

Rijksstraatweg 69  
4194 SK Meteren  
Postbus 159  
4190 CD  
GELDERMALSEN  
t- (0345) 471380  
f- (0345) 471381  
[info@misa-advies.nl](mailto:info@misa-advies.nl)  
[www.misa-advies.nl](http://www.misa-advies.nl)  
Rabobank 1027.49.795

## **SCOPE 3 EMISSIES 2017**

### **KETENSTUDIE HERGEBRUIK SLOOPBETON**

**voor Lagemaat B.V.**

---

rapport 9LAG-CO2.13447.R



Opdrachtgever : Lagemaat BV

Titel : Analyse scope 3 emissies van Lagemaat.  
in het kader van de CO2-prestatieladder van SKAO  
Ketenstudie hergebruik sloopbeton

Rapportnummer : 9LAG-CO2.13447.R

Auteur : drs. ing. J.A. van Herk

Autorisatie : A. van de Beek

Projectnummer : 9LAG-CO2

Versiedatum : 01-2019

Status : Definitief

Auteur  
drs. ing. J.A. van Herk

Athorisatie:  
A. van de Beek

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J.A. van Herk'.A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. van de Beek'.

Op de uitvoering van werkzaamheden, en daarmee voor zover relevant op deze rapportage, zijn de Algemene Voorwaarden van MiSa advies van toepassing, die onder nummer 55414125 zijn gedeponeerd bij de KvK te Tiel.

## INHOUD

BLAD

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DEFINITIES EN EISEN</b> .....	<b>5</b>
	2.1 Definities categoriën van emissies .....	5
	2.2 Gestelde eisen aan de analyse van scope 3 emissies.....	7
<b>3</b>	<b>SCOPE 3 EMISSIES</b> .....	<b>9</b>
	3.1 Indeling en kwantificering scope 3 emissies .....	9
	3.2 Bepaling rangorde .....	11
<b>4</b>	<b>KETENANALYSE</b> .....	<b>13</b>
	4.1 Procesketen betongranulaat.....	13
	4.2 Procesketen betonelementen (circulaire variant) .....	18
<b>5</b>	<b>REDUCTIEDOELSTELLING CO2 REDUCTIE IN DE KETEN</b> .....	<b>21</b>
	5.1 Realisatie reductiedoelstelling .....	21
	5.2 Financiële inspanning .....	22

## 1 INLEIDING

Lagemaat Sloopwerken BV / Milieu BV (hierna Lagemaat) is gecertificeerd op niveau 3 van de CO2-prestatieladder van de Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen (SKAO), hierna prestatieladder genoemd. De eisen waaraan in het kader van certificatie moet worden voldaan staan beschreven in het Handboek CO2- prestatieladder (verder handboek). Lagemaat is voornemens vervolgens op te gaan voor trede 5 in 2019.

Volgens de certificatie-eisen moet de certificaathouder (eis 4.A.1 van de auditchecklijst [1]) aantoonbaar inzicht hebben in de meest materiële emissies uit scope 3, en dient de certificaathouder uit deze scope 3 emissies ten minste 2 analyses van GHG - genererende (ketens van) activiteiten uit te voeren. Voor bedrijven die worden aangemerkt als 'klein bedrijf' geldt, op basis van het meest recente handboek van de CO2-prestatieladder van april 2014, dat zij slechts één ketenanalyse hoeven te maken. Lagemaat wordt aangemerkt als middelgroot bedrijf en dient dus twee ketens te analyseren.

MiSa advies is door Lagemaat gevraagd een document op te stellen dat aan eis(en) van de prestatieladder voldoet. De voorliggende rapportage geeft hier invulling aan.

Volledigheidshalve wordt nog opgemerkt dat de analyse van de scope 3 emissies van Lagemaat deels is uitgevoerd op basis van de door Lagemaat beschikbaar gestelde informatie (zowel documentatie als mondelinge informatie tijdens bijeenkomsten). Daarnaast is gebruik gemaakt van diverse literatuurbronnen. Daar waar mogelijk worden recente gegevens over de CO2-emissie van Lagemaat gerelateerd aan de CO2-emissie van het referentiejaar 2017.

De opbouw van de rapportage is als volgt. Eerst worden de definities beschreven als ook de eisen waaraan een ketenanalyse moet voldoen (hoofdstuk 2). De analyse van de scope 3 emissie wordt gedaan op basis van de indeling en kwantificering van scope 3 emissies en de bepaling van de rangorde (hoofdstuk 3). Daarop volgens vindt de analyse plaats van de keten van het gekozen onderwerp (hoofdstuk 4). Tot slot bevat hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen. Aan het einde van dit rapport is een literatuurlijst opgenomen (hoofdstuk 6).

## 2 DEFINITIES EN EISEN

In dit hoofdstuk wordt de (relevante) definities volgens de prestatieladder toegelicht, als ook de eisen gesteld aan de analyse van scope 3 emissies.

### 2.1 Definities categoriën van emissies

Er worden drie categorieën van emissies gedefinieerd [1].

#### Scope 1 emissies of directe emissies

Scope 1 of directe emissies zijn emissies door de eigen organisatie, zoals emissies door eigen gas gebruik (bijv. gas boilers, warmtekrachtinstallaties en ovens) en emissies door het eigen wagenpark. Zie ook het scopediagram in figuur 2.1 [7].

#### Scope 2 emissies of indirecte emissies

Scope 2 of indirecte emissies zijn emissies die ontstaan door de opwekking van elektriciteit die de organisatie gebruikt, zoals emissies door centrales die deze elektriciteit leveren. SKAO rekent “Business air Travel” en “Personal Cars for business travel” tot scope 2. Zie ook het scopediagram in figuur 2.1 [7].

#### Scope 3 emissies of overige indirecte emissies

Scope 3 emissies of overige indirecte emissies zijn een gevolg van de activiteiten van het bedrijf (de organisatie) maar komen voort uit bronnen die geen eigendom van het bedrijf zijn noch beheerd worden door het bedrijf. Voorbeelden zijn emissies voortkomende uit de productie van ingekochte materialen, de verwerking van het afval en het gebruik van het door het bedrijf aangeboden/verkochte werk, dienst of levering. SKAO rekent “Business air Travel” en “Personal Cars for business travel” tot scope 2. Zie ook het scopediagram in figuur 2.1 [8].

#### Upstream emissies

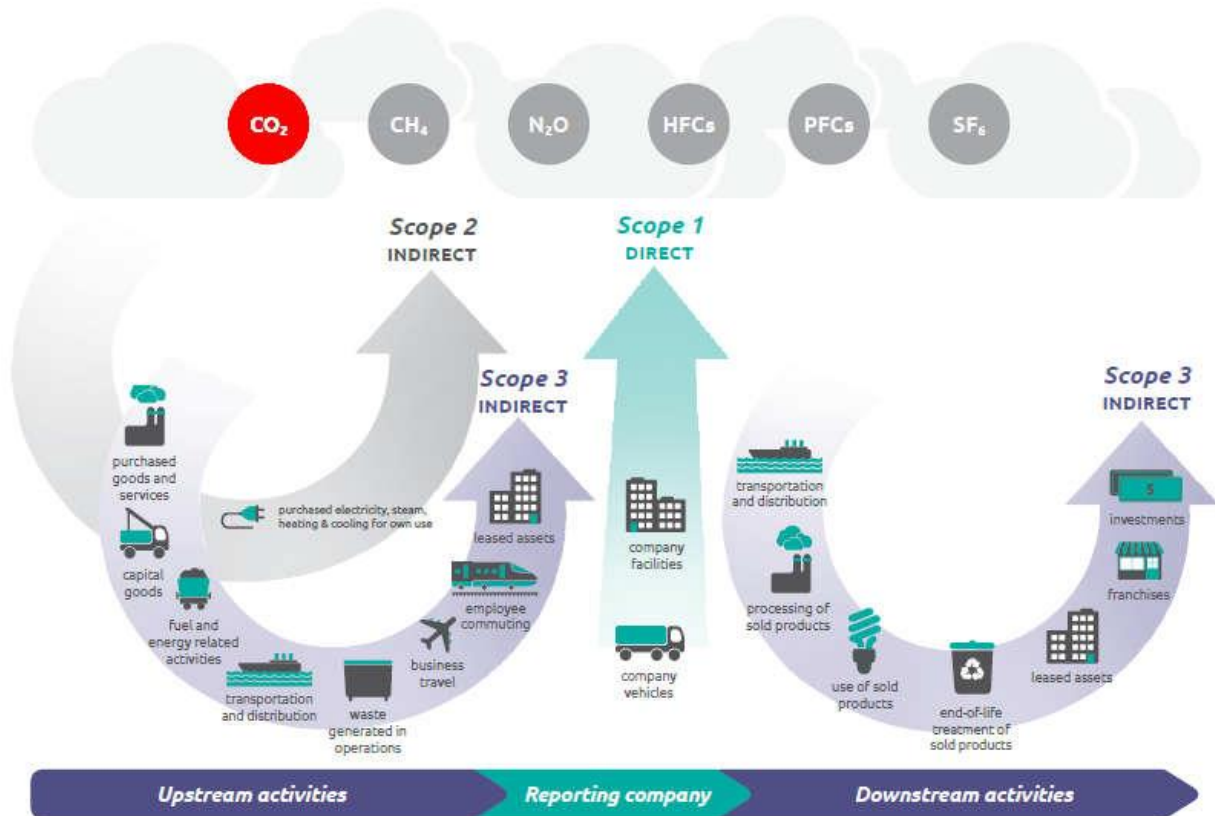
Indirecte emissies afkomstig van aangekochte of verworven goederen of diensten.

#### Downstream emissies

Indirecte emissies afkomstig van verkochte of geleverde goederen of diensten.

#### Conversiefactoren

Voor de omrekening van energiedrager en/of activiteit naar de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-emissie wordt gebruik gemaakt van de door SKAO gegeven conversiefactoren [1]. Indien nodig kan hier gemotiveerd van worden afgeweken.



Figuur 2-1 Scopediagram (Bron: 'Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard [8])

Ten aanzien van figuur 2.1 wordt opgemerkt dat in het kader van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder het alleen verplicht is om CO<sub>2</sub>-emissies te inventariseren en dat de CO<sub>2</sub>-prestatieladder 'Business Travel' (= 'Business air Travel' en 'Personal Cars for business travel') rekent tot scope 2.

Indeling klein-, middel- en grootbedrijf

In de prestatieladder zijn de uitgangspunten voor de indeling in klein-, middel- en grootbedrijf vastgelegd. In tabel 2.1 (volgende pagina) zijn deze uitgangspunten opgenomen.

**Tabel 2-1: Uitgangspunten voor indeling in klein-, middel- en grootbedrijf**

Categorie indeling	Diensten	Werken/leveringen
Klein	Totale CO2-uitstoot bedraagt maximaal ( $\leq$ ) 500 ton per jaar	Totale CO2-uitstoot van de kantoren en bedrijfsruimten bedraagt maximaal ( $\leq$ ) 500 ton per jaar, en de totale CO2-uitstoot van alle bouw- plaatsen en productielocaties bedraagt maximaal ( $\leq$ ) 2.000 ton per jaar
Middel	Totale CO2-uitstoot bedraagt maximaal ( $\leq$ ) 2.500 ton per jaar	Totale CO2-uitstoot van de kantoren en bedrijfsruimten bedraagt maximaal ( $\leq$ ) 2.500 ton per jaar, en de totale CO2-uitstoot van alle bouw-plaatsen en productielocaties bedraagt maximaal ( $\leq$ ) 10.000 ton per jaar
Groot	Totale CO2-uitstoot bedraagt meer dan ( $\geq$ ) 2.500 ton per jaar	Totale CO2-uitstoot van de kantoren en bedrijfsruimten bedraagt meer dan ( $>$ ) 2.500 ton per jaar, en de totale CO2-uitstoot van alle bouw-plaatsen en productielocaties bedraagt meer dan ( $>$ ) 10.000 ton per jaar

## 2.2 Gestelde eisen aan de analyse van scope 3 emissies

De eisen met betrekking tot de analyse van scope 3 emissies zijn beschreven in eis 4.A.1 van de auditchecklijst [1]. Volgens deze eis heeft de certificaathouder aantoonbaar inzicht in de meest materiële emissies uit scope 3, en dient de certificaathouder uit deze scope 3 emissies tenminste 2 analyses van GHG - genererende (ketens van) activiteiten uit te voeren. Voor kleine bedrijven geldt dat zij slechts één ketenanalyse hoeven uit te voeren. In de prestatieladder wordt de eis met betrekking tot ketenanalyses als volgt toegelicht.

Het bedrijf brengt haar (meest materiële) scope 3 emissies in kaart. Het gaat hier niet om gedetailleerde analyses van scope 3 emissies. Het doel is om op basis van een grove berekening, te komen tot een rangorde van de meest materiële scope 3 emissiebronnen die tezamen de grootste (70-80%) bijdrage leveren aan de totale scope 3 emissies van een bedrijf. De rangorde dient om inzichtelijk te maken welke emissies in scope 3 voor het bedrijf in aanmerking komen om te reduceren.

De Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard [8] geeft de criteria voor bepaling van de materialiteit van emissies: omvang, invloed, risico, kritisch voor stakeholders, outsourcing en overige. Bij de bepaling van de rangorde dient de omvang uiteraard het zwaarst te worden gewogen. In beperkte mate kan de rangorde vervolgens worden aangepast op grond van de overige 5 criteria.

Uit de opgestelde rangorde selecteert het bedrijf twee onderwerpen waarvoor een ketenanalyse wordt opgesteld. De volgende nadere (rand)voorwaarden worden hierbij gesteld:

1. De ketenanalyses dienen betrekking te hebben op de projecten.
2. Het bedrijf dient eigen analyses uit te (laten) voeren. Het meeliften bij de uitvoering van een betaalde opdracht van een klant kan niet gezien worden als het voldoen aan de eisen.
3. Er dient een ketenanalyse te worden gemaakt voor één van de twee meest materiële emissies én een andere voor één van de zes meest materiële emissies (uit de rangorde).
4. De scope 3 accounting standard geeft de herkenbare structuur van elke ketenanalyse.
5. Het resultaat van zulk een analyse dient een aanvulling te zijn op de bestaande (gepubliceerde) kennis en inzichten of anders gesteld: dient bij te dragen aan het voortschrijdend maatschappelijk inzicht.

Voor bedrijven die worden ingedeeld als middelgroot bedrijf geldt dat voor twee onderwerpen een ketenanalyse moet worden gemaakt.

Verder gelden voor middelgrote bedrijven de eisen 4.C, 4.D en 5.D niet:

- 4C Het bedrijf onderhoudt dialoog met partijen binnen overheid en NGO 's over zijn CO2-reductiedoelstelling en strategie.
- 4D Het bedrijf neemt initiatief tot ontwikkelingsprojecten die de sector faciliteren in CO2-reductie.
- 5D Het bedrijf neemt actief deel in het opzetten van een sectorbreed CO2-emissie-reductieprogramma in samenwerking met overheid en of NGO.



### 3 SCOPE 3 EMISSIES

In dit hoofdstuk vindt eerst een indeling en kwantificering van de scope 3 emissies plaats (paragraaf 3.1), waarna de materialiteit wordt bepaald (paragraaf 3.2).

#### 3.1 Indeling en kwantificering scope 3 emissies

Op basis van de administraties van projecten, inkoop en personeel is de omvang bepaald van ingekochte goederen en diensten over het kalenderjaar 2017 bij de belangrijkste leveranciers.

Aan de hand van de systematiek van het Green House Gas protocol (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard [8] en GHG protocol Scope 3) zijn de ingekochte goederen en diensten onderverdeeld in upstream- en downstream emissies en de daarvoor gehanteerde categorieën (zie onder).

##### **Upstream categorieën:**

1. Aangekochte goederen en diensten
2. Kapitaal goederen
3. Brandstof en energie gerelateerde activiteiten (niet opgenomen in scope 1 of scope 2)
4. Upstream transport en distributie
5. Productieafval
6. Personenvervoer onder werktijd (Business Travel)
7. Woon-werkverkeer
8. Upstream geleaste activa

##### **Downstream categorieën:**

9. Downstream transport en distributie
10. Ver- of bewerken van verkochte producten
11. Gebruik van verkochte producten
12. End-of-life verwerking van verkochte producten
13. Downstream geleaste activa
14. Franchisehouders
15. Investerings

De omvang van de ingekochte goederen en diensten is omgerekend naar CO<sub>2</sub>-emissie. In tabel 3.1 (volgende pagina) is een overzicht opgenomen van ingekochte goederen en diensten, inclusief de omvang daarvan en de berekende CO<sub>2</sub>-emissie. De details over de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissie zijn opgenomen in een separaat document 'Lagemaat\_rekenblad scope 3 emissies 2017' [9].

**Tabel 3-1: Indeling en kwantificering scope 3 emissies**

Scope 3 categorie	Omschrijving	Omvang	CO2 emissiefactor	CO2-emissie [ton]
<b>Upstream emissies 2017</b>				<b>Totaal</b>
Aangekochte goederen en diensten	Kalksteen/mijnsteen	675 m3 = 1520 ton	2,3 kg CO2/ton	3,5
	Grind/grindbreekzand	825 m3 = 1560 ton	2,8 kg CO2/kg	4,4
	Zand	20.000 m3 = 30.000 ton	5,6 kg CO2/ton	168
	GWW/infra betonproducten	2.158 ton = 938 m3	160 kg CO2 per m <sup>3</sup> , s.m. 2300 kg/m <sup>3</sup>	150
	Golfplaten/bouwmaterialen	15.000 m2 = ca 1000 m3 = 221 ton	160 kg CO2 per m <sup>3</sup> (schatting, geen gegevens beschikbaar)	160
	Lichtplaten polycarbonaat	500 m2 = 850 kg	3,27 kgCO2/kg, s.m. 1,700 kg/m2	2,8
	PE buizen en applicaties	5 ton	3,27 kgCO2/kg	16,4
	Kantoorartikelen	< 1 ton		<1
	inzet mobiel materieel		inbegrepen bij 'Purchased goods and services'	
	inzet machines		inbegrepen bij 'Purchased goods and services'	
Upstream transport en distributie	transport aangekochte kalk-/mijnsteen	4.000 km	>20 ton bulk: 0,08 kgCO2/tonkm x1,5	27,6
	transport aangekocht grind/breekzand	8.250 km	>20 ton bulk: 0,08 kgCO2/tonkm x1,5	57
	Transport aangekocht zand	12.000 km	>20 ton bulk: 0,110 kgCO2/tonkm x1,5	83
	Transport kunststof buizen en applicaties		inbegrepen bij 'Purchased goods and services'	
	Transport betonproducten		inbegrepen bij 'Purchased goods and services'	
	Transport overige grondstoffen		inbegrepen bij 'Purchased goods and services'	
Afval	papierafval	1,0	1,3kg/ton*	< 1
	bedrijfsafval	2,0	0,94 ton CO2/ton afval	2
(Business Travel)	transport ingehuurd personeel	-		< 1
Woon-werkverkeer	woon- werkverkeer met privéauto's	171.500	0,213 kg CO2/km	37
	reizen met OV	-		< 1
<b>Downstream emissies</b>				
Downstream transport en distributie	Transport zand en overige bouwstoffen		inbegrepen bij 'Purchased goods and services'	
<b>Totaal</b>				<b>712 ton</b>

### 3.2 Bepaling rangorde

De Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard [8] geeft de criteria voor bepaling van de materialiteit van emissies. Onderstaand zijn deze criteria weergegeven.

criterium	Relevant indien
Omvang	Er sprake is van een significante bijdrage aan de totale omvang van de scope 3 emissie.
Invloed	Er potentieel is voor emissiereductie dat door het bedrijf kan worden uitgevoerd of dat daar invloed op uit kan worden geoefend.
Risico	Het bijdraagt aan de risico positie van het bedrijf (bijv. klimaatsverandering gerelateerde risico's zoals financieel, wet- en regelgeving, supply chain en reputatie).
Stakeholders	Van belang voor stakeholders (bijv. klanten, leveranciers, investeerders of maatschappij).
Outsourcing	Uitbestede activiteiten die voorheen onderdeel waren van het bedrijf of activiteiten die worden uitbesteed aan derden maar in het bedrijf (in-house) worden uitgevoerd.
Branche specifiek	Is in de branche aangemerkt als significant (bijv. convenanten, werkboek milieumaatregelen).
Overige	Op basis van andere criteria die relevant worden gevonden.

Bij de bepaling van de rangorde dient de omvang uiteraard het zwaarst te worden gewogen. In beperkte mate kan de rangorde vervolgens worden aangepast op grond van de overige criteria. Hierover wordt nog het volgende opgemerkt:

- voor de criteria invloed, risico, kritisch voor stakeholder; worden voor de bepaling van de rangorde de volgende niveaus gehanteerd: hoog, middel, laag.
- voor outsourcing geldt dat hier wel (ja) of geen (nee) sprake van is;
- de criteria branche specifiek en overige zijn niet aan de orde.

Op basis van de in paragraaf 3.1 berekende CO<sub>2</sub>-emissie wordt op basis van bovenstaande uitgangspunten de rangorde bepaald. In tabel 3.2 is dit weergegeven, hierin zijn de onderwerpen waarvan in tabel 3.1 geen CO<sub>2</sub>-emissie is berekend weggelaten.

**Tabel 3-2: Weging criteria en bepaling eindrangorde**

Eind rangorde	Omschrijving	Onderbouwing	Omvang*	Invloed	Risico
1	Hergebruik beton d.m.v. rechtstreeks hergebruik van betonelementen (als onderdeel aangekochte goederen en diensten)	Is in de branche aangemerkt als significant (bijv. convenanten, werkboek milieumaatregelen) en is in de branche aangemerkt als significant (bijv. convenanten, werkboek milieumaatregelen).	hoog	hoog	middel
2	Hergebruik staal d.m.v. rechtstreeks hergebruik van staalprofielen (als onderdeel aangekochte goederen en diensten)	Is in de branche aangemerkt als significant (bijv. convenanten, werkboek milieumaatregelen) en is in de branche aangemerkt als significant (bijv. convenanten, werkboek milieumaatregelen).	hoog	hoog	middel
3	Transport aangekochte goederen en diensten	Er sprake is van een significante bijdrage aan de totale omvang van de scope 3 emissie.	hoog	klein	klein
4	Woon- werkverkeer	Van belang voor stakeholders (bijv. klanten, leveranciers, investeerders of maatschappij).	klein	middel	klein
5	Afval	Van belang voor stakeholders (bijv. klanten, leveranciers, investeerders of maatschappij).	klein	middel	klein

\*) Hoog >10% van totaal, middel 1-10% van het totaal, klein <1% van het totaal

### Gekozen ketenanalyses

Op basis van de bepaling van de rangorde en de gestelde randvoorwaarde zijn de onderstaande twee onderwerpen voor ketenanalyses geselecteerd:

1. circulair beton; hergebruik beton door hergebruik betonelementen,
2. circulaire staal profielen; hergebruik staalprofielen in nieuwbouw-renovatieprojecten.

MiSa Advies B.V. (hierna MiSa) is als kennisinstituut gevraagd om Lagemaat professioneel te ondersteunen bij het opzetten van de twee ketenanalyses. Dit borgt ook direct eis 4.A.3 van de auditchecklijst:

*4.A.3 Tenminste 1 van de analyses uit 4.A.1 (scope 3) is professioneel ondersteund of becommentarieerd door een ter zake als bekwaam erkend en onafhankelijk kennisinstituut.*

Voorliggende rapportage beschrijft de ketenanalyse van (circulair)beton.

## 4 KETENANALYSE

Deze ketenanalyse wordt uitgevoerd conform de publicatie Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen (2011) en GWW-werken, welke inhoudelijk is ontleend aan de NEN 8006 welke de basis omschrijft voor de systeemgrenzen van de ketenanalyse (10).

In eerste instantie wordt de keten van de traditionele werkwijze beschreven waarbij het beton na sloop tot menggranulaat wordt gebroken. Vervolgens wordt het initiatief van Lagemaat beschreven waarbij de betonelementen niet tot betongranulaat worden verwerkt maar de betondelen rechtstreeks worden ingezet in nieuwe of bestaande bouwwerken (middels uitvoering van een proefproject Schapenkooi). Vervolgens is gekwantificeerd wat dit aan CO2 reductie oplevert.

### 4.1 Procesketen betongranulaat

Lagemaat sloopt voor haar opdrachtgevers (delen van) complete bouwwerken zoals kantoren, scholen, woonhuizen, garages etc. Het hierbij te verwijderen beton wordt bij de traditionele werkwijze vergruisd tot een kleine fractie (tussen 16 en 40mm). Het vrijkomende wapeningsstaal wordt gerecycled.

De betonfractie wordt hergebruikt als wegefundatie, als substantieel onderdeel van menggranulaat of basisstof voor nieuw beton. Daarmee wordt sloopbeton als zodanig dus voor ~100% hergebruikt.

De huidige werkwijze zoals die door Lagemaat in de keten wordt gevoerd bestaat uit de volgende stappen:

Vorbereiding bouwplaats:

- verwijdering & vergruizing van beton bij sloop van gebouw,
- afzet betongranulaat voor wegebouw (en mindere mate als toeslag voor nieuw beton bij betonproducent).

#### 4.1.1 Beschrijving keten

Gewapend beton wordt meestal ingezet als draagconstructie of als fundering. Ongewapend beton komt voor in de vorm van vloeren. Beton wordt geproduceerd door grind, zand, cement en water te mengen, veelal met toevoegingen voor betere eigenschappen zoals sterkte of slijtvastheid. Voor wapeningen wordt staal gebruikt.

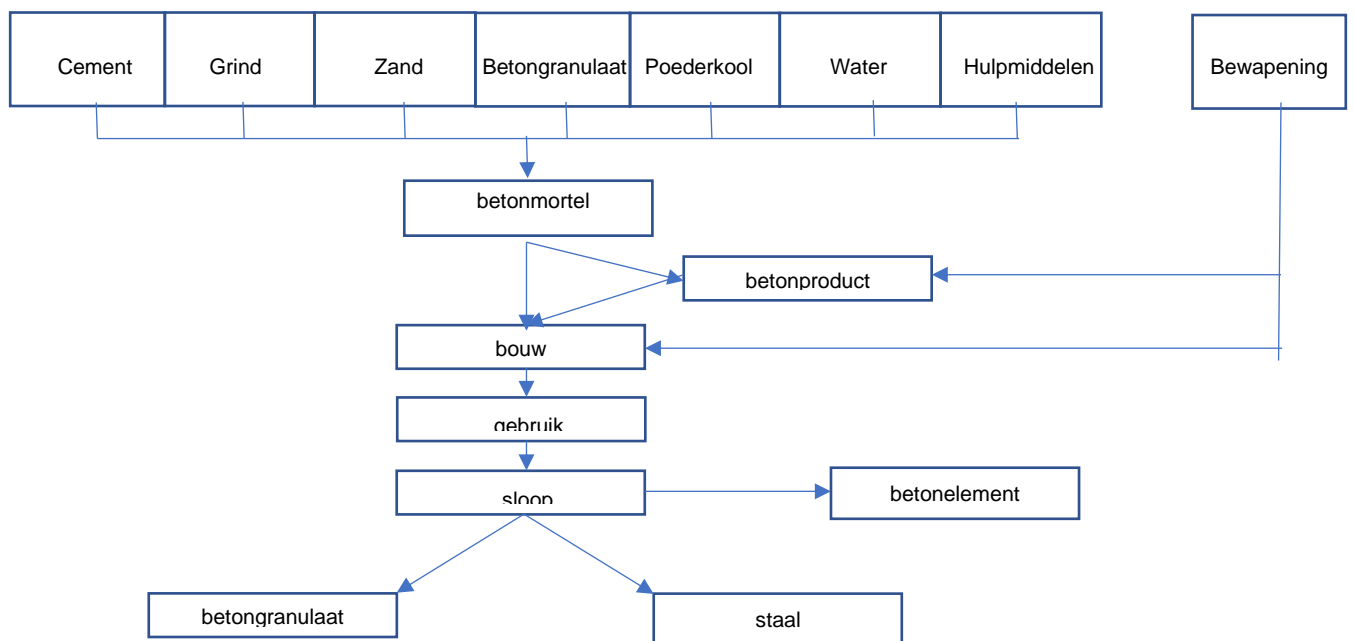
De keten bestaat, vanuit Lagemaat gezien, enerzijds uit de betonindustrie, bouwaannemers en gebouw-eigenaren als creatoren van te slopen gebouwen. Anderzijds zijn er dan de wegebouwers en in zeer beperkte mate de betonindustrie als afnemers van restproducten.

#### De emissieonderdelen

Beton wordt samengesteld uit cement, toeslagmaterialen zoals zand en grind, water en eventuele hulpstoffen. Elk heeft een specifieke functie. Cement is het hoofdbestanddeel van beton, het bindende element. De elementen waarin de keten is opgesplitst en waarvoor de specifieke CO2 emissie is bepaald bestaat uit:

- betonproductie bij centrale
- aanvoer beton naar bouwlocatie
- gebruik van bouwwerk
- vergruizing van beton bij sloop van gebouw
- inzet betongranulaat in wegebouw (en mindere mate als toeslag voor nieuw beton).

Onderstaande figuur geeft de betonketen globaal schematisch weer:



**Figuur 4-1: Schematisch overzicht van ketenfases voor beton (bron CE delft)**

De keten van beton is te onderscheiden in de volgende ketenfases:

- Grondstoffase
- Productiefase
- Gebruiksfase
- Recyclingfase
- Distributiefase

**Grondstoffase:**

Beton bestaat uit cement, water, zand en granulaten en enkele hulpstoffen. Het beton bestaat uit circa  $\frac{3}{4}$  zand en granulaat (korrel en stenen om het beton te versterken),  $\frac{1}{4}$  bestaat uit cement met water en dient als bindmiddel waarmee de uiteindelijke betonconstructie vorm wordt gegeven. Het zand en de granulaten worden doorgaans gewonnen in steen- en zandgroeves.

Traditioneel cement wordt gemaakt uit Portlandklinker (cementtype CEM I), maar er worden in Nederland ook op grote schaal cementtypen gebruikt waarbij het CO<sub>2</sub>-intensieve Portlandklinker is vervangen door alternatieve grondstoffen (CEM II, IV en V) of het restproduct hoogovenslak (CEM III). Onderstaande tabel laat de gemiddelde grondstofsamenstelling van beton in Nederland zien. Voor het bepalen van de conversiefactoren is voor cement en staal gebruikgemaakt van de Nationale Milieudatabase en voor zand, grind en betongranulaat van MRPI-bladen. Het gebruik van cement en staal heeft de grootste CO<sub>2</sub>-impact op de grondstoffase.

**Tabel 4-2: Berekening CO<sub>2</sub>-impact grondstoffase per m<sup>3</sup> beton**

Grondstof	Type	Hoeveelheid	Emissiefactor <sup>1)</sup>	CO <sub>2</sub> emissie
Cement	Cement, CEM I	59 kg	0,818 kg CO <sub>2</sub> /kg	48,3 kg CO <sub>2</sub>
	Cement, CEM III	253 kg	0,296 kg CO <sub>2</sub> /kg	74,9 kg CO <sub>2</sub>
Zand	Industriezand	787 kg	0,002 kg CO <sub>2</sub> /kg	1,9 kg CO <sub>2</sub>
Grind	Grind inkoop	1.034 kg	0,002 kg CO <sub>2</sub> /kg	2,0 kg CO <sub>2</sub>
Betongranulaat	Betongranulaat inkoop	40 kg	0,001 kg CO <sub>2</sub> /kg	0,0 kg CO <sub>2</sub>
Water	Leidingwater	167 kg	0,000 kg CO <sub>2</sub> /kg	0,0 kg CO <sub>2</sub>
Staal	Betonstaal	36 kg	1,273 kg CO <sub>2</sub> /kg	45,8 kg CO <sub>2</sub>
<b>Totaal grondstoffen</b>		<b>2.376 kg</b>		<b>172,9 kg CO<sub>2</sub></b>

<sup>1)</sup> CE Delft, Milieu-impact van betonegebruik in de Nederlandse bouw

### Productiefase

Om beton te produceren worden de verschillende grondstoffen in de juiste verhouding gemengd waardoor met toevoeging van cement en water een kleverige substantie ontstaat. Dit gebeurt in een betoncentrale. De betoncentrale kan op de bouwlocatie zelf worden geplaatst of het beton kan via vrachtwagens worden aangevoerd. Het energiegebruik van de betoncentrale is vastgesteld op basis van een gemiddelde gebruikssituatie, waar de betoncentrale een vermogen heeft van 330 kW met een capaciteit van 80 m<sup>3</sup> beton per uur. Het beton moet middels een betonpomp naar de juiste plek op de projectlocatie worden gepompt. Het energiegebruik van de betonpomp is tevens vastgesteld op basis van de gemiddelde bedrijfssituatie waar de betonpomp 25 liter diesel per uur gebruikte met een capaciteit van 60 m<sup>3</sup> beton per uur. Tijdens het storten van het beton is er dieselgebruik door mixwagens, bulldozers, graafkranen etc.

Voor het bepalen van de conversiefactoren is gebruikgemaakt van de emissiefactoren die door [www.co2emissiefactoren.nl](http://www.co2emissiefactoren.nl) beschikbaar zijn gesteld:

**Tabel 4-3: Berekening CO<sub>2</sub>-impact productiefase per m<sup>3</sup> beton**

Proces	Energiedrager	Hoeveelheid	Emissiefactor	CO <sub>2</sub> -emissie
Betoncentrale	Grijze stroom	4,125 kWh	0,526 kg CO <sub>2</sub> /kwh	2,2 kg CO <sub>2</sub>
Betonpomp	Diesel (NL)	0,417 Liter CO <sub>2</sub> /liter	3,230 CO <sub>2</sub> kg/liter diesel	1,3 kg CO <sub>2</sub>
Dieselgebruik (mixwagen en bulldozers)	Diesel (NL)	4,435 Liter	3,230 kg CO <sub>2</sub> /liter diesel	14,3 kg CO <sub>2</sub>
<b>Totaal productie</b>				<b>17,8 kg CO<sub>2</sub></b>

### Gebruiksphase

Beton heeft vrijwel geen onderhoud tijdens de gebruiksphase, dit aspect wordt verwaarloosbaar geacht op de totale milieu-impact. De gebruiksphase van bouwwerken zelf omvat energieverbruik en emissies door bijvoorbeeld verkeer. Hoewel het gebruik van beton de gebruiksphase van bouwwerken beïnvloedt, zijn de emissies door gebruik van een gebouw of GWW-bouwwerk niet of niet volledig toe te rekenen aan het bouw materiaal. Immers, betonnen wegconstructies hebben geen invloed op de hoeveelheid verkeer die ervan gebruikmaakt of op de zuinigheid van de vervoersmiddelen. De CO<sub>2</sub>-uitstoot van deze ketenfase is hierdoor op nul gesteld.

### Recyclingfase

Na het gebruik van de betonnen bouwwerken worden ze gesloopt. Tijdens het slopen wordt er gebruikgemaakt van machines die doorgaans diesel gebruiken. Het gaat hier om bijvoorbeeld kranen, shovels, puinbrekers etc. De hoeveelheid energie die het kost is afhankelijk van het type bouwwerk. In deze ketenstudie is een vaste gemiddelde waarde gehanteerd van 12 kg CO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> beton (op basis van literatuur<sup>2)</sup>).

Na het sloopproces blijven betongranulaat en oud betonstaal over. Beide stromen kunnen worden gerecycled. Betongranulaat kan fungeren als nieuw toeslagmateriaal voor funderings-materiaal. De functie die het vervult is een vervanging van grind. Staal kan weer worden gerecycled tot nieuw staal. De impact van recycling van deze materialen is al meegenomen in emissie-factoren van de grondstoffen.

**Tabel 4-4: Berekening CO<sub>2</sub>-impact recyclingfase**

Proces	energiedrager	hoeveelheid	Emissiefactor <sup>2)</sup>	CO <sub>2</sub> -emissie
Slopen en breken	Hoeveelheid verwerkt beton	1 m <sup>3</sup> beton	12 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> beton	12,0 kg CO <sub>2</sub>
<b>Totaal Recycling</b>				<b>12,0 kg CO<sub>2</sub></b>

<sup>2)</sup> CE Delft, Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw

### Distributiefase

Zoals het schematisch overzicht weergeeft zitten er meerdere transportmomenten in de keten van beton. Onderstaande tabel laat de gemiddelde transportafstanden en transportmiddelen van de betonketen in Nederland zien. Voor het bepalen van de conversiefactoren is gebruik gemaakt van de conversiefactoren die door [www.co2emissiefactoren.nl](http://www.co2emissiefactoren.nl) beschikbaar zijn gesteld:



**Tabel 4-5: berekening CO2-impact distributiefase per m<sup>3</sup> beton**

Transport	transportmethode	transportafstand	Emissiefactor	CO2-uitstoot
Transport cement	Vrachtwagen Groot (> 20 ton) + aanhanger	176 km	0,11 kg CO2/tonkm	6,0 kg CO2
Zand	Binnenvaart Klein, 300-600 ton (Spits-Kempenaar)	159 km	0,041 kg CO2/tonkm	5,1 kg CO2
Grind	Binnenvaart Klein, 300-600 ton (Spits-Kempenaar)	239 km	0,041 kg CO2/tonkm	10,1 kg CO2
Betongranulaat	Vrachtwagen Groot (> 20 ton) + aanhanger	35 km	0,11 kg CO2/tonkm	0,2 kg CO2
Staal	Vrachtwagen Groot (> 20 ton) + aanhanger	150 km	0,11 kg CO2/tonkm	0,6 kg CO2
Transport betonmortel	Vrachtwagen Groot (> 20 ton) + aanhanger	18 km	0,11 kg CO2/tonkm	4,7 kg CO2
Transport na sloop	Vrachtwagen Groot (> 20 ton) + aanhanger	15 km	0,11 kg CO2/tonkm	3,9 kg CO2
Totaal transport				<b>30,7 kg CO2</b>

### Totale keten

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de CO2-impact van gemiddeld beton in Nederland. Hieruit wordt duidelijk dat de grondstoffase de grootste impact heeft op de totale CO2-footprint. Dit wordt met name veroorzaakt door het gebruik van cement en staal:

**Tabel 4-6: berekening CO2-impact totale keten per m<sup>3</sup> beton**

Ketenfase	CO2-uitstoot (kg/m <sup>3</sup> )	Percentage
Grondstoffase	172,9	74,1%
Productiefase	17,8	7,6%
Gebruiksfase	0,0	0,0%
Recyclingfase	12,0	5,1%
Transportfase	30,7	13,1%
<b>Totaal</b>	<b>233,5</b>	<b>100,0%</b>

## 4.2 Procesketen betonelementen (circulaire variant)

Door vrijkomende betondelen meer 1-op-1 in te zetten is een CO2 besparing mogelijk doordat daarbij dan voor de nieuwe betondelen geen 'virgin' beton ingezet hoeft te worden. Beton is door haar intrinsieke materiaaleigenschappen immers een grote bron van CO2 emissies. Bij onderstaande kwantificering wordt het sloopbeton niet vergruisd maar worden de elementen gedemonteerd, eventueel bewerkt en ingezet in een nieuwbouwproject.

### 4.2.1 Emissie onderdelen

De stappen van de keten zoals weergegeven in figuur 1 worden hier gekwantificeerd. Van de upstream stappen 'winning delfstoffen' tot en met 'verwerking tot menggranulaat' zijn bovenstaand de CO2-emissies reeds berekend. Ten aanzien van de procesketen is de kwantificering van de verwerking van gesloopte betonelementen in nieuwbouwprojecten relevant. Hierbij gaat het om de volgende stappen:

#### Vorbereiding

Ter voorbereiding wordt de projectlocatie bezocht en wordt bekeken welke materialen ter plaatse inzetbaar zijn. Aanvullend wordt de projectlocatie bezocht die als bouwstof-bron zal dienen. Hiervoor deze inspectie zijn 2 personen = 1 busje benodigd. Hiervoor hebben zij 2 dagen nodig.

Een dergelijke voorinventarisatie wordt tevens uitgevoerd ingeval de betonelementen worden verwerkt tot menggranulaat.

#### Werkzaamheden fundatie

Bij de verwijdering van de betonelementen zijn voor zover proefondervindelijk geconstateerd geen relevante CO2 emitterende werkzaamheden te benoemen. De afvoer en eventuele bewerkingen zijn vergelijkbaar met de traditionele wijze van bewerken. Ter voorbereiding t.b.v. plaatsing zijn mogelijk extra werkzaamheden als op maat zagen, aanbrengen van uitsparingen ophangogen, enz. noodzakelijk.

Bij de traditionele wijze geproduceerde betonelementen zijn nog extra CO2-emissies ontstaan bestaande uit meer personentransport en de inzet van bekistingsmateriaal. Dit materiaal wordt aangevoerd door middelgrote vrachtwagen van de bouwmaterialenleverancier.

De hoeveelheid arbeid, materieel-inzet en benodigde bijkomende materialen voor traditionele uitvoering van een dergelijk project zal geen significante verschillen kennen qua CO2-emissies. In het traditionele scenario zullen er wat meer arbeidsuren gemaakt worden voor het vervaardigen van de bekistingen.

#### Werkzaamheden wanden

De extra activiteiten teneinde de wanden uit het te slopen bouwwerk te verwijderen zijn minimaal.

In het traditionele scenario worden de wanden 'in het werk' worden gestort of vervaardigd uit prefab elementen. Door de benodigde draaiuren van machines, eventuele bouw en afbraak van bekistingen en

inzet van personeel wijken de arbeidsuren naar verwachting niet zodanig af van de extra inzet t.a.v. het verwijderen van de betonelementen.

### **Werkzaamheden dakconstructie**

In het traditionele scenario zou de dakconstructie op dezelfde wijze tot stand komen als de circulaire variant, met het enige verschil dat in de traditionele variant gebruikgemaakt wordt van nieuw vervaardigde betonplaten.

In de circulaire variant wordt wel gebruikgemaakt van overbemeten betonplaten vanwege veiligheidsmarges en een beperktere keuze in afmetings-eigenschappen.

Verskil in benodigde hijscapaciteit zal ook hier naar verwachting niet zodanig afwijken dat er significante verschillen in emissies zouden ontstaan.

### **4.2.2 Kwantificering**

Als rekenvoorbeeld is gekozen voor een project waarbij 931 ton (400 m<sup>3</sup>) bestaande betonelementen hernieuwd is ingezet in plaats van de normaliter begrote hoeveelheid van 522 ton (220 m<sup>3</sup>) nieuw beton. Voor de stappen waarvan de CO<sub>2</sub>-emissie is gekwantificeerd zijn de details van de berekeningen opgenomen in een separaat document 'Lagemaat rekenblad scope 3 emissies 2017' [bijlage].

In deze specifieke casus is door de inzet van 931 ton bestaand beton uiteindelijk 522 ton 'virgin' beton niet nodig. Verschillen in tonnages ontstaan doordat de betonelementen overbemeten worden door constructieve veiligheidsmarges en het niet 100% kunnen afstemmen van benodigde afmetingen. Zo zijn voor de muurconstructie reeds aanwezige legio-blokken gebruikt (80 cm breed).

Voor de berekening wordt uitgegaan van de CO<sub>2</sub> emissie welke vrijkomt bij de **grondstoffase** en de **productiefase**. De **gebruiksfase** en **distributiefase** worden voor beide varianten gelijk beschouwd.

Voor de **recyclingfase** (tot granulaat) is het lastig de CO<sub>2</sub> reductie te bepalen. Hierbij zijn namelijk een aantal aspecten van belang die op voorhand niet bekend zijn. Zo is het niet bekend hoeveel granulaat er wordt hergebruikt in nieuw beton (max 15%), welke toepassing het overige deel krijgt in b.v. de GWW sector, immobilisat, cementvervanger, enz. Wel is uit onderzoek gebleken dat de CO<sub>2</sub> emissie reductie gering is vergeleken met de winst die behaald wordt bij circulaire inzet van betonelementen. Zo stelt Cascade (brancheorganisatie Zand- en grindhandel) dat de milieubelasting van zand- en grindwinning vergelijkbaar is met die van productie van betongranulaat. De CO<sub>2</sub>-uitstoot is iets hoger bij primaire zand- en grindwinning. Daar staat echter tegenover dat de cementbehoefte bij granulaat in beton hoger ligt (uit: LCA voor zand- en grindwinning, IVAM UvA).

De relevante CO<sub>2</sub>emissie reductie ligt dus voornamelijk bij de vermeden emissie die wordt veroorzaakt door het gebruik van gebruikte betonelementen.

Inmiddels is er een eerste proefproject uitgevoerd te weten de Schaapskooi. De volgende CO<sub>2</sub> reducties zijn hierbij gerealiseerd:

Op basis van de in hoofdstuk 4.1 beschreven kentallen is bepaald dat de productie van 522 ton beton (220 m<sup>3</sup>) is vermeden. Dit levert een CO<sub>2</sub> emissie reductie van  $(127,1 + 17,8) \times 220 = 32$  ton CO<sub>2</sub> niet gewapend beton (of 42 ton CO<sub>2</sub> bij de gewapende variant). Per m<sup>3</sup> circulair hergebruikt beton levert dit dus een CO<sub>2</sub> emissiereductie op van 145 kg CO<sub>2</sub> (=63 kg/ton). Dit is in principe een reductie van 100% t.o.v. het gebruik van nieuw beton.

Voor Lagemaat geldt verder dat er emissiereductie kan worden behaald a.g.v. vermeden dieselvebruik voor het breken:

Het breken van 931 ton puin (breekcapaciteit 200 ton/hr, verbruik 50 liter/hr) levert een dieselvebruik op van 233 l. oftewel 753 kg CO<sub>2</sub>. De verwerking van een ton puin is dus goed voor een emissie van 0,8 kg CO<sub>2</sub> (= 1,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).

In 2017 is in totaal 134.767 ton puin en beton verwerkt op slooplocaties. De 931 ton uit dit project zou derhalve zo'n 0,7% van deze hoeveelheid omvatten.

## 5 REDUCTIEDOELSTELLING CO2 REDUCTIE IN DE KETEN

Huidige stand van zaken per 2017 is dat ca. 100% van het ingezameld beton wordt gerecycled door inzet in beton- en menggranulaten. Dergelijke granulaten worden ingezet als fundatiemiddel voor wegebouw.

Door complete betondelen die uit sloopprojecten geogst worden in nieuwbouw projecten in te zetten, kan CO2 uitstoot gereduceerd worden door het vermijden van vervaardiging nieuwe betonelementen en hierbij horende onnodige machinale handelingen.

Doelstelling is om de 0,7% die in 2017-2018 is behaald uit te breiden naar 5% in 2022. Hiertoe dient dan in 2022, 6.650 ton beton circulair als bouwelement te worden ingezet. Totaal wordt dan ca. 419 ton CO2 per jaar minder geëmitteerd.

Op het terrein van Lagemaat heeft hiertoe 6.650 ton beton niet te worden gebroken wat in 2022 een reductie van 586 liter diesel ofwel 1,9 ton CO2 zou betekenen.

### 5.1 Realisatie reductiedoelstelling

Van belang is dat de architect/bouwer op de hoogte is van de beschikbaarheid van betonelementen. Hiertoe dient in een vroegtijdig stadium de architect/bouwonderneming hiervan op de hoogte te zijn.

#### *Fase 1 (2019)*

Onderzocht dient te worden hoe deze communicatie tot stand kan worden gebracht (rechtstreeks, middels materialen marktplaats....),

#### *Fase 2 (2019/2020)*

Opstarten proefprojecten in samenwerking met ketenpartners (logistiek, ontwerp- en bouwtechnisch) de mogelijkheden voor hergebruik van betonconstructies nader te onderzoeken.

#### *Fase 3 (2021)*

In samenwerking met één of meerdere architectenbureau's zal opschaling gezocht worden voor het toepassen van complete beton-elementen. Hierbij zal gezocht worden naar een bouwstofwaarde van de betreffende componenten die vergelijkbaar is (en daar waar mogelijk hoger) met de waarde van

deze elementen indien ze vergruisd zouden worden en als granulaat terug naar de markt geleverd zou worden.

#### *Fase 4 (2022)*

Tezamen met de ketenpartners is het streven om in 2022 naar een omvang van minstens 6.650 ton her-ingezette betonelementen te groeien.

Voor de keten van beton bij Lagemaat kunnen de volgende partners in de keten worden geïdentificeerd:

Betoncentrale	Producent en transport van virgin beton.
Betonleverancier	Levering en transport van betonelementen.
Architect	Ontwerper van bouwwerken met betonelementen
Bouwaannemer	Bouwer van bouwwerken met toepassing van (voorgespannen beton) en 'in het werk gegoten' beton.
Herms, Pater	Verhuur telekraan voor plaatsing voorbespannen betonconstructies
Transporteur	Transport van voorbespannen betonelementen
-	

## **5.2 Financiële inspanning**

De financiële inspanning zal in 2019 en 2020 voornamelijk in het teken staan van het geven van voorlichting aan- en het inrichten van overlegstructuren met de ketenpartners.

Vervolgens zullen materiaal- en bouw technische alsmede logistieke aspecten verder uitgewerkt te worden. Ten aanzien van 2019 en 2020 wordt geschat dat hier jaarlijks 100 advies-uren mee gemoeid zijn.

## Bijlage 1

Uitgangspunten proefproject:

- Gebouwafmetingen:
  - Casco gebouw 24,8 x 21,6 m
  - Strokenfundering normaliter 95,2 m1 van 80cm breed en 25cm dikte
  - Wandhoogte 2,70 m
  - Wanddikte normaliter 20 cm
  - Dakconstructie normaliter 24,8 bij 21,6 m, dikte 25cm
- Op locatie aanwezig:
  - Stelconplaten (alternatieve fundering) 100x100cm
  - Legioblokken (alternatieve wandopbouw)
- Op nabije slooplocatie aanwezig:
  - Benodigde staalconstructie
  - Betonpoer fundatie-elementen
  - Voorgespannen betonvloerdelen