongranulaat worden in de nieuwe methode gezien als 100% secundair waardoor deze aan de inputzijde op 0 impact worden gewaardeerd, omdat de CO₂-impact wordt toegerekend aan de vorige levensfase.

CO₂-uitstoot per grondstof



Figuur 3: Grafiek met de CO₂-uitstoot per grondstof

3.3 Verklaring toename impact

De grootste toename is toe te wijzen aan wapeningsstaal (toename van 184.676 kg CO₂). Dit wordt veroorzaakt doordat in de eerdere analyse het profiel uit DuboCalc werd gebruikt. Dit profiel was echter niet alleen voor de productie van betonstaal maar ook inclusief fase C2-D



(einde levensfase en milieuwinst doordat het staal voor 99% wordt gerecycled). Hierdoor had het eerder gebruikte profiel een stuk lagere CO₂-impact.

De rest van de verschillen is met name toe te wijzen aan cement, gegranuleerd hoogovenslak, zand, graniet en kalksteenmeel. Dit is te verklaren door een update in de nieuwe data die gebruikt is bij het berekenen van de CO₂ in de [NMD](#) en de achterliggende [Ecoinvent](#) database (update van 3.3 naar 3.5). Hierdoor hebben de volgende verschuivingen plaats gevonden per grondstof:

- Cement: bijvoorbeeld CEMI, gestegen van 0,818 naar 1,10 kg CO₂/kg product
- Gegranuleerd hoogovenslak: gestegen van 0,011 en 0,067 naar 0,59 kg CO₂/kg product
- Zand: bijvoorbeeld industriezand, gestegen van 0,0051 naar 0,012 kg CO₂/kg product
- Graniet: gestegen van 0,0075 naar 0,97 kg CO₂/kg product
- Kalksteenmeel: gestegen van 0,0372 naar 0,0056 kg CO₂/kg product
- Water was niet meegenomen in de oude ketenanalyse hier is nu wel de CO₂-uitstootaan gekoppeld van 0,000337 kg CO₂/kg product
- Daarnaast hebben er ook kleine verschillen opgetreden in de brondata van de CO₂ [emissiefactoren](#).

4 Nieuwe ketenanalyse, inclusief gebruiksfasen C en D

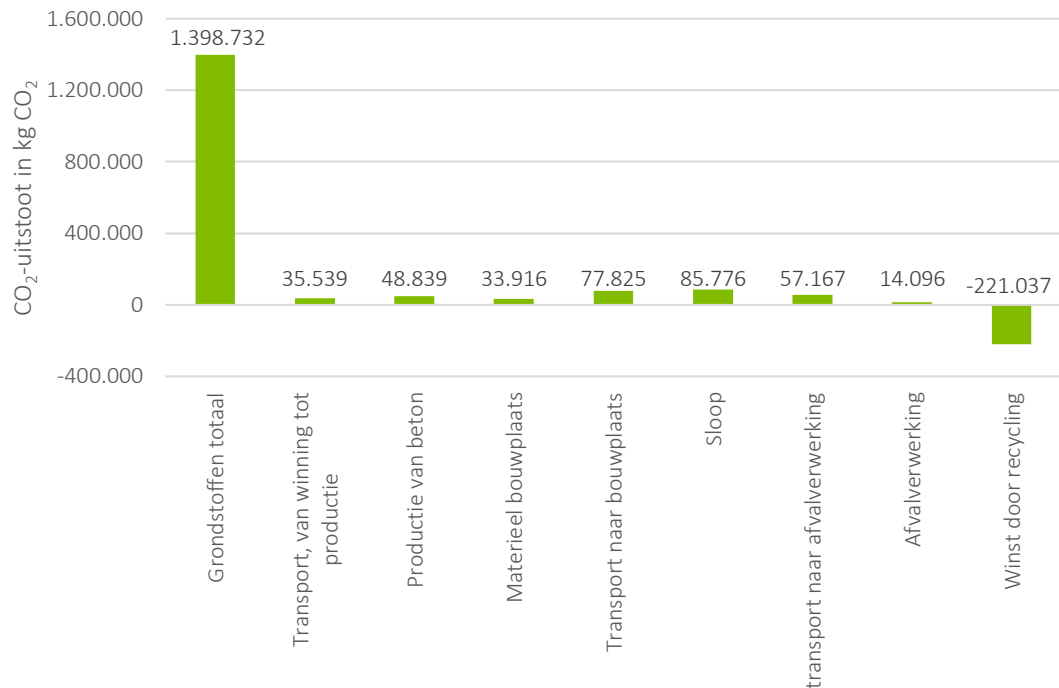
Een volledige ketenanalyse omvat de vier gebruiksfasen van een product: Winning grondstoffen tot de constructiefase(A), Gebruiksfase (B), Sloopfase (C) en Hergebruiksfase (D). Gezien het feit dat de oude ketenanalyse (deels) is gebaseerd op de fasen A en B, en sommige delen van de ketenanalyse deels dus fase C en D missen, is dit extra hoofdstuk aan deze memo toegevoegd. In tabel 3 wordt de keten in deze volledige omvang besproken.

Onderdeel	Geactualiseerde ketenanalyse (kg CO ₂)	% van de impact
Grondstoffen totaal	1.398.732	80%
Transport, van winning tot productie	35.539	2%
Productie van beton	48.839	3%
Materieel	33.916	2%
Transport naar bouwplaats	77.825	4%
Sloop	85.776	5%
Transport naar afvalverwerking	57.167	3%
Afvalverwerking	14.096	1%
Winst door recycling	-221.037	-13%
Totaal	1.530.853	

Tabel 3: Geactualiseerde Ketenanalyse Viaduct, CO₂-impact per fase , inclusief fasen C en D



CO₂-impact, per fase geactualiseerde ketenanalyse viaduct



Figuur 4: grafiek met de CO₂-impact per fase incl. fase C1-D

In de tabel en de grafiek is te zien dat totale CO₂-uitstoot op 1.530.853 kg CO₂ uitkomt. Als de milieuwinst aan het einde levensfase door recycling (Module D) niet mee genomen wordt, komt de totale CO₂-uitstoot op 1.751.890 kg CO₂ eq.

5 Impact per onderdeel van het viaduct

Bij de beschouwing van het viaduct op onderdeel-niveau, is in de ketenanalyse ook CO₂ toegewezen aan ieder separaat onderdeel van het kunstwerk. In tabel 4 zijn deze cijfers uiteengezet. Dit kan mogelijk interessante data zijn bij het aspect CO₂-reductie van ontwerpprocessen van eventuele volgende viaducten.

Onderdeel	CO ₂ -uitstoot (in kg CO ₂)	% van de impact
Funderingsconstructie	193.920	13%
Landhoofd	115.771	8%
Frontwanden	28.711	2%
Poer	41.677	3%
Pijlers	55.793	4%
Tussensteunpunt (onderslagbalken)	85.141	6%



Onderdeel	CO ₂ -uitstoot (in kg CO ₂)	% van de impact
Prefab liggers	778.979	51%
Langsvoegen kokerliggers (stortstroken)	102.895	7%
Vleugelwanden	13.326	1%
Taludbekleding	52.524	3%
Schampkanten	21.613	1%
Stootplaten	40.505	3%
Totaal	1.530.854	100%

Uit deze tabel is te zien dat met 52% het overgrootste deel van de CO₂-impact door de prefab liggers wordt veroorzaakt. Opvolgend heeft de funderingsconstructie met 13% de grootste impact. Dat de prefab liggers de grootste impact hebben is goed verklaren doordat deze met 1.900 m³ ook verreweg het grootste volume hebben.

6 Conclusie

De geactualiseerde ketenanalyse van het viaduct N261/A59 geeft een totaal CO₂-uitstoot van 1530.853 kg, dit laat een toename zien van 303.112 kg CO₂ ten opzichte van de eerdere CO₂-analyse. Dit verschil heeft de volgende oorzaken:

1. Een toename van 367.109 kg (29,9%) is toe te wijzen aan de actualisatie van de gebruikte CO₂-data voor de verschillende processen en materialen.
2. Doordat de levenscyclusfases niet volledig in de vorige analyse stonden is daar een verschil ontstaan. Als deze fases wel meegenomen worden is het verschil:
 - Sloopfase: 85.776 kg CO₂
 - Transport van slooplocatie naar afvalverwerking: 57.167 kg CO₂
 - Afvalverwerking: 14.096 kg CO₂
 - Winst door recycling: -221.037 kg CO₂.

Doordat met name het betonstaal/wapeningstaal gerecycled kan worden, levert dit een grote minwaarde op in de CO₂-uitstoot. Dit is echter een rekenkundige (fictieve) minwaarde berekend conform de bepalingmethode van de LCA methodiek. Daarom is hij hier los weergegeven en niet gesaldeerd met de berekende uitgestoten emissies. Deze CO₂ winst vindt pas aan het einde van de levensloop van het product plaats, wat ver in de toekomst is. Het is dus discutabel om deze winst met de CO₂-impact van nu te berekenen, ook omdat toekomstige besparing onzekerheden met zich meebrengen.

Verreweg de grootste CO₂-impact vindt plaats bij de winning en de productie van de grondstoffen (fase A). De grootste impact, kijkend naar de onderdelen waaruit het viaduct is opgebouwd, zit in de volgende drie onderdelen:

- Prefab liggers (51%)
- Funderingsconstructie (13%)
- Landhoofd (8%)



In de ketenanalyse uit 2017 bleek tevens de grootste CO₂-impact plaats te vinden bij de winning en productie van grondstoffen (fase A). De prefab liggers waren daarbij ook verantwoordelijk voor de grootste CO₂-uitstoot, kijkend naar de onderdelen van het viaduct. Deze update heeft dan ook niet geleid tot een ander inhoudelijk inzicht over waar de impact en verbeterkansen zitten ten opzichte van de vorige analyse.

7 Onzekerheden

Van de volgende viaduct onderdelen is er bij de gegevensverzameling geen informatie gevonden over de hoeveelheid wapeningsstaal:

- Prefab liggers
- Vleugelwanden
- Stootplaten

De wapening van deze onderdelen kan echter aanzienlijk zijn.. Afhankelijk van de constructie kan dat oplopen tot ruim 150 kg per m³. Deze wapening is nu niet meegenomen, maar zou een behoorlijke impact op het geheel kunnen hebben, met name omdat de prefab liggers het grootste onderdeel van de constructie zijn.

Als er uit wordt gegaan van 150 kg per m³ voor die drie onderdelen komt dat neer op in totaal: 303.450 kg wapeningstaal. Voor de grondstof en productiefase (fase A1-3) is dat gelijk aan 616.699 kg CO₂-uitstoot.



Bijlage 1 Gebruikte profielen

Bijbehorende CO₂-emissiefactoren voor winning materialen in kg CO₂/kg materiaal

Materialen (winning grondstoffen)	Item in database	CO ₂ -emissiefactor in kg CO ₂ /kg materiaal
CEM I	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)	1,110565319
CEM III-B	0350-fab&Cement, CEM III/B (o.b.v. CEM III/B 42.5 N)	0,35685
Gemiddeld cement	Cement, unspecified {Europe without Switzerland} cement, all types to generic market for cement, unspecified Cut-off, U	0,788815919
CEM I Cement	CEM I 42.5 N (G1), ENCI / HeidelbergCement, c1	0,78
CEM I 52,5 R	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)	1,110565319
Poederkoolvliegias	Poederkoolvliegias (1997) (= 0-waarden; onderbouwd niet gealloceerd)	0
Gegranuleerde hoogovenslak	Gegranuleerd hoogovenslag, in Europa geproduceerd en ten behoeve van levering op de Nederlandse markt - Staalfederatie (A1-3) cat.2	0,592
Gegranuleerde hoogovenslak	Gegranuleerd hoogovenslag, in Europa geproduceerd en ten behoeve van levering op de Nederlandse markt - Staalfederatie (A1-3) cat.2	0,5924
Zand	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO} market for Cut-off, U)	0,0117
Zand	Zand 0-4, in en nabij Nederland geproduceerd door Cascade-leden (A1-A3), c2	0,00256
Grind (kg/m ³)	Grind 4-32, in en nabij Nederland geproduceerd door Cascade-leden (A1-A3), c2	0,0019



Grind (kg/m ³), gravel	0193-fab&Grind (o.b.v. Gravel, round {RoW}) market for gravel, round Cut-off, U)	0,011438141
Betongranulaat (kg/m ³)	0157-fab&Betongranulaat (= 0-waarden want 'vrij van milieulast')	0,0000
Betongranulaat	0157-fab&Betongranulaat (= 0-waarden want 'vrij van milieulast')	0
Graniet (kg/m ³)	0232-fab&Natuursteen, graniet, hardsteen (= Natural stone plate, polished {GLO}) market for Cut-off, U)	0,9728
Kalksteenmeel (kg/m ³)	0215-fab&kalksteen, kalksteenmeel (o.b.v. Limestone, crushed, washed {RoW}) market for limestone, crushed, washed Cut-off, U)	0,005648301
Kalkzandsteen-zand, sand-lime bricks	XXXX Kalkzandsteen, stenen en blokken (o.b.v. Sand-lime brick {GLO}) market for Cut-off, U)	0,185839767
Water (kg/m ³)	Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	0,000337033
Wapeningsstaal	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}) market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	2,03229216
Betonmortel C30/37 CEM I	0158-fab&Betonmortel C30/37 (o.b.v. CEM I), 2395 kg/m ³	0,184

Einde levensfase:

C1 Sloop	kg CO₂	Bron:
1 m ³ beton	15,41	Dubocalc BETONCONSTRUCTIES, 42.21 BETON, Betonmortel C20/25 (CEMIII). sloophamer + graafmachine
1 kg betonstaal	0,19	BETONCONSTRUCTIES, 42.41 BETONSTAAL, sloophamer + graafmachine
C2 Transport naar afval verwerker		
1 m ³ beton	15,826	concrete (i.a. elements, brickwork) (NMD ID 7)



1 kg betonstaal	0,007	Steel, reinforcement (NMD ID 49)
<hr/>		
C3 + C4 afvalverwerking		
<hr/>		
1 m ³ beton	3,969	concrete (i.a. elements, brickwork) (NMD ID 7)
<hr/>		
1 kg betonstaal	0,00026	Steel, reinforcement (NMD ID 49)
<hr/>		
D recycling		
<hr/>		
1 m ³ beton	-10,273	concrete (i.a. elements, brickwork) (NMD ID 7)
<hr/>		
1 kg betonstaal	-1,124	Steel, reinforcement (NMD ID 49)
<hr/>		