



**Van Houten
& partners**

ORGANISATIE - ADVISEURS

20 februari 2025



KETENANALYSE

Beton

Criteria
Opgesteld door

Conform niveau 5 op de CO2-prestatieladder 3.1
R.I. Lammertink
S. Gibb



Inhoud

1	INLEIDING	4
1.1.	LEIDING EN VERANTWOORDING	4
1.2.	ACTIVITEITEN HTI-NL	4
1.3.	WAT IS EEN KETENANALYSE?	4
1.4.	DOEL VAN DE KETENANALYSE	4
2	SCOPE 3 & KEUZE KETENANALYSE	5
2.1.	SELECTIE KETENS VOOR ANALYSE	6
2.2.	SCOPE KETENANALYSE	6
2.3.	PRIMAIRE & SECUNDAIRE DATA	7
2.4.	ALLOCATIE DATA	7
3	SCHAKELS IN DE KETEN	8
3.1.	KETENPARTNERS	9
4	KWANTIFICEREN VAN EMISSIES	10
4.1.	WERVING EN DESIGN	10
4.2.	DELVING EN TRANSPORT	10
4.3.	PRODUCTIE STANDAARD BETON	12
4.3.1.	<i>Productie 3D-geprint beton</i>	13
4.3.2.	<i>Betonproductie met geopolymeren</i>	14
	<i>Productie met CO₂-opvang van cement</i>	14
4.3.3.		14
	<i>Productie met Freement</i>	14
4.3.4.		14
	<i>Productie met CO₂-injectie</i>	15
4.3.5.		15
	TRANSPORT NAAR PROJECTLOCATIE	15
4.4.		15
	CONSTRUCTIE	15
4.5.		15
	GEBRUIKSFASE/ONDERHOUD	16
4.6.		16
4.6.1.	<i>Self-healing concrete</i>	16
	SLOOP	16
4.7.		16
	OVERZICHT EMISSIES IN DE KETEN	17
4.8.		17
5	VERBETERMOGELIJKHEDEN	19
	DESIGN	19
5.1.		19
5.2.	DELVING, TRANSPORT EN PRODUCTIE	19
	TRANSPORT NAAR PROJECTLOCATIE	20
5.3.		20
	CONSTRUCTIE	20
5.4.		20
	GEBRUIKSFASE	20
5.5.		20
	SLOOP	21
5.6.		21
5.7.	REDUCTIEDOELSTELLING EN MAATREGELEN	21



6	BRONVERMELDING	22
7	VERKLARING OPSTELLEN KETENANALYSE	23



1 Inleiding

1.1. Leiding en verantwoording

In het kader van certificering op niveau 5 van de CO₂-prestatieladder voert HOCHTIEF Infrastructure GmbH Nederland (HTI-NL) één analyse uit van een GHG genererende keten. Zoals de titel doet vermoeden wordt er een analyse van t.b.v. het beton gemaakt. De directie van HTI-NL zet zich door de uitvoering van de ketenanalyse in om te ontdekken waar daadwerkelijk invloed uitgeoefend kan worden, de CO₂-reductiekansen in beeld te brengen en een actieve bijdrage te leveren in de reductie van de keten.

1.2. Activiteiten HTI-NL

In 2014 is HTI-NL met een kantoor in Diemen begonnen – in de nabijheid van het SAAone (A1/A6) project. Door de groei van het bedrijf is in 2017 de overstap naar Amstelveen gemaakt met meer vierkante meters en een modernere inrichting. Het eerste kantoor dat HOCHTIEF ooit betrok was in Frankfurt, Duitsland, in het jaar 1873. Vandaag de dag is het hoofdkantoor gevestigd in Essen, Duitsland. Het moge duidelijk zijn dat HOCHTIEF in de tussenliggende periode gegroeid is tot een internationaal opererend bedrijf, met meer dan 40.000 medewerkers, een omzet ruim boven de 26 miljard euro en vestigingen over de gehele wereld.

Het onderdeel zijn van een internationaal bedrijf maakt HTI-NL bijzonder. Enerzijds is HTI-NL een echt Nederlands bedrijf met lokale werknemers. Anderzijds kan er een beroep worden gedaan op de resources en expertises van het moederbedrijf. Dat geeft een mooie dynamiek en staat HTI-NL toe om heel flexibel te kunnen reageren op onverwachte situaties.

1.3. Wat is een ketenanalyse?

Een ketenanalyse houdt in dat van een bepaald product of dienst de CO₂-uitstoot wordt berekend van de gehele keten. Met de gehele keten wordt de gehele levenscyclus van het product bedoeld: van winning van de grondstof tot en met het einde van de levensduur.

1.4. Doel van de ketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van CO₂-reductiekansen, het definiëren van CO₂-reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang hiervan. Op basis van het inzicht in de scope 3 emissies en de ketenanalyse worden reductiedoelstellingen geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd wordt actief gestuurd op het reduceren van de scope 3 emissies.

Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. HTI-NL zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van deze reductiedoelstellingen.



2 Scope 3 & keuze ketenanalyse

De bedrijfsactiviteiten van HTI-NL zijn onderdeel van een keten van activiteiten. Zo moeten materialen die worden ingekocht eerst geproduceerd worden (upstream) en gaat het transporteren, gebruik en verwerken van opgeleverde “producten” of “werken” ook gepaard met energiegebruik en emissies (downstream). In document 4.a.1 Meest materiele emissies is inzichtelijk gemaakt wat de Product-Markt Combinaties (PMC) zijn waarop HTI-NL de meeste invloed heeft om de CO₂-uitstoot te beperken (zie tabel 1). Op basis hiervan is bepaald welke ketenanalyse uitgevoerd wordt. Voor de PMC is er gekeken naar het project Kademuur Amaliahaven in de Tweede Maasvlakte, Rotterdam. Dit project omvat de aanleg van een havenbekken en kades, bedoeld om grotere containerschepen te ontvangen en de capaciteit van de Rotterdamse haven te vergroten. De haven wordt voorzien van moderne infrastructuur om efficiënte logistieke operaties te ondersteunen en is een belangrijke stap in de uitbreiding en versterking van de haven van Rotterdam als een cruciaal logistiek knooppunt. Dit project is redelijk representatief om de verhoudingen van de verschillende scope 3 activiteiten te analyseren.

Tabel 1: PMC HTI-NL

Toelichting kolom relatief belang en potentiële invloed.

4 = groot; 3 = middelgroot; 2 = klein; 1 = te verwaarlozen

PMC sectoren en activiteiten	Omschrijving van activiteit	Percentage van omzet	Belang van CO ₂ belasting van sector	Invloed van de activiteiten	Potentiële invloed van het bedrijf op CO ₂ uitstoot	Rangorde	
Amaliahaven - bouwwerkzaamheden	1. Aangekochte goederen en diensten	90%	4	4	4	1	
	2. Kapitaalgoederen		3	3	3	2	
	3. Brandstof en energie gerelateerde activiteiten		3	3	3	2	
	4. Upstream - Transport en distributie		3	2	2	10	
	5. Productieafval		2	4	2	6	
	6. Personenvervoer onder werktijd		2	4	2	6	
	7. Woon-werkverkeer		2	4	2	6	
	8. Upstream geleaste activa		2	3	2	10	
	9. Downstream-Transport en distributie		3	2	2	10	
	12. End of life verwerking van verkochte producten		2	3	2	10	
	Kantoor-werkzaamheden	1. Aangekochte goederen en diensten	10%	2	4	2	8
		2. Kapitaalgoederen		2	4	2	8
3. Brandstof en energie gerelateerde activiteiten			1	1	1	19	
4. Upstream - Transport en distributie			2	2	2	18	
5. Productieafval			2	4	2	8	
6. Personenvervoer onder werktijd			2	4	2	8	
7. Woon-werkverkeer			2	4	2	8	
8. Upstream geleaste activa			3	3	3	4	
9. Downstream-Transport en distributie			2	4	2	8	
12. End of life verwerking van verkochte producten			1	1	1	19	

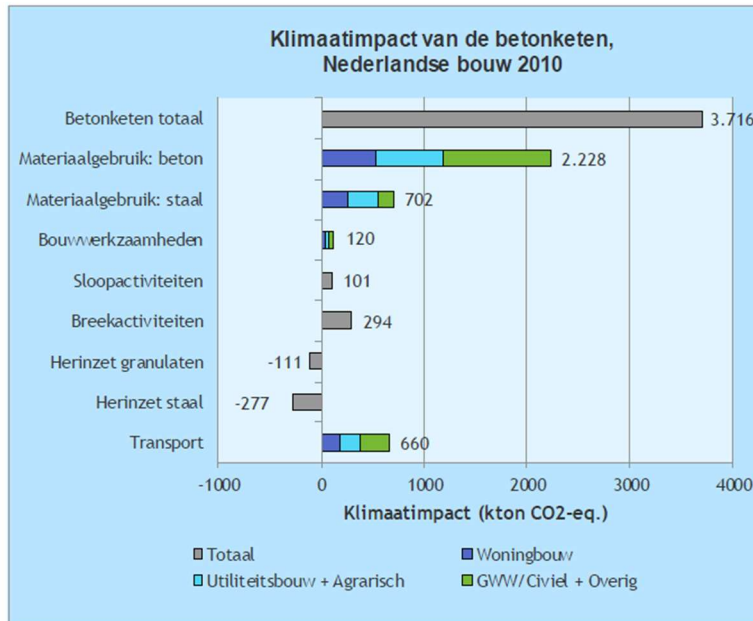
2.1. Selectie ketens voor analyse

HTI-NL zal volgens de voorschriften van de CO₂-Prestatieladder 3.1 uit de top twee een emissiebron moeten kiezen om een ketenanalyse over op te stellen.

De top twee betreft:

1. *Aangekochte goederen en diensten*
2. *Kapitaalgoederen/ Brandstof en energie gerelateerde activiteiten*

Klimaatimpact van de betonketen, uitgesplitst naar toepassingsgebied



Figuur 1: Klimaatimpact van de betonketen

Bron: CE Delft (2013)

Aangezien kapitaalgoederen de grootste emissiestroom betreft en er het meeste impact kan worden behaald, wordt hier de focus opgelegd. De twee grootste materiaalstromen in veel infrastructuurprojecten omtrent CO₂-impact zijn staal en beton. Er is een analyse uitgevoerd om te bepalen welke materiaalstroom meer potentieel heeft voor verduurzaming. Uit deze analyse is gebleken dat beton het meeste potentieel biedt. Bovendien toont de figuur 1 aan dat beton een aanzienlijk grotere CO₂-impact heeft in bouwprojecten dan staal. Om een concrete ketenanalyse op te stellen wordt de betonketen van een tenders geanalyseerd: de Zuid-as tunnels in Amsterdam. Er is voor de Zuid-as tunnel gekozen en niet voor de Amaliahaven, omdat deze tender nog moet worden uitgevoerd en daardoor kunnen verduurzamingsmaatregelen nog mee worden genomen. De ZuidasDOK, een groot infrastructuurproject in Amsterdam, omvat onder andere de aanleg van een tunnel voor de A10 Zuid snelweg. Dit project is bedoeld om de bereikbaarheid van de Zuid-as te verbeteren en verkeersstromen te optimaliseren. Naast de tunnel worden ook nieuwe stations en uitbreidingen van spoor- en wegennetwerken gerealiseerd. Het project speelt een cruciale rol in het ondersteunen van de groeiende zakelijke en residentiële ontwikkelingen in het gebied.

De ketenanalyse is als volgt:

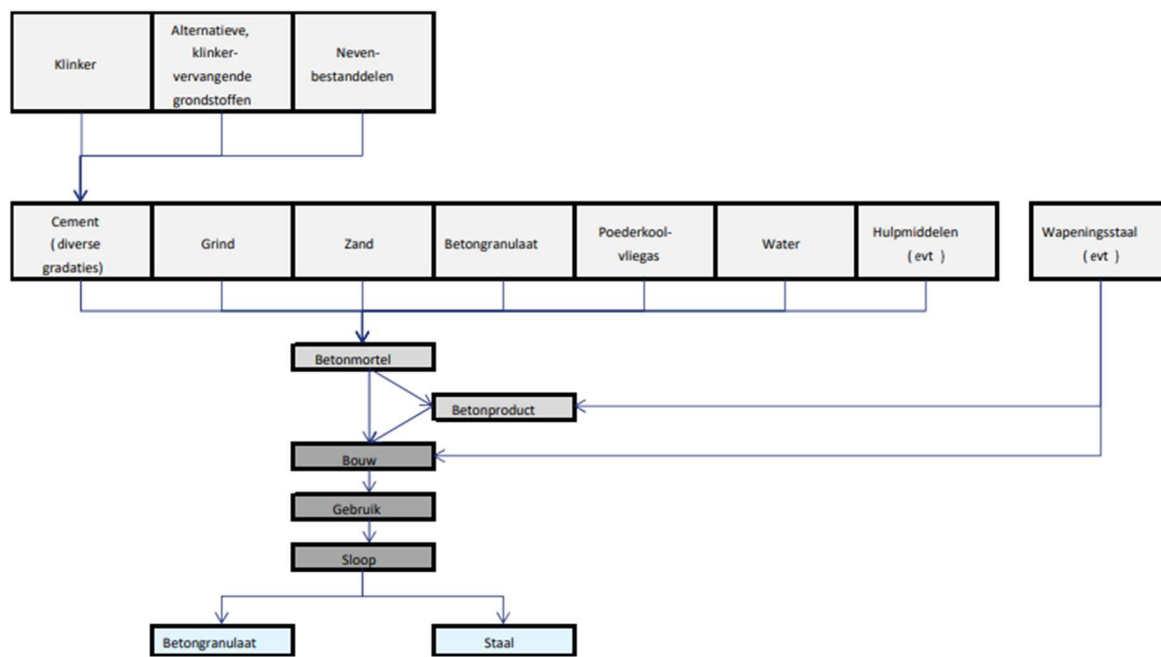
Ketenanalyse Beton van de Zuid-as tunnel in Amsterdam.

2.2. Scope ketenanalyse

De scope van deze ketenanalyse is de gehele keten van beton (figuur 2). Van delving tot verwerking en uiteindelijk afvalverwerking/hergebruik. De kansen voor verduurzaming in de hele keten zullen inzichtelijk worden gemaakt. Er zal een traditionele betonketen langs alternatieven worden gelegd. Hiervoor zullen o.a. 3D-geprint beton, geopolymer- en zelfhelend beton worden geanalyseerd.

3 Schakels in de keten

Figuur 3 beschrijft de diverse fasen door de gehele keten van beton waarbij productie is uitgesloten. Hieronder worden deze stappen omschreven.



Figuur 3: Ketenanalyse

Bron: Van Haarst (2024)

Beton is een product welke uit veel grondstoffen wordt gemaakt. Dit valt op te maken in het bovenstaande figuur (figuur 3). Hierdoor zijn er ook veel verbeterkansen in het verduurzamen van beton. Van keuzes zoals grondstoffenwinning dichtbij projectlocaties tot het hergebruiken van betongranulaat.

Ketenpartners kernactiviteiten:

- Opdrachtgevers: overheden
- Leveranciers: betonleveranciers, betonproducenten;
- Omgeving;
- Onderaannemers;
- Architectenbureaus.

Ketenpartners betonketen

De belangrijkste fasen in de ketenfase in relatie tot de ketenpartners zijn geïdentificeerd als volgt:

A. Verwerven project

In eerste instantie bij het verwerven van een project wordt vooral voor projecten gekozen in de buurt van Amstelveen. Vervolgens wordt er ook gekeken binnen de aanbesteding naar leveranciers uit de buurt, naar de methodiek van leveren, locatie van mengen (mixinstallatie op locatie of vooraf gemengd aangeleverd) en de toegevoegde waarde die daarin de verschillende leveranciers onderscheidt (en maakt tot wel of geen strategische partner). Bij een aanbesteding waarin HTI-NL de mogelijkheid heeft om met de opdrachtgever mee te denken, kan vanaf de initiatiefase gekeken worden naar de doelstellingen en de visie op betonproductie. Hierbij wordt bepaald of er gekozen wordt voor duurzaam beton of dat er ontwerpeisen zijn die hiervan afwijken. Daarnaast kan het budget een rol spelen in deze beslissingen. HTI-NL heeft de mogelijkheid om invloed uit te oefenen op de opdrachtgever en zal altijd als uitgangspunt kiezen voor duurzamer beton. Hoewel de opdrachtgever uiteindelijk de beslissingen neemt,

kan HTI-NL via de overheid en politiek de maatschappelijke discussie over beton stimuleren. Op deze manier kan de invloed op de opdrachtgever worden vergroot.

B. Ontwerp- en bouwfase

Hoewel bij grote infrastructuurprojecten duidelijke minimale eisen worden gesteld, vooral met betrekking tot veiligheid, is er altijd nog ruimte in het traject voor duurzamere oplossingen. Voordat de daadwerkelijke bouw begint, hebben de betrokken partijen nog twee jaar de tijd om de details van het ontwerp en het plan uit te werken. Hoewel de vormgeving al grotendeels vastligt, kan het type beton, de hoeveelheid die wordt gebruikt en eventuele innovatieve technieken nog steeds worden aangepast. Daarom liggen hier de beste kansen voor verduurzaming. In de bouwfase zelf kan ook nog worden gestuurd op welke periode er wordt gebouwd en welke machines er worden gebruikt. Hierbij is het samenwerken met de juiste onderaannemers omtrent duurzaamheid van belang.

C. Gebruiksfase

In de gebruiksfase vindt geen grootschalige betonproductie of -toepassing plaats, mits er geen eventuele uitbreidingen en/of aanpassingen verricht dienen te worden. Hiervoor kunnen dezelfde ketenpartners worden aangewezen als in de bouwfase. Echter, in de gebruiksfase komt het vaker voor dat betonreparaties moeten worden uitgevoerd. In dergelijke gevallen kunnen de eerdergenoemde partners meestal niet worden aangewezen vanwege het afwijkende materiaalgebruik. In dit document zullen nog innovatieve toepassingen als self-healing concrete (zelf reparerend beton, zie paragraaf 4.6.1) worden behandeld. Dit beton is duurzamer voor onderhoud, maar moet wel vanaf het begin worden toegepast.

D. Sloopfase

Dit is niet onderdeel van de kernactiviteiten van HTI-NL. Daarnaast blijft veel van deze grote infrastructuur 100 jaar of meer staan voordat zij gesloopt worden. Echter, voor het bouwen van de Zuid-as tunnel kunnen wel onderdelen moeten worden gesloopt. Hierbij kan geprobeerd worden te sturen op het toepassen van duurzame(re) slooptechnieken. Denk hierbij ook om beton te gebruiken voor toepassingen als Freemant (zie paragraaf 4.7) of stukken beton hergebruiken voor kleine infra toepassingen (e.g. voetgangers loopbrug). Naast CO2 wordt hier gekeken naar hoogwaardig circulair materiaal gebruik.

3.1. Ketenpartners

Er wordt samengewerkt met verschillende ketenpartners voor het leveren van beton en andere grondstoffen. Echter, aangezien de aanbesteding nog loopt is het nu een strategische overweging om deze niet te publiceren. Zodra dit algemeen bekend is zal dit zichtbaar worden gemaakt in de tekst hieronder.

Ketenpartners binnen de scope van het project zijn voor beton:



Grondstoffen



4 Kwantificeren van emissies

Op basis van de beschrijving van de keten zoals weergegeven in hoofdstuk 3 is per ketenstap bepaald waar er CO₂-uitstoot wordt uitgestoten tijdens de diverse fasen van de keten. Elke paragraaf beschrijft een onderdeel van de keten en de bijbehorende CO₂-uitstoot.

4.1. Werving en Design

In de werving/designfase zijn het wat kantoorwerkzaamheden en fysieke- en online meetings. Deze werkzaamheden komen met uitstoot, maar deze is minimaal in vergelijking met de gehele betonketen en daarnaast zijn het met name scope 1 en 2 emissies.

4.2. Delving en transport

Voor beton zijn de volgende grondstoffen nodig: zand, grind water en cement. Voor cement zijn dan weer hoogovenslak, vliegas en gips nodig. Waar deze grondstoffen gedolven worden kan sterk variëren per ketenpartner. Daarom is kwantificeren van grondstoffen onderhevig aan onzekerheden, maar deze kunnen grotendeels wegnemen doordat deze informatie ook beschikbaar is van de leveranciers.

Zand en grind

Zand en grind beïnvloeden beton vooral afhankelijk van of ze nieuw gewonnen (virgin) of gerecycled (secundair) zijn. Daarnaast, maakt het uit waar het gewonnen wordt en met welke methode. In Nederland wordt zowel grind als zand uit de rivieren gehaald, maar er wordt op dit moment veel meer zand gewonnen dan weer wordt geleverd in de rivieren. Daarnaast wordt er wel eens zand uit het buitenland gehaald wanneer er tekorten zijn in Nederland. Voor zand uit het buitenland worden soms hele eilanden weggevaagd bij Indonesië. Het zand wat nodig is voor beton is schaarser. Hieronder staan de emissiefactoren die worden gehanteerd voor zand en grind (kg/CO₂ per ton).

Tabel 2: Emissiefactoren voor zand en grind

Grondstof	Kg CO ₂ /ton
Betonzand	9,77
Grind	10,49

Bron: Ketenganalyse Rewij (2024)

Water

Alhoewel de CO₂-impact van water insignificant is maakt het meer toenemende droogte in Nederland wel uit hoeveel er wordt gebruikt en waar het vandaan komt. Op dit moment is het waterverbruik in beton goed voor 10% van de totale wereldwijde industriële verbruik¹. Uiteindelijk bestaat het volume van beton namelijk voor ongeveer 15% uit water. Oorsprong van water in de productie van beton kan verschillen per locatie. Wanneer er rivieren in de buurt zijn wordt het hier wel uitgehaald, maar dit kan wel vervuild zijn. Soms wordt er ook grondwater gebruikt, maar dit vergt wel de nodige vergunningen. Het is ook niet ongebruikelijk om gewoon kraanwater te gebruiken, maar het is wel een kostbare optie. Waarschijnlijk wordt in dit project oppervlaktewater uit de omgeving verzameld.

Tabel 3: Emissiefactor voor water

Grondstof	Kg CO ₂ /ton
Water	0,3 ²

¹ <https://www.carboncure.com/concrete-corner/water-one-of-concretes-most-important-resources-faces-new-challenges/>

² <https://biocompact.nl/blog/waterbesparing/water-besparen-5-redenen-om-er-mee-te-starten/#:~:text=CO2%20uitstoot%20verminderen&text=Uit%20meerdere%20onderzoeken%20is%20gebleken,dus%20487.640%20liter%20per%20jaar.>

Cement

Cement wordt vervaardigd uit kalksteen, dat wordt verhit tot hoge temperaturen in een oven. Dit proces, calcinatie genaamd, is verantwoordelijk voor een groot deel van de CO₂-uitstoot. Voor cement is de samenstelling van belang. Er wordt in de cementindustrie over verschillende classificatie gesproken. Hieronder staat een overzicht van de classificaties met de samenstelling en eigenschappen (duurzaam in dit geval betekent vaak een lange(re) levensduur):

1. Portland Cement (CEM I)

Samenstelling: gemaakt van kalksteen, klei, en een kleine hoeveelheid gips.

Eigenschappen: het is de meest gebruikte cementsoort vanwege zijn hoge sterkte en duurzaamheid.

2. Portland-Slag Cement (CEM II/A-S of CEM II/B-S)

Samenstelling: bevat 6-35% (A-S) of 36-80% (B-S) gesmolten slakken als toevoeging.

Eigenschappen: biedt verbeterde weerstand tegen sulfaten en chloriden, en is duurzaam in zeewateromgevingen.

3. Portland-Fly Ash Cement (CEM II/A-V of CEM II/B-V)

Samenstelling: bevat 6-35% (A-V) of 36-55% (B-V) vliegas.

Eigenschappen: vermindert de warmteontwikkeling tijdens het uitharden en verhoogt de chemische weerstand.

4. Composite Cement (CEM II)

Samenstelling: een mengsel van Portlandcement met andere materialen zoals vliegas, kalksteen, of slakken.

Eigenschappen: geschikt voor een breed scala aan toepassingen en biedt verschillende voordelen afhankelijk van de exacte samenstelling.

5. Blastfurnace Cement (CEM III/A, B, C)

Samenstelling: bevat een hoog percentage gesmolten slakken (36-65% voor CEM III/A, 66-80% voor CEM III/B, en 81-95% voor CEM III/C).

Eigenschappen: zeer duurzaam en geschikt voor agressieve omgevingen, zoals maritieme constructies.

6. Pozzolanic Cement (CEM IV)

Samenstelling: bevat natuurlijke of kunstmatige puzzolanen zoals vliegas of silica fume.

Eigenschappen: verhoogt de weerstand tegen chemische aanvallen en vermindert de doorlaatbaarheid van beton.

7. Composite Cement (CEM V)

Samenstelling: een mengsel van Portlandcement, gesmolten slakken, en puzzolanen.

Eigenschappen: combineert de voordelen van verschillende cementsoorten en biedt een hoge duurzaamheid en weerstand tegen chemische aantasting.

In het onderstaande tabel staan de minimale eisen over het type cement in dit project.

Tabel 4: Eisen beton voor de Zuid-as tunnel

Compositie
Onder water beton
C20/25 up to C28/35 (CEM III B/32,5)
Tunnel
> C30/37 (CEM III/A 32,5)
Diepwand
C30/37 (CEM III B/32,5)

In de onderstaande tabel zijn de schattingen van de CO₂-uitstoot per type cement van CE Delft (2013) te zien.

Tabel 5: Emissiefactoren voor type cement

Cementtype	Kg CO ₂ /kg
CEM III/A	0,44
CEM III/B	0,24
CEM III/C	0,10

Hoogovenslak

Bij het cementtype (CEM III A/B/C) welke vooral in dit project en veel projecten in Nederland wordt uitgevraagd is hoogovenslak in grote hoeveelheden aanwezig. Hoogovenslak is een bijproduct van de productie van ijzer in een hoogoven. Het wordt gevormd door de reactie van ijzererts met kalksteen en andere hulpstoffen. Hoogovenslak kan worden gemalen tot een fijn poeder en gebruikt als toevoeging in cement en beton. Het heeft latente hydraulische eigenschappen, wat betekent dat het in aanwezigheid van water en een activator zoals calciumhydroxide cementachtige eigenschappen kan ontwikkelen. Het rapport van CE Delft (2013) zal gehanteerd worden voor de CO₂-uitstoot voor CEM III waarbij hoogovenslak al is meegenomen in de berekening.

Betongranulaat

Het is lastig een CO₂-emissiefactor te koppelen aan betongranulaat aangezien het een hergebruikte materiaalstroom is. De initiële emissies in de eerste levenscyclus mogen daarom niet worden meegenomen. Het slopen van beton en het verkleinen tot betongranulaat is een proces waarbij CO₂-uitstoot komt kijken. Een rapport van Reimert Groep (2022) schrijft over een uitstoot van gemiddeld 20,23 kg CO₂eq per m³ beton.

4.3. Productie standaard beton

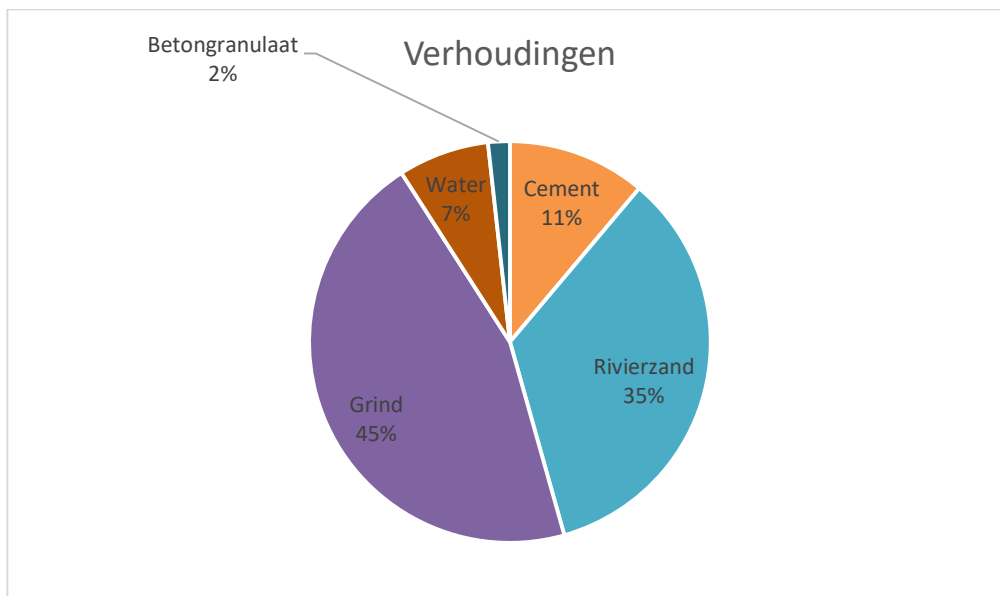
Samenstelling betonmortel

De emissiefactoren de verschillende grondstoffen zijn nu bekend. Echter is het ook belangrijk om te weten in welke verhoudingen de materialen worden gebruikt om beton te maken. Het rapport van CE Delft (2013) illustreert de onderstaande verhoudingen:

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	

Figuur 4: Verhoudingen samenstelling beton

Het onderstaande figuur weergeeft de relatieve verhoudingen in de gemiddelde samenstelling van beton.



Figuur 5: Relatieve verhoudingen samenstelling beton

Vervolgens kan hieruit de CO₂-footprint van de productie van beton worden opgemaakt. In de onderstaande berekening komt het totaal uit op 292 kg CO₂ per m³.

Tabel 6: CO₂-footprint betonproductie

	kg co2 / ton	Percentage in beton	kg/m3	Ton	Uitstoot in mortel
Zand	9,77	35%	821,1	0,8211	8,022147
Grind	10,49	45%	1055,7	1,0557	11,07429
Water	0,3	7%	164,22	0,8211	0,24633
CEM III/B	240	11%	258,06	1,0557	253,368
Betongranulaat		2%	46,92	0,04692	20,23
Totaal					292

4.3.1. Productie 3D-geprint beton

De ketenanalyse van Witteveen+Bos toont aan dat 3D-geprint beton minder duurzaam is in de productie, maar dat het tijdens de constructie minder beton vereist. Hierdoor heeft het uiteindelijk een lagere uitstoot dan traditioneel beton.

Tabel 3.1 CO₂-uitstoot van beton per m³ in de productiefase

	3D-geprinte beton (CEM I)	Prefab beton CEM I (C45/55) inclusief wapening	Prefab beton CEM III (C45/55) inclusief wapening
CO ₂ -uitstoot per m ³ (kg CO ₂ -eq.)	602	533	342
CO ₂ -uitstoot per m ³ na correctie door lager volume (kg CO ₂ -eq.)	201		

Figuur 6: CO₂-uitstoot van beton in productiefase

Figuur 6 weergeeft dat de productie een hogere CO₂-uitstoot heeft doordat er meer cement wordt gebruikt in 3D-geprint beton. Echter, het laat ook zien dat de uitstoot aanzienlijk lager ligt wanneer er rekening gehouden wordt met

de reductie van hoeveelheid beton wat nodig is. Daarnaast kan het toepassen van geopolymeer in plaats van cement nog een aanzienlijke reductie teweegbrengen zoals is weergegeven in figuur 7.

Tabel 3.2 kg CO₂-uitstoot van beton per m³

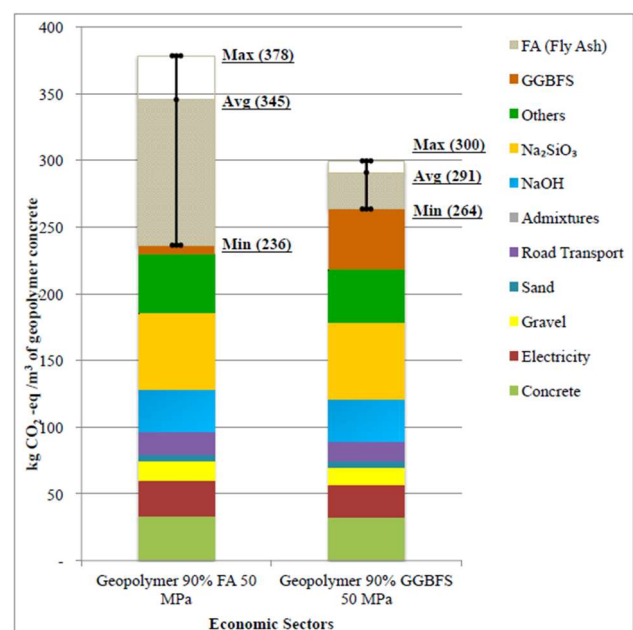
	3D-geprinte beton (CEM I)	3D-geprinte beton (CEM III)	3D-geprinte beton (geopolymeren)
reductie t.o.v. 3D-geprint beton (CEM I)	-	35 %	80 %
CO ₂ -uitstoot per m ³ (kg CO ₂ -eq.)	602	391	120

Figuur 7: CO₂-uitstoot van beton

Een kanttekening hierbij is dat deze bevindingen tot nu toe alleen zijn toegepast op kleine infrastructuurprojecten.

4.3.2. Betonproductie met geopolymeren

Aangezien de grootste bron van emissies in de betonketen cement is (tot wel 80%) valt er veel CO₂-reductie te winnen met het toepassen van duurzamere alternatieven voor cement. Geopolymeren is zo'n alternatief. Voor 3D-geprint beton is deze reductie al helemaal aanzienlijk, omdat het meer gebruik maakt van cement. Het is ook interessant om te kijken naar de impact van geopolymeren toepassen los van 3D-geprint beton. Cijfers over het besparingspotentieel variëren sterk en er zijn ook in wetenschappelijke onderzoeken de nodige discussies. Zo laat een veel geciteerde studie de cijfers uit de tabel hiernaast zien³. Deze cijfers liggen dicht bij de berekeningen voor standaard beton die berekend zijn in dit rapport. Volgens de EOS-wetenschap kan echter een reductie van 50% ten opzichte van standaard beton worden bereikt⁴. Wel heeft geopolymeer nog de nodige kanttekingen. Er is nog niet in grote hoeveelheden mee gewerkt in de infrastructuur, waardoor weinig garantie gegeven kan worden. Daarnaast is bewezen dat dit type beton eerder poreus wordt door de jaren heen, waardoor geen levensfase van 50 jaren nog gegarandeerd kan worden.



Figuur 8: Besparingspotentieel geopolymeren

Bron: Huey et al (2017)

4.3.3. Productie met CO₂-opvang van cement

HeidelbergCement implementeert CCS (Carbon, Capture and Storage) in hun fabriek in Brevik, Noorwegen, met een jaarlijkse CO₂-afvang van 400.000 ton, wat overeenkomt met 50% van de fabrieksuitstoot (Renewable Carbon). Ook Vicat's Hynovi-project en Carbon8 Systems' technologie bieden duurzame productiemethoden door CO₂ af te vangen en te hergebruiken (Global Cement). CO₂-opvang zou de footprint van cement tot wel 90% kunnen reduceren⁵. Kanttekening met CO₂-opvang is wel dat er aardig wat energieverbruik bij deze technologie komt kijken. Dit is zowel economisch (sterk stijgende energieprijzen) als op duurzaamheid een belangrijke onzekere variabele.

4.3.4. Productie met Freement

Een andere manier om de CO₂-uitstoot van cement aanzienlijk te reduceren is om beton te recycleren. In Nederland en België worden jaarlijks miljoenen tonnen beton afgebroken. Alleen tot nu toe wordt het nog niet altijd hoogwaardig gerecycleerd of hergebruikt. Een deel wordt gebruikt als betongranulaat en een andere deel komt terecht onder het wegdek. Echter, ook een deel wordt afgevoerd als afval. Hetgeen wat nu zonde is in de keten van beton is dat aan dit betongranulaat nieuw cement wordt toegevoegd terwijl er cement in dit betongranulaat zit wat niet wordt gebruikt. Daarom wordt er nu op innovatieve wijze Freement ontwikkeld. Hierbij wordt beton zo verfijnd dat er cement uit kan

³ Teh, Soo Huey, Thomas Wiedmann, Arnaud Castel, and James de Burgh. "Hybrid life cycle assessment of greenhouse gas emissions from cement, concrete and geopolymer concrete in Australia." *Journal of cleaner production* 152 (2017): 312-320.

⁴ <https://www.eoswetenschap.eu/natuur-milieu/worden-onze-huizen-de-toekomst-gebouwd-met-duurzaam-beton>

⁵ <https://www.nature.com/articles/d41586-022-00758-4>

worden gehaald. Er is al een Nederlands bedrijf, Rutte, die zogenoemde 2 Smart Crushers heeft aangeschaft waarmee het bedrijf zelf deze Freement kunnen verkrijgen. Naar schatting kan ongeveer 50% of meer van het cement uit betonafval worden gehaald⁶. Wanneer het gerecyclede cement met zero-emissies machines wordt verkregen kan de footprint van cement in de tweede levenscyclus aanzienlijk dalen⁷. Er wordt voor deze ketenanalyse een reductie van de footprint van cement met 50% gehanteert. Ook Freement heeft een paar kanttekeningen. Zo vergt het enige energie om het te produceren, kunnen de kosten soms hoger oplopen dan traditioneel beton, het heeft nog niet erkenning van veel internationale standaarden en er zijn nog onzekerheden ten aanzien van levensduur.

4.3.5. Productie met CO2-injectie

Er zijn wereldwijd ongeveer 25 bedrijven die CO2-injectie integreren in beton om de CO2-footprint te verminderen. Voorbeelden zijn Solidia Technologies, dat CO2 gebruikt bij het uitharden van beton, en Carbicrete, dat cement vervangt door staalafval en CO2 opvangt tijdens het uitharden. Andere bedrijven zoals Blue Planet creëren synthetisch kalksteen uit CO2 en CarbonBuilt produceert betonnen blokken door CO2-curing. Deze technieken kunnen de CO2-uitstoot van betonproductie met ongeveer 50% verminderen, wat een significante bijdrage levert aan duurzaamheid in de bouwsector. Wat betreft kanttekeningen zijn dezelfde problemen te herkennen als bij de eerdergenoemde alternatieve productiemethoden.

4.4. Transport naar projectlocatie

Veel van de partners die beton aanleveren komen uit de omgeving van de projectlocatie. De maximale afstand is ongeveer 20 kilometer. In tabel 7 is de geschatte uitstoot van transport te zien.

Tabel 7: Emissiefactoren transport van beton

Transport	Kg CO2 / ton km
Vrachtwagen > 20 ton	0,105 ⁸
Maximale afstand	20
Uitstoot rit	60,40 kg CO2eq

De geschatte hoeveelheid kuub dat maximaal wordt meegenomen is 12m³. Dit staat gelijk aan 28.800 kg (28,8 ton) beton.

4.5. Constructie

Na transport wordt het beton gestort. Hierbij wordt gebruik gemaakt van verschillende machines, zoals betonpompen en trilnaalden. Aangezien er wordt gewerkt met onderaannemers kan dit worden gezien als scope 3 emissies. De Nationale Milieu Database⁹ hanteert de onderstaande emissies.

Tabel 8: Emissiefactoren betonverwerking

Proces	CO2 eq./m ³ beton (kg)
Verwerking	18,29

Uithardingstijd

Het verlengen van de uithardingstijd van beton kan aanzienlijke milieuvordelen opleveren, inclusief een significante reductie van de CO2-uitstoot. Door beton langzamer te laten uitharden, wordt er minder energie verbruikt dan voor versnelde uithardingsprocessen, wat de totale CO2-emissies verlaagt. Het gebruik van minder energie-intensieve methoden kan de CO2-uitstoot met ongeveer 10-20% verminderen. Dit komt doordat minder brandstof nodig is en er minder cement gebruikt kan worden, wat op zijn beurt de emissies van de cementproductie zelf vermindert¹⁰.

⁶ <https://www.ssab.com/en/news/2021/09/a-hardox-500-steel-core-makes-it-possible-to-recycle-cement-at-smart-circular-products>

⁷ <https://www.anthropocenemagazine.org/2024/06/the-ultimate-path-to-zero-emission-cement-may-be-recycled-cement/>

⁸ CO2emissiefactoren.nl

⁹ <https://milieudatabase.nl/nl/2024>

¹⁰ <https://www.asme.org/topics-resources/content/5-ways-to-reduce-co2-emissions-in-concrete-manufacturing>

Bovendien verbetert een langere uithardingstijd de sterkte en duurzaamheid van beton, wat de levensduur van constructies verlengt en de noodzaak van frequente reparaties en vervangingen vermindert. Dit resulteert in verdere besparingen van grondstoffen en energie gedurende de gehele levenscyclus van een bouwproject.

Seizoen

Aangezien beton een mengsel is dat uithardt met warmte heeft het een milieuvoordeel om te bouwen in de zomer. Hierdoor kan beton sneller uitharden en kan er minder cement worden toegepast¹¹. Bovendien gaat het aandeel van hoogovencement in de zomer omhoog wat ook tot CO₂-reductie leidt. Daarnaast is de kans op regen in de zomer aanzienlijk kleiner, en is het vrijwel uitgesloten dat er bij temperaturen onder de 5 graden wordt gebouwd, aangezien betononderdelen dan niet aanbevolen zijn.

4.6. Gebruiksfase/onderhoud

Het kwantificeren van emissies in de gebruiksfase is ingewikkeld, omdat het sterk afhangt van veel variabelen (classificatie, betontype, sterkte, etc.). Daarnaast is beton onderhoudsvriendelijk en heeft het een lange levensduur. De sterkte van het beton bepaald ook hoeveel onderhoud er gepleegd moet worden. Het komt wel eens voor dat er schade en scheuren ontstaan. Normaal gesproken worden deze gedicht door specialistische bedrijf, maar er zijn nu ook andere innovatieve methoden zoals de onderstaande.

4.6.1. Self-healing concrete

Er zijn verschillende innovatieve technieken ontwikkeld om beton zelf herstellend te maken. Deze technieken richten zich op het verminderen van onderhoud en het verlengen van de levensduur van betonnen constructies door gebruik te maken van zelfherstellende mechanismen.

Zo is er onder andere een Nederlands bedrijf genaamd Green Basilisk, welke gebruik maakt van bacteriën die kalksteen produceren om scheuren in beton te dichten. Dit proces helpt niet alleen om de duurzaamheid van het beton te verbeteren, maar vermindert ook de noodzaak voor onderhoud en reparaties, wat leidt tot aanzienlijke kostenbesparingen en een vermindering van de CO₂-uitstoot met 30-50%¹².

4.7. Sloop

Voor het slopen van beton zijn er verschillende stappen. De eerste stap is uiteraard het slopen van beton met machines. NMD (2024)¹³ rekent de volgende emissiefactor:

Tabel 9: Emissiefactor sloop beton

Proces	CO ₂ eq./m ³ beton (kg)
Sloop beton	20,23

Vervolgens moet het naar een afvalverwerker. Aangezien alles in de omgeving van Amsterdam dichtbij is wordt er een maximale afstand van 20 kilometer gehanteerd.

Tabel 10: Emissiefactor transport naar afvalverwerker

Transport	Kg CO ₂ / ton km
Vrachtwagen > 20 ton	0,105
Maximale afstand	20
Uitstoot rit	60,40 kg CO ₂ eq

Door de Nationale Milieu Database (NMD) worden de volgende emissies toegerekend aan het verwerken van betonafval.

¹¹ <https://www.wattisduurzaam.nl/17893/energie-beleid/duurzaam-ondernemen/inspiratie-in-transitie-12-duurzame-stappen-in-beton-en-cement/>

¹² Building a sustainable future: the incredible potential of self-healing concrete (rics.org)

¹³ <https://milieudatabase.nl/nl/>

Tabel 11: Emissiefactor verwerking betonpuin

Proces	CO2 eq./m3 beton (kg)
Verwerking betonpuin	0,18

Tenslotte, is er ook een mogelijkheid om betonpuin te hergebruiken tot granulaat. Op basis van NMD-berekeningen kan de volgende factor uit onderstaande tabel hiervoor worden toegekend.

Tabel 12: Emissiefactor hergebruik va betongranulaat

Proces	CO2 eq./m3 beton (kg)
Hergebruik betongranulaat	-8,63

4.8. Overzicht emissies in de keten

Voor een kuub standaard CEM III/B beton zijn de volgende onderdelen/activiteiten en de bijbehorende emissies vanuit de keten van toepassing.

Tabel 13: Emissiefactoren van standaard beton

Productie beton (delving & transport)		
Product/handeling	Uitstoot kg/m3	Percentueel
Zand	8,022147	2%
Grind	11,07429	3%
Water	0,24633	0%
CEM III/B	253,368	76%
Betongranulaat	20,23	6%
Transport naar projectlocatie		
Transport	5	2%
Verwerking		
Verwerking	18,29	5%
Sloop		
Sloop	20,23	6%
Transport afval	5	2%
Verwerking afval	0,18	0%
Hergebruik betongranulaat	-8,63	-3%
Totaal	333	

Tabel 14: Emissiefactoren van duurzame oplossingen voor beton

CO ₂ -emissies betonketen						
Product/handeling	Standaard CEM III/B	Standaard CEM III/B (langere uithardingstijd)	3D-geprint beton CO ₂ -uitstoot per m ³ na correctie door lager volume (kg CO ₂ -eq.)	CCS	Freement	CO ₂ -injectie
Zand	8,022147	8,022147	201	8,022147	8,022147	
Grind	11,07429	11,07429		11,07429	11,07429	
Water	0,24633	0,24633		0,24633	0,24633	
CEM III/B	253,368	253,368		25,3*	127	
Betongranulaat	20,23	20,23		20,3	20,3	
Transport naar projectlocatie						
Transport	5	5	5	5	5	
Verwerking						
Verwerking	18,29	15	18,29	18,29	18,29	
Sloop						
Sloop	20,23	20,23	20,23	20,23	20,23	
Transport afval	5	5	5	5	5	
Verwerking afval	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
Hergebruik betongranulaat	-8,63	-8,63	-8,63	-8,63	-8,63	
Totaal	333	330	242	106	208	167**

*90% reductie gehanteerd, maar in praktijk kan dit wel lager zijn.

** 50% potentieel reductie van standaard footprint beton

5 Verbetermogelijkheden

In deze paragraaf worden de reductiemogelijkheden voor in de keten van productieafval voor HTI-NL uiteengezet. Verderop in de paragraaf wordt weergegeven hoeveel CO₂-reductie deze maatregelen (ongeveer) opleveren.

Figuur 9 weergeeft overzichtelijk alle mogelijke verbeteringen om de keten van beton te verduurzamen. De eerdergenoemde verbeteringen zijn al aan bod gekomen. Hieronder worden de kansen toegelicht en hoe deze kansen benaderd kunnen worden.

5.1. Design

In de designfase kan de meeste impact worden gemaakt, omdat hier nog een keuze kan worden gemaakt in het type beton, periode van bouwen etc. In deze fase wordt er zoveel mogelijk gestuurd op de verduurzamingsopties die hieronder worden genoemd. Voor innovatieve toepassingen zoals Freement, CCS, enzovoort, worden businesscases gedeeld met de opdrachtgever om deze te presenteren en te overwegen.

5.2. Delving, transport en productie

Zand en grind

Voor de componenten zand en grind is er de verbetermogelijkheid mogelijk om te sturen op meer hergebruikte zand en grind in beton. Hiervoor is het nodig om de juiste leveranciers te vinden en te zorgen dat zand en grind oorspronkelijk uit Nederland komen.

Betongranulaat

De verhoudingen van betongranulaat in beton zijn flexibel. Aangezien het een hergebruikt materiaal is, is het interessant om hier dus meer van te gebruiken. Wel moet de sterkte van beton hierbij in de gaten worden gehouden. Voor tunnels is het belang dat deze heel degelijk en sterk zijn. Hiervoor kan minder worden gebruikt, maar voor vloeren kan meer worden gebruikt. Denk hierbij aan percentage oplopend tot 20-30%.

Water

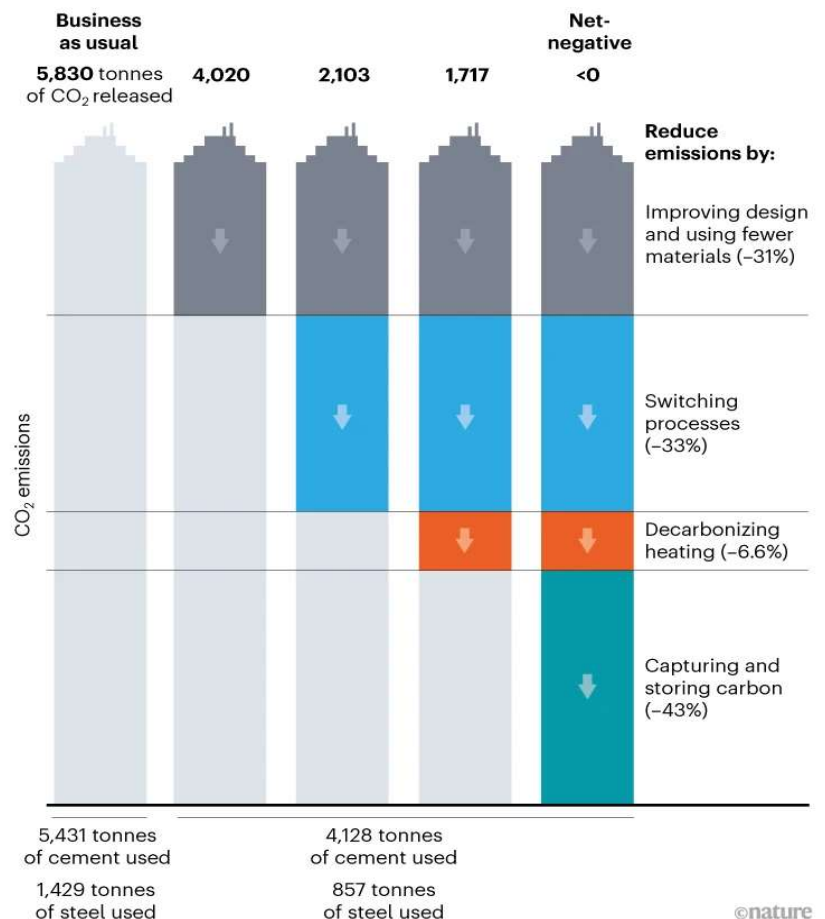
Gezien toenemende intensievere periodes van droogte en regen in Nederland is het belangrijk om water verstandig te gebruiken. Dit betekent bijvoorbeeld in tijden van intensieve regen buien veel regenwater opvangen. Dit zouden op projectlocaties gedaan kunnen worden.

Toepassing 3D-geprint beton

Toepassing van 3D-geprint beton blijkt een lagere uitstoot te hebben doordat er minder beton nodig is. Echter, zijn er nog wat kanttekeningen voordat het kan worden toegepast in het project. In een pilot is het al toegepast voor een brug en fietstunnel, maar de vraag is of het ook schaalbaar is naar de grootte van de Zuid-as tunnel. Daarnaast is ook een grootte vraag of het meerkosten met zich meebrengt en of de opdrachtgever hiermee akkoord gaat. Aangezien minder beton nodig is worden ook kosten bespaard. De mogelijkheid is er om met het consortium in gesprek te gaan

DECARBONIZING A SKYSCRAPER

It takes around 5,400 tonnes of cement and 1,400 tonnes of steel to construct a 30-storey high-rise building that is about 100 metres tall. Producing these materials releases 5,830 tonnes of carbon dioxide. That can be brought to below zero by four steps: using fewer materials, switching production processes, using low-carbon heat sources and carbon capture and storage.



Figuur 9: Verduurzamingmogelijkheden voor beton

Bron: Nature

om meer informatie over de kosten en baten te verzamelen. Daarnaast, indien een kans wordt gezien, wordt deze voorgelegd aan de opdrachtgever, mogelijk als een klein onderdeel binnen het project als pilot.

CO2-afvangen bij productie cement (CCS), Freemont en CO2-injecties

CCS, Freemont en CO2-injectie zijn nieuwere technologieën, maar met een grootte impact. Aangezien cement goed is voor 8% van de jaarlijkse wereldwijde CO2-uitstoot kan het opvangen van CO2 van cement een enorme bijdrage leveren. Nu zijn er nog niet veel leveranciers in Nederland van CCS-beton, maar wel een aantal in Europa:

- I. HeidelbergCement (Noorwegen)
- II. Vicat (Frankrijk)
- III. C-Capture (Verenigd Koninkrijk)
- IV. Aalborg Portland Cement (Denemarken)

HTI-NL kan het inkopen van cement met CCS voorleggen in het project. Van belang is dat de meerkosten, maar ook vooral voordelen aan de opdrachtgever worden laten zien en een leverancier wordt gevonden die dit kan leveren. Hetzelfde geldt voor Freemont en CO2-injecties. Wanneer businesscases voor deze verschillende innovatieve opties kunnen worden opgevraagd, kan een betere economische en technische afweging aan de opdrachtgever worden voorgelegd.

5.3. Transport naar projectlocatie

Aangezien veel van de leveranciers van beton ook transporten naar de projectlocatie van Zuid-As tunnel is er weinig keuze in het type transport. Zoals eerder aangegeven komen ze allemaal wel uit de nabije omgeving van de projectlocatie. Echter, veelal moet beton met grotere vrachtwagens worden aangeleverd.

5.4. Constructie

Machines

In de constructie fase wordt veelal gebruik gemaakt van machines van onderaannemers. Hierbij is de mogelijkheid om te focussen op samenwerkingen met onderaannemers welke werken met elektrische machines. Trilnaalden zijn veelal elektrisch, maar er bestaan nog niet veel elektrische betonpompen.

Uithardingstijd & periode

Er kan worden gestuurd op een langere uithardingstijd voor beton en het bouwen in warmere periodes, wat betekent dat het beton meer tijd heeft om uit te harden voordat het wordt belast. Dit kan helpen om de sterkte en duurzaamheid van het beton te verbeteren. Daarnaast kan de bouwplanning geoptimaliseerd worden door werkzaamheden te concentreren in seizoenen met hogere temperaturen, waardoor de uithardingsomstandigheden ideaal zijn. Dit vermindert het risico op vorstschade en versnelt het uithardingsproces. Bovendien kunnen er speciale additieven zoals versnellers met calcium nitraat aan het betonmengsel worden toegevoegd die de uithardingstijd beïnvloeden en de prestaties van het beton bij verschillende temperaturen verbeteren. Hierdoor kan de kwaliteit en levensduur van betonconstructies aanzienlijk worden verhoogd.

5.5. Gebruiksfase

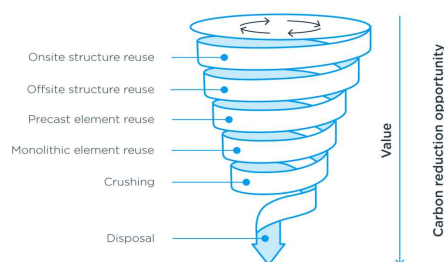
Voor de gebruiksfase is het interessant om de businesscase van zelf herstellend beton voor te leggen. Door de mogelijkheden en voordelen van zelf herstellend beton te onderzoeken en te presenteren, kan er worden beoordeeld of de initiële hogere kosten worden gecompenseerd door de besparingen op lange termijn en de verbeterde duurzaamheid. Dit omvat het analyseren van kostenbesparingen op onderhoud, de verlengde levensduur van de constructie en de mogelijke milieueffecten door verminderde behoefte aan reparaties en vervangingen. Het overwegen van zelf herstellend beton kan daarom een strategische keuze zijn om de totale kosten van eigendom te verlagen en de duurzaamheid van infrastructuurprojecten te verbeteren.

5.6. Sloop

Aangezien infrastructuurprojecten, zoals bijvoorbeeld een tunnel, een technische levensduur van 100 jaar of meer zouden moeten hebben is de sloopfase ver weg. Dit betekent niet dat er geen rekening mee kan worden gehouden in de fasen ervoor. Per betonsoort verschilt de hoeveelheid die gerecycled kan worden en kan worden verwerkt als betongranulaat. Voorstanders van geopolymere beweren dat meer kan worden hergebruikt voor betongranulaat, wat het interessant maakt om verder te onderzoeken. Echter, nog interessanter is om te kijken naar meer hergebruik van beton in het algemeen. Denk hierbij aan grote betonplaten uitsnijden om weer her te gebruiken voor bepaalde objecten. Figuur 10 hiernaast laat zien hoe dit is gedaan voor een voetgangersbrug. Het gaat hierbij erom om meer te denken volgens de circulariteitsprincipes waarbij het van belang is om materiaalstromen hoogwaardig te benutten (zie figuur 11). Het verwerken tot granulaat en later weer tot beton is hierbij laagwaardiger dan het hergebruiken van stukken beton.



Figuur 10: Gerecycled beton voor voetgangersbrug



Figuur 11: Circulariteitsprincipes

5.7. Reductiedoelstelling en maatregelen

Tabel 15: Mogelijkheden tot verduurzaming

Flexibiliteit
Hoeveelheid cement
Hergebruikt grind toepassen
Geopolymeerbeton toepassen
Betonsterkte aanpassen
Andere uithardingstijd kiezen

Tabel 15 laat zien waar de opdrachtgever aangeeft nu flexibiliteit in te kunnen bieden. Uit de eerdere genoemde verbetermogelijkheden kan vooral gestuurd worden op het tijdstip waarop beton wordt gestort, het type beton en hoeveel beton wordt gestort per stormoment. Door hierop te is voor dit project en toekomstige projecten op zijn minst het volgende statement van toepassing:

Verlagen footprint van beton in projecten zoals Zuid-as Tunnel met minstens 10% t.o.v. standaard CEM III/B beton.

Dit wordt gedaan door:

1. Minder cement gebruik door te sturen op een warme periode beton te storten (1% CO₂-reductie).
2. Streven naar het toepassen van het meeste betongranulaat binnen de contracteisen (tot 30% levert 5% CO₂-reductie op).
3. Meer beton afnemen van producenten welke hergebruikt grind en zand toepassen (6% CO₂-reductie).
4. Verwerking met meer elektrische apparaten (3-5% CO₂-reductie).
5. Meer sturen op het toepassen van in deze ketenanalyse genoemde innovatieve toepassingen door het voorleggen van de businesscase. Hierbij worden de kosten en baten inzichtelijk gemaakt t.a.v. duurzaamheids- en financiële impact. Echter, het is erg afhankelijk van de klantbehoefte wat haalbaar is.

6 Bronvermelding

Bron/ Document	Kenmerk
Handboek CO2-prestatieladder 3.1	Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen
Corporate Accounting & Reporting standard	GHG-protocol, 2004
Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard	GHG-protocol, 2010a
Product Accounting & Reporting Standard	GHG-protocol, 2010b
Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines	NEN-EN-ISO 14044
	Ecoinvent v2
https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/#goederenvervoer	CO2 emissiefactoren
https://www.google.com/maps	Google maps
Bijleveld, MM Marijn, GC Geert Bergsma, and M. Marit van Lieshout. "Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw." <i>Delft: CE Delft Report</i> (2013).	CE-delt

De opbouw van dit document is gebaseerd op de Corporate Value Chain (Scope 3) Standaard. Daarnaast is, waar nodig, de methodiek van de Product Accounting & Reporting Standard aangehouden (zie de onderstaande tabel).

Corporate Value Chain (Scope 3) Standard	Product Accounting & Reporting Standard	Ketenanalyse
H3. Business goals & Inventory design	H3. Business Goals	Hoofdstuk 1
H4. Overview of Scope 3 emissions	-	Hoofdstuk 2
H5. Setting the Boundary	H7. Boundary Setting	Hoofdstuk 3
H6. Collecting Data	H9. Collecting Data & Assessing Data	Hoofdstuk 4
H7. Allocating Emissions	H8. Allocation	Hoofdstuk 2
H8. Accounting for Supplier Emissions	-	Onderdeel van implementatie van CO2-Prestatieladder niveau 5
H9. Setting a reduction target	-	Hoofdstuk 5

7 Verklaring opstellen ketenanalyse

Van Houten en Partners B.V. heeft als uitgangspunt dat het advies op gebied van kwaliteit, duurzaamheid en veiligheid anders moet. Vanuit een gemeenschappelijk belang adviseren, begeleiden en ondersteunen wij bedrijven en organisaties over kwaliteits-, veiligheid en/of milieumanagement en CO2-reductie. Wij hebben een ruime trackrecord aangaande succesvol verlopen audits op het gebied van o.a. ISO 9001, 14001 en de CO2prestatieladder tot en met niveau 5, bedrijfsgrootte Middelgroot.