

Koploperaanpak Beton|akkoord Onderbouwing koploperwaarden

Projectgegevens

Project **Koploperaanpak Beton|akkoord**
 Onderdeel **Onderbouwing koploperwaarden**
 Code **18339**
 Datum **13 december 2021**
 Calculatie deel **Concept t.b.v. Stuurgroep Betonakkoord**

Samengesteld door Ir. L. van Leeuwen/ ir. J.W.M. Bovend'Eerd
 Verificatie Ing. T. van Wolfswinkel
 Adviseur Ing. N.T. Loonen
 Opdrachtgever Betonakkoord

Geautoriseerd door Ing. N.T. Loonen

Paraaf



Datum	Versie	Beschrijving	Verificatie
13-12-2021	V2.0	Definitief	WSW

Samenvatting

In opdracht van de Stuurgroep Betonakkoord heeft ABT een onderzoek uitgevoerd ter onderbouwing van de koploperaanpak. De koploperaanpak is onderdeel van de opschalingsfase van het Betonakkoord met als doel om de implementatie van verduurzamingsmaatregelen (handelingsperspectieven) te stimuleren.

Beton is het meest gebruikte bouw materiaal ter wereld maar heeft echter één belangrijk kenmerk; het heeft een relatief grote milieu-impact. Met name door het gebruik van portlandcement en stalen wapening om constructief veilige constructies te realiseren.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenspraak met de stuurgroep van het betonakkoord en een groep experts uit het werkveld. Het onderzoek bestaat uit de volgende drie onderdelen:

- Het uitvoeren van interviews met koplopers om inzicht en gegevens te verzamelen.
- Het analyseren van de gegevens uit de interviews ten aanzien van de huidige stand en potentie van de technologie en de randvoorwaarden voor verdere ontwikkeling.
- Het doen van aanbevelingen en suggesties voor verdere uitwerking van de koploperaanpak.

Op basis van eerder gedefinieerde handelingsperspectieven en productcategorieën zijn 23 koplopers geïdentificeerd. Van deze 23 partijen is met 15 partijen een interview uitgevoerd.

Bij de koploperaanpak heeft verlaging van de CO₂ uitstoot bij de productie van betonproducten de hoogste prioriteit. De CO₂ impact van beton wordt voornamelijk veroorzaakt door (transport (± 20%), wapening (± 20%) en bindmiddel (± 55%). Deze drie hoofdcomponenten zijn niet volledig te beïnvloeden vanuit de betonbranche.

- De koplopers tonen dat CO₂ reductie van bindmiddelgebruik mogelijk is, en in 2 tot 5 jaar kan worden opgeschaald, als de juiste randvoorwaarden worden gecreëerd.
- De CO₂ armere alternatieven voor wapeningsstaal kunnen reeds voor een specifiek marktaandeel worden ingezet. Voor toepassingen waar constructieve veiligheid een rol speelt zijn deze alternatieven zowel op de korte als de middellange termijn niet voldoende marktrijp.
- Verduurzaming van het transport op de bouw- en sloofterreinen en in de grondstoffenwinning wordt gezamenlijk met andere partijen (Bouwend Nederland, Klimaattafel Mobiliteit, Bouwberaad en bouwakkoord Staal) aangepakt. Daarom is er hieronder in het kader van het Betonakkoord niet verder op ingegaan.

In de CO₂ reductie in het bindmiddelgebruik wordt de grootste winst behaald door vervanging van portlandcement door alternatieve bindmiddelen. Met de toepassing van geopolymeerbeton is volledig cementloos beton te produceren. In de ontwikkeling van geopolymeerbeton zijn verschillende koplopers actief, waarmee dit nu de meest kansrijke ontwikkeling is/lijkt. Een richtlijn waarin de prestatie-eisen aan (geopolymeer)beton kwalitatief en toetsbaar zijn vastgelegd is voorwaardelijk voor het gebruik van alternatieve bindmiddelen.

Het beeld van de huidige plafondwaarden is dat die nog in sterke mate bepaald zijn op basis van de hoogste MKI's in de markt. De toepassing van alternatieve bindmiddelen en geopolymeerbeton heeft de potentie om plafondwaarden aanzienlijk te verlagen. Als de verduurzaming van transport en staalproductie voortvarend ter hand genomen wordt kan de verlaging van de plafondwaarden nog progressiever verlopen. Een methode gericht op het generiek bepalen van de impact van het aandeel beton/bindmiddel in betonproducten kan helpen om snel inzicht te krijgen in productgroepen waar de potentie om de plafondwaarde te verlagen het grootst is. Een andere mogelijkheid is om voor alle betonproducten een onderzoek uit te voeren naar de impact van het aandeel beton / bindmiddel om op basis daarvan te bepalen welke verlaging van de plafondwaarde mogelijk is. Dit onderzoek zou periodiek moeten worden uitgevoerd.

Veel andere ontwikkelingen, zoals carbstone, zelfhelend beton, zwavelbeton, alternatieve wapening, hergebruik van elementen, etc. hebben op specifieke producten een verduurzamingspotentie. De ontwikkeling daarvan moet worden gestimuleerd maar de koploperwaarde daarvan kan op basis van dit onderzoek nog niet worden vastgelegd. Dit komt omdat LCA's op basis waaraan de MKI kan worden vastgesteld door de koplopers niet beschikbaar zijn gesteld.

1**Voorwoord**

In opdracht van de Stuurgroep Betonakkoord heeft ABT een onderzoek uitgevoerd ter onderbouwing van de zogenoemde koploperaanpak. De koploperaanpak is onderdeel van de opschalingsfase van het Betonakkoord met als doel om de implementatie van verduurzamingsmaatregelen (handelingsperspectieven) te stimuleren.

De koploperaanpak is geïnitieerd vanuit de Stuurgroep. Er wordt inzicht gegeven in de milieuprestaties (uitgedrukt in MKI) van koplopers op het gebied van verduurzaming van beton. De intentie is om deze koploperwaarden te vertalen naar plafondwaarden, die enerzijds andere marktpartijen een beeld van toekomstige ontwikkelingen geven, en anderzijds opdrachtgevers de mogelijkheid geven om realistische en stimulerende eisen te stellen.

ABT is door de Stuurgroep gevraagd om de koploperaanpak te onderbouwen. Daarvoor is er in de tweede helft van 2021 een onderzoek uitgevoerd waarbij koplopers zijn geïnterviewd. De resultaten uit de interviews zijn in een conceptrapport en enkele notities verwoord en vervolgens met de Stuurgroep gedeeld. Vanuit de Stuurgroep en het expertteam is hier feedback op gegeven die vervolgens is verwerkt in deze rapportage.

In de voorliggende rapportage is de gevraagde onderbouwing beschreven. De gegevens uit het onderzoek van ABT worden middels deze rapportage gepresenteerd aan de Stuurgroep Betonakkoord. De Stuurgroep neemt vervolgens een besluit over het verdere vervolg van de koploperaanpak.

*ABT Velp
December 2021*

Inhoudsopgave

1	Voorwoord	5
2	Begrippenlijst	8
3	Inleiding	10
3.1	Koploperaanpak	10
3.2	Opdracht ABT	11
4	Onderzoeksopzet	13
4.1	Blikveld en uitgangspunten	14
4.1.1	Productcategorieën en beschikbaarheid koplopers	14
4.1.2	MKI-waarde als criterium voor verduurzaming	15
5	Interviews	17
5.1	Geopolymeer bindmiddel	17
5.2	Klinkervervanger	18
5.3	Alternatieve bindmiddelen	19
5.4	Zwavelbeton	20
5.5	CO ₂ -arme wapening	20
5.6	Gecalcineerde klei	21
5.7	Carbstone	21
5.8	Solidia en vergelijkbare cementen	22
5.9	Hergebruik cementrecyclaat	23
5.10	Belietcement	23
5.11	Bodemas als reactieve vulstof	24
5.12	Zelfhelend beton	24
5.13	Levensduurverlenging bestaande GWW bouw	24
5.14	Hergebruik elementen	25
6	Analyse interviews	26
6.1	Beoordeling innovaties	26
6.1.1	Geopolymeer bindmiddel	26
6.1.2	Klinkervervanger	27
6.1.3	Alternatieve bindmiddelen	28
6.1.4	CO ₂ arme wapening	29
6.1.5	Gecalcineerde klei	30
6.1.6	Carbstone	30
6.1.7	Solidia	31
6.1.8	Zwavelbeton	31
6.1.9	Hergebruik cementrecyclaat	32
6.1.10	Belietcement	32
6.1.11	Bodemas als reactieve vulstof	33
6.1.12	Zelfhelend beton	33
6.1.13	Levensduurverlenging bestaande GWW bouw	34
6.1.14	Hergebruik elementen	34
6.2	Integrale beoordeling	35
6.2.1	Representativiteit	35
6.2.2	Integrale beoordeling	35
7	Onderbouwing koploperaanpak	37
8	Bronnen en literatuur	40

Bijlage 1	Lijst met koplopers	41
Bijlage 2	Vragenlijst interviews	43
Bijlage 3	Verslagen koploperinterviews	45

2 Begrippenlijst

MKI (Milieu Kosten Indicator, doorgaans uitgedrukt in €/m³): De fictieve prijs of schaduwprijs die de kosten weergeven die je zou moeten maken om de negatieve milieu-invloeden van de productie van een product te compenseren.

LCA (Levenscyclusanalyse): Een methode om de totale milieubelasting te bepalen van een product gedurende de hele levenscyclus. Dat wil zeggen: winning van de benodigde grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking.

Koploper: Een leverancier of producent die in de markt voor een bepaald betonproduct (productgroep) wordt gezien als trendzettend/toonaangevend op het gebied van verduurzaming van beton.

Koploperwaarde: De MKI waarde die een als koploper gedefinieerde leverancier/producent anno 2021, op basis van toepassing van één of meerdere technologieën, met haar product kan realiseren. Bij de koploperwaarde wordt geen verschil gemaakt tussen resultaten die éénmalig of bij seriematige productie zijn behaald.

Plafondwaarde: Een te stellen bovengrens aan de MKI waarde die is gebaseerd op de actuele koploperwaarde(n) en het actuele inzicht in marktontwikkelingen (zoals bijv. benodigde investeringen, beschikbaarheid materialen etc.).

Een plafondwaarde bestaat uit een MKI waarde, een termijn waarop deze van toepassing wordt, een typering van de productgroep waarvoor deze van toepassing is én een prognose van de verdere ontwikkeling van de plafondwaarde.

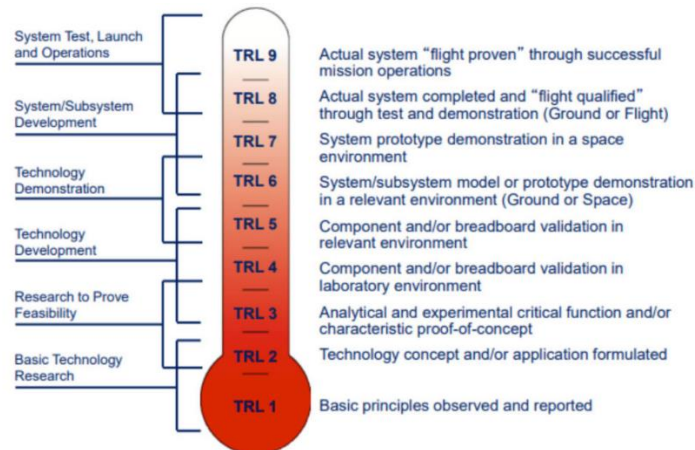
De plafondwaarde wordt door de Stuurgroep Betonakkoord vastgesteld op basis van de input van marktpartijen en het expertteam.

MPG (MilieuPrestatie Gebouwen): een objectief hulpmiddel om aan te geven wat de milieubelasting van de materialen in een gebouw is. De MPG is een belangrijke maatstaf voor de duurzaamheid van een gebouw.

Stuurgroep Betonakkoord: Een representatieve groep vertegenwoordigers uit de betonsector, private en publieke opdrachtgevers en de Rijksoverheid geeft sturing aan de uitvoering van het Betonakkoord.

Expertteam Betonakkoord: Een samengesteld team van experts dat de Stuurgroep Betonakkoord adviseert ten aanzien van de technische inhoud van beleidsmatige keuzes.

Technology Readiness Level (TRL): Een methode om de mate van ontwikkeling en toepasbaarheid van bepaalde technologieën of innovaties aan te duiden. Op een schaal van 1 tot en met 9 wordt aangeduid of een ontwikkeling zich nog in de beginfase bevindt (1) of volledig is ontwikkeld (onderbouwd met regelgeving etc.) en ongehinderd toepasbaar is.



Figuur 1: NASA Technology Readiness Levels (bron: [7])

Productgroep (productcategorie): Een verzameling van betonproducten die, vanwege hun gelijksoortige kenmerken en toepassingen, als een categorie kunnen worden aangeduid. Bijvoorbeeld heipalen, betonstraatstenen, kanaalplaten, breedplaatvloeren etc.

3 Inleiding

Beton is het meest gebruikte bouw materiaal ter wereld. Het is een flexibel, veelzijdig en betrouwbaar materiaal, relatief goedkoop met vele toepassingsmogelijkheden. Beton heeft echter één belangrijk kenmerk; het heeft een relatief grote milieu-impact. Met name door het gebruik van portlandcement als bindmiddel en de toepassing van stalen wapening om constructief veilige constructies te realiseren (in paragraaf 4.1.2 wordt hier dieper op ingegaan).

Het verlagen van milieu-impact van het materiaal beton en het tegengaan van klimaatverandering speelt nu een steeds meer bepalende rol. Het uitvoeren van de juridische consequenties van de Urgenda rechtszaak, naleving van het klimaatakkoord van Parijs en de precedentwerking van de Shell-uitspraak zullen het gebruik van traditioneel beton (met portlandcement als bindmiddel) steeds meer onder druk zetten. Ondanks dat in de Nederlandse betonindustrie de milieu-impact al relatief laag is (door toepassing van hoogovenslakken en vliegassen als gedeeltelijke vervanging van portlandcement), zal hier voor het behalen van de doelstellingen nog meer milieuwinst moeten worden behaald. Om de milieu-impact van beton verder terug te dringen is het dan ook van belang om sectorbreed oplossingen te ontwikkelen en deze te implementeren.

Medio 2018 is door een groep van partijen uit de betonsector, de opdrachtgeverswereld en de Rijksoverheid het Betonakkoord ondertekend om sector- en ketenbreed verduurzaming van beton te stimuleren. Sindsdien is er een verduurzamingstraject ingezet, dat is gestart met een voorbereidingsfase, gevolgd door een voorbereidingsfase en is inmiddels de opschalingsfase aangebroken. Uit de voorbereidingsfase is gebleken dat er in de branche al vele initiatieven in ontwikkeling zijn en dat er veel kansen zijn om de milieu-impact van het materiaal beton te verlagen. Deze zijn vertaald in handelingsperspectieven. Door sommige partijen worden deze innovaties inmiddels toegepast (de koplopers); de volgende stap is het op grotere schaal toepassen van deze initiatieven.

In de opschalingsfase heeft de Stuurgroep Betonakkoord de bedoeling om implementatie van verduurzamings-maatregelen te stimuleren middels contracteisen en gunningscriteria die kunnen worden gesteld door opdrachtgevers. Door opdrachtgevers inzicht te geven in het potentieel van nieuwe technologieën en daaraan gekoppelde realistische milieu-impact van betonproducten, kunnen zij aanbestedingsrichtlijnen definiëren voor projecten. Voor marktpartijen ontstaat een beeld van de toekomstige ontwikkelingen en ontstaat een prikkel om deze ontwikkelingen door te voeren. Om aan deze ontwikkelingen invulling te geven is door de Stuurgroep de koploperaanpak voorgesteld die hieronder nader wordt toegelicht.

3.1 Koploperaanpak

Parallel met de ontwikkelingen in het kader van het Betonakkoord zijn er de afgelopen jaren door marktpartijen, in samenwerking met kennisinstituten en universiteiten, in de betonsector diverse initiatieven ontplooid om beton te verduurzamen. Het betreft toepassing van nieuwe technologieën of andersoortige oplossingen waarvan inmiddels is aangetoond dat deze leiden tot CO₂ reductie en/of meer circulariteit. De marktpartijen die deze initiatieven in de praktijk hebben uitgevoerd worden beschouwd als de koplopers in de markt.

Met de koploperaanpak gaat de Stuurgroep er vanuit dat door het breder delen en implementeren van de oplossingen van de koplopers de innovatiekracht van de gehele betonketen wordt versneld. Middels de koploperaanpak wordt inzicht gecreëerd in de effecten van de nieuwe technologieën en oplossingen. Daarbij wordt met name gekeken naar de MKI score (milieukostenindicator) van bepaalde betonproducten (productcategorieën) die dan als koploperwaarde wordt gedefinieerd. Door analyse van de koploperwaarde kan een realistische plafondwaarde worden gedefinieerd voor productcategorieën, die vervolgens door de Stuurgroep Betonakkoord na overleg met de markt wordt vastgesteld.

Het doel van de koploperaanpak is:

- Opdrachtgevers in staat stellen invulling te geven aan de duurzame keuzes en deze als eisen (contracteisen en gunningscriteria) in projecten aan de markt mee te geven;
- Leveranciers van producten (productgroepen) een onderbouwd en taakstellend perspectief te bieden over de toekomstige ontwikkelingen en in staat te stellen keuzes te maken ten aanzien van verduurzaming van hun eigen producten en processen;
- Door het toepassen en regelmatig aanscherpen van deze plafondwaarden het stimuleren van de transitie naar een duurzame betonsector en het reduceren van de milieu-impact van beton.

Naarmate meer nieuwe initiatieven worden ontwikkeld, en bestaande technologieën verder worden opgeschaald, ontstaan naar verwachting meer mogelijkheden verder te verduurzamen. Dit heeft tot gevolg dat de koploperwaarden, en daarmee de plafondwaarden voor de producten (of productcategorieën), verder dalen. Als opdrachtgevers vaker duurzame, en steeds duurzamere, keuzes maken worden marktpartijen gestimuleerd om de ontwikkelingen te implementeren. Evenzo zullen nieuwe koplopers een impuls geven aan de ontwikkeling van duurzaam beton.

3.2

Opdracht ABT

ABT is door de Stuurgroep gevraagd om de koploperaanpak te onderbouwen. Daarbij is een opdracht verstrekt die bestaat uit verschillende onderdelen:

- Het uitvoeren van interviews met koplopers om inzicht te verkrijgen en gegevens te verzamelen.
- Het analyseren van de gegevens uit de interviews ten aanzien van de huidige stand van de technologie, de potentie, de randvoorwaarden etc.
- Het doen van aanbevelingen en suggesties voor verder uitwerking van de koploperaanpak en het waar mogelijk doen van een voorstel om te komen tot plafondwaardes.

Het eerste deel van de opdracht betreft het verzamelen van de informatie van de verschillende koplopers door het uitvoeren van interviews. De onderbouwing van de koploperaanpak vindt immers in hoofdzaak plaats door analyse van ontwikkelingen en technologieën van de koplopers in de verschillende marktsegmenten.

Gevraagd is om de informatie uit de interviews te beschrijven in een rapportage waarbij zoveel als mogelijk inzicht wordt gegeven in de milieuprestaties van de koplopers, de mogelijkheden en beperkingen van deze technologieën en de inspanningen die nodig zijn voor implementatie. Hiermee wordt ook duidelijk wat daarvan het potentieel is (mogelijke milieuwinst, voor welk marktsegment etc.) en wat de kritische factoren zijn om deze ontwikkeling op te schalen.

Het laatste onderdeel van de opdracht bestaat uit het, voor zover de informatie dit toelaat, vertalen van de koploperwaarden naar mogelijke plafondwaarden voor de betonbranche. De informatie uit de interviews wordt met een integrale blik bekeken en vertaald naar suggesties en adviezen over toekomstige ontwikkelingen.

In de voorliggende rapportage zijn de resultaten van de interviews en de gevraagde onderbouwing beschreven. Het eerste deel van het rapport beschrijft de achtergrond van het onderzoek en de onderzoeksopzet. Vervolgens worden de resultaten van de uitgevoerde interviews beschreven. In het laatste gedeelte van het rapport worden de bevindingen uit de interviews geanalyseerd en zijn suggesties en adviezen uitgewerkt.

De resultaten van het onderzoek en de gevraagde onderbouwing worden middels deze rapportage gepresenteerd aan de Stuurgroep Betonakkoord. Het projectteam van ABT werkt in opdracht van de Stuurgroep Betonakkoord. Voor inhoudelijke aspecten is een expertteam beschikbaar voor afstemming. Het expertteam bestaat uit de volgende personen:

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| – Dhr. dr. ir. M. van Leeuwen | NIBE |
| – Dhr. dr. ir. G. van der Wegen | SGS INTRON |
| – Dhr. D. de Kok | BouwCirculair |
| – Dhr. ir. M. Pluis | Betonhuis |
| – Mevr. dr. ir. P. Pipilikaki | RWS |
| – Mevr. ing. V. Diemel-Spruit | RWS |
| – Mevr. ir. B. Karabulut | Rijksvastgoedbedrijf |
| – Dhr. ing. A. Van Woensel | Struyk Verwo Infra |

4

Onderzoeksoepzet

Om de informatie te verzamelen die nodig is om de koploperaanpak te onderbouwen zijn interviews met koplopers uitgevoerd. Bij de geselecteerde koplopers is conform de oorspronkelijke opdracht onderscheid gemaakt tussen partijen die actief zijn in de verschillende innovaties zoals deze zijn benoemd in de onderstaande tabel. Deze tabel is afkomstig uit het innovatieprogramma 'Duurzame Betonketen'.

Toelichting op het innovatieprogramma 'Duurzame Betonketen'						
Overzicht van de geïdentificeerde innovaties, hoofdclusters en toepassingscategorieën						
Innovaties	Tijd tot toepassing	Toepassingscategorieën				
		Betonmortel	Ongewapend	Niet constructief, gewapend	Constructief, gewapend, vloeren	Constructief, gewapend, overig
Cluster 1: Verbeteren milieuprestatie beton						
Geopolymeer bindmiddel	1-2 jaar					
Klinkervervanger	1-2 jaar					
CO ₂ arme wapening	1-2 jaar					
Gecalceïneerde klei	1-2 jaar					
Carbstone	1-2 jaar					
Solidia and vergelijkbare cementen	1-2 jaar					
Hergebruik cementrecyclaat	1-2 jaar					
Belietcement	2-5 jaar					
Bodemas als reactieve vulstof	2-5 jaar					
Cluster 2: Levensduurverlenging						
Zelf helend beton	1-2 jaar					
Levensduurverlenging bestaande GWW bouw	1-2 jaar					
Hergebruik elementen	1-2 jaar					
Cluster 3: Slim, modulair en adaptief ontwerpen en circulair bouwen						
Slimmere Bouwplanning	1-2 jaar					
Precisiebeton (topologisch ontwerpen)	1-2 jaar					
3 D printen	1-2 jaar					
Hogere eindsterkte	1-2 jaar					
Gebruik oversterkte	1-2 jaar					
Ontwerpen op hergebruik elementen	1-2 jaar					

Figuur 1

Op basis van beschikbare gegevens van de productgroepen, en de handelingsperspectieven in cluster 1 en 2, zijn (per productgroep) interviews voorbereid met één of meerdere koplopers. De opdracht van de Stuurgroep was beperkt tot de in de tabel groen gemarkeerde vakjes in de clusters 1 en 2, waarmee dit onderzoek is gericht op toepasbare innovaties. In bijlage 1 is een overzicht weergegeven van de geïnterviewde koplopers. De lijst is tot stand gekomen op basis van partijen die zichzelf als koploper hebben aangemeld, inbreng van de stuurgroep en eigen inzichten van ABT.

Voor de uitvoering van de interviews is vervolgens een vragenlijst opgesteld, die bij alle koplopers is gebruikt. De lijst is tot stand gekomen op basis van inbreng van de Stuurgroep van het Betonakkoord en eigen inzichten van ABT. De vragenlijst is weergegeven in bijlage 2.

Vervolgens zijn de interviews uitgevoerd. De interviews waren gericht op verschillende aspecten van de toegepaste ontwikkelingen:

- de gebruikte technologieën;
- beschikbaarheid van bijvoorbeeld grondstoffen voor de betreffende technologie, zowel nu als in de (nabije) toekomst;
- randvoorwaarden voor de bredere implementatie, zoals; (organisatorische) veranderingen, aanpassingen in de productiemiddelen etc.;
- benodigde investeringen en kostprijs;
- benodigde aanvullende ontwikkelingen voor implementatie en mogelijk beperkende factoren. Zoals bijvoorbeeld aanvullend onderzoek en/of de ontwikkeling van regelgeving.

Daarnaast is, indien relevant, aan partijen gevraagd om middels documenten hun aanpak te onderbouwen en een LCA (levenscyclusanalyse) te overleggen.

Van de individuele interviews zijn verslagen opgesteld (zie bijlage 3). De gegevens uit de interviews zijn vervolgens geanalyseerd om tot een onderbouwing van de koploeraanpak te komen.

4.1 *Blikveld en uitgangspunten*

Het onderzoek naar de onderbouwing van de koploeraanpak is onderdeel van de opschalingsfase van het Betonakkoord. Sinds 2018 hebben er inmiddels diverse ontwikkelingen plaatsgevonden. Uit de ervaringen en geleerde lessen vanuit deze ontwikkelingen kunnen aanbevelingen gedistilleerd worden als input voor verdere uitwerking van de koploeraanpak. Daarmee bouwt de aanpak in de opschalingsfase door op wat er in de markt al gaande is. Eerdere, deels marktgerichte en beproefde keuzes uit het verleden vormen dus een belangrijke basis van dit onderzoek. Deze aspecten, en ander beïnvloedende uitgangspunten zijn onderstaand beschreven.

4.1.1 *Productcategorieën en beschikbaarheid koplopers*

In de Stuurgroep Betonakkoord wordt het beleid al langere tijd afgestemd op de verschillende productcategorieën in de betonbranche. Ook de koploeraanpak is gebaseerd op dit marktgerichte principe. De MKI koploperwaarden, waarvan het de intentie is om die bij de interviews te verzamelen, zijn dan ook bedoeld om in de Stuurgroep plafondwaarden vast te stellen voor specifieke betonproducten, of productgroepen. Het kan daarbij gaan om bijv. betonmortel (transportbeton), straatstenen, buizen, heipalen etc. zoals die categorieën ook in eerdere rapporten (van onder andere NIBE) zijn gehanteerd.

Dit principe van productbenadering en indeling in productcategorieën is ook als uitgangspunt voor de onderbouwing van de koploperwaarden meegenomen. Bij de analyse van de gegevens wordt, daar waar de beschikbare informatie het toelaat, een suggestie gedaan voor een koploperwaarde voor bepaalde producten (een productcategorie). Deze aanpak heeft twee belangrijke randvoorwaarden:

- Is er in alle productcategorieën voldoende informatie beschikbaar, of zijn er koplopers actief?
- Er zijn koplopers actief die niet specifiek aan een productgroep gerelateerd kunnen worden.

De benadering op producten of productcategorieën is een meer gedetailleerde onderverdeling van de categorieën zoals vermeld in de tabel die is weergegeven in figuur 1 en die ten grondslag ligt aan de selectie van de koplopers. Voor de onderbouwing is gezocht naar koplopers in de groen gemarkeerde categorieën in de clusters 1 en 2. In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de geïnterviewde koplopers.

Uit een eerste selectie van de koplopers blijkt dat het lastig is om alle productcategorieën af te dekken. Om toch zoveel mogelijk de groene blokken (zie figuur 1) af te dekken is gezocht naar zo breed mogelijke dekking van de verschillende innovatieclusters. Hieruit volgen innovaties die op verschillende productcategorieën van toepassing kunnen zijn.

Voor het onderzoek zijn in totaal 23 marktpartijen geselecteerd waarvan er 15 zijn geïnterviewd. Met name op het gebied van het gebruik van alternatieve bindmiddelen voor beton (geopolymeer, klinkervervanger) zijn meerdere partijen geïnterviewd. Het gaat daarbij zowel om leveranciers van technologieën, als om partijen die deze technologieën toepassen (of toegepast hebben) in de productie. Er is echter ook een groot aantal categorieën waarvan slechts één marktpartij kon worden geïnterviewd. De invloed hiervan op de uiteindelijke onderbouwing is verderop in het rapport beschreven.

4.1.2 MKI-waarde als criterium voor verduurzaming

Voor de onderbouwing van de koploperaanpak wordt gekeken naar effecten op de milieu-impact van het toepassen van bepaalde technologie of innovaties. De milieu-impact van producten of materialen wordt uitgedrukt in de MKI-waarde. Uiteraard speelt ook reductie van de uitstoot van CO₂ een belangrijke rol in de verduurzaming maar deze wordt niet als separaat criterium gehanteerd. Hoewel er geen directe relatie bestaat tussen de MKI waarden en CO₂ uitstoot is de relatie wel zodanig dat een verlaging in MKI waarde ook zorgt voor een equivalente daling van de CO₂ uitstoot.

De MKI-waarde is weergegeven als de fictieve prijs of schaduwprijs die de kosten weergeven die je zou moeten maken om de negatieve milieu-invloeden van de productie van een product te compenseren. De MKI-waarde van een product wordt bepaald op basis van verschillende componenten die onderdeel zijn van de Levenscyclusanalyse (LCA):



Figuur 2: Componenten van een LCA en MKI-waarde (bron: [6])

De laatste jaren wordt de MKI waarde ook toegepast bij de weging in de criteria bij aanbestedingen. Daaruit blijkt dat de weging van de MKI waarde een effectief middel is.

Ook voor betonproducten wordt de MKI-waarde bepaald op basis van een analyse van de bovenstaande aspecten. Voor beton is het van belang op te merken dat verreweg het grootste gedeelte van de MKI-waarde wordt bepaald door de factoren A1 t/m A3. Dat heeft met name betrekking op de gebruikte grondstof portlandcement en de toepassing van wapening. Heel grofweg bepalen deze factoren al snel tweederde van de MKI waarde.

Het ligt daarmee voor de hand dat voor een verlaging van de milieu-impact van beton in deze factoren grote winst te behalen is. Van de te behandelen innovaties in het kader van de koploperaanpak, zoals vermeld in de tabel in figuur 1, zijn alleen koplopers in cluster 1 en 2 geïnterviewd. Bij cluster 1 is er een directe koppeling naar de MKI of LCA te maken. Bij cluster 2 is mogelijk wel een indirecte koppeling mogelijk maar daar is nog geen informatie over beschikbaar. De innovaties zoals vermeld in cluster 1 zijn in hoofdzaak van invloed op de factoren A1 t/m A3 van de MKI. Voor de drie innovaties genoemd in cluster 2 geldt dat ze betrekking hebben op meerdere factoren waaronder B, C en D.

Voor meer informatie met betrekking tot de MKI-waarde wordt verwezen naar de notitie 'Inkopen met de milieukostenindicator' [6].

Toelichting: CO₂ uitstoot betonproducten

In de CO₂ roadmap van het betonakkoord is onderstaande tabel opgenomen die de CO₂ uitstoot van beton beschrijft. De tabel laat zien dat de CO₂ uitstoot voor iets meer dan 55% komt van bindmiddelen. Iets meer dan 20% komt van het wapeningsstaal en iets minder dan 20% komt van transport.

Gemiddelde CO ₂ uitstoot Nederlands beton 2017			Volume		CO ₂ specifiek	CO ₂ emissie absoluut		
			Beton mortel	Beton Producten		Beton mortel	Beton Producten	Beton totaal
Eenheid	Beton totaal		55%	45%	kg CO ₂ /kg product	kiloton CO ₂ /jaar		
Beton volume totaal	miljoen m³/jaar	12,900	7,095	5,805				3.855
CEM I verbruik in beton	kg/m ³		59	174	0,858	359	867	1.226
CEM IIIa	kg/m ³		5	94	0,470	17	256	273
CEM IIIb	kg/m ³		222	5	0,272	428	8	436
Bindmiddelen overig	kg/m ³		24	37	0,550	94	118	212
Zand	kg/m ³		790	884	0,004	22	21	43
Granulaat	kg/m ³		1.077	983	0,004	31	23	53
Transport grondstoffen	kg CO ₂ /m ³		31	29		220	168	388
CO₂ emissie van Beton als materiaal						1.171	1.461	2.632
Staal	kg CO ₂ /m ³	A1 - A3	55	35	1,37	535	278	813
Transport naar bouwplaat	kg CO ₂ /m ³	A4	12	36		85	209	294
Bouwwerkzaamheden		A5						110
Demontage en hergebruik		C						363
Milieu baten recycling		D						-357

Tabel 1: samenstelling en CO₂ emissie van een gemiddelde m³ beton in Nederland in 2017 (bron: [2])

5 Interviews

In dit hoofdstuk wordt de bij de interviews verzamelde informatie samengevat weergegeven. Voor het onderzoek zijn 23 koplopers geïdentificeerd. Van deze 23 partijen is met 15 partijen uiteindelijk een interview uitgevoerd. Deze interviews zijn uitgevoerd aan de hand van een vaste vragenlijst die in bijlage 2 is weergegeven. Van elk van de interviews zijn door ABT notulen opgesteld. Deze notulen zijn met de geïnterviewde partijen afgestemd voor akkoord. Tot op heden is van 13 notulen het akkoord ontvangen. Deze notulen zijn in bijlage 3 weergegeven.

Onderstaand worden de verschillende innovaties in afzonderlijke paragrafen behandeld. Bij de innovaties waarvan één of meerdere partijen zijn geïnterviewd zijn de hoofdpunten benoemd van hetgeen tijdens het interview is besproken. Bij de innovaties waarvan geen koploper(s) konden worden geïnterviewd is een algemene beschrijving van de technologie gegeven gebaseerd op algemeen beschikbare informatie en het inzicht van ABT.

De innovaties worden behandeld in de volgorde zoals vermeld in de tabel in figuur 1.

5.1 Geopolymeer bindmiddel

In traditioneel beton wordt portlandcement als bindmiddel toegepast. Portlandcement wordt geproduceerd door kalksteen te verhitten tot een temperatuur van 1.450 °C. Naast de grote hoeveelheid energie die daarvoor nodig is, zorgt dit proces ervoor dat CO₂ uit de kalksteen vrijkomt. Het gevolg daarvan is dat bij de productie van portlandcement een aanzienlijke hoeveelheid CO₂ vrijkomt (ca. 900 kg CO₂/ton cement).

In geopolymeerbeton wordt geen portlandcement meer toegepast maar wordt als bindmiddel gebruik gemaakt van een minerale reststof (bijvoorbeeld hoogovenslakken) die door toevoeging van alkaliën en een activator verhardt tot een steenachtig materiaal. Geopolymeerbeton is een materiaal dat valt onder de zogenoemde alkalisch geactiveerde materialen en hardt uit bij temperaturen dichtbij kamertemperatuur. Door het vervangen van het portlandcement heeft geopolymeerbeton een veel lagere milieu-impact dan (portland)cementbeton.

Geopolymeer bindmiddel	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Betonmortel Ongewapend Niet constructief, gewapend
Geïnterviewde koplopers:	SQAPE SCS A. Jansen Beton Van Hattum en Blankevoort Infra V.d. Bosch Beton Rouwmaat
Aantal beschikbare LCA:	1
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Er zijn zes geïnterviewde koplopers actief in de ontwikkeling van geopolymeer bindmiddel. Dat zijn verschillende partijen, variërend van leveranciers en adviseurs tot aannemers en betoncentrales. Uit de interviews komt naar voren dat SCS, SQAPE, A. Jansen beton, Rouwmaat en Van de Bosch beton al diverse projecten hebben afgerond met de geopolymeer als bindmiddel. Het gaat daarbij zowel om betonmortel (transportbeton) als om ongewapend en constructief-gewapend beton.

De geïnterviewden geven aan dat de toepassing van geopolymeerbeton in het algemeen goed schaalbaar is, maar dat dit vooralsnog wel afhankelijk is van de beschikbaarheid van hoogovenslakken uit de staalindustrie en vliegassen uit de kolengestookte energiecentrales. Opgemerkt wordt dat het belangrijk is om voor de langere termijn onderzoek te doen naar alternatieven voor deze materialen. Materialen zoals bijvoorbeeld vulkanisch as of gecalcineerde klei zouden hier een oplossing voor kunnen zijn.

Van Hattum & Blankevoort Infra, een aannemer die onder andere de innovatie geopolymeerbeton toepast, ondervindt tijdens de uitvoering geen significante problemen met het gebruik van geopolymeerbeton t.o.v. traditioneel beton.

Door de geïnterviewden is aangegeven dat de volgende aanpassingen in de productielijn nodig zijn voor het implementeren van de innovatie geopolymeerbeton:

- Aanpassingen van het leidingwerk voor de toegepaste alkaliën.
- Aanpassingen in het besturingssysteem.
- Aanschaf(of beschikbaarheid) extra silo's en opslagbunkers.

De productiekosten van geopolymeerbeton worden vooralsnog als relatief hoog beoordeeld, hetgeen volgens de koplopers onder andere te maken heeft met:

- De noodzaak om veel testen uit te voeren alvorens het kan worden toegepast.
- Het niet kunnen produceren van dit materiaal gedurende de normale (dagelijkse) betonproductie.

De koplopers verwachten dat als geopolymeerbeton geattesteerd kan worden, en grotere volumes aaneengesloten geproduceerd kunnen worden, de prijs zal afnemen en niet substantieel hoger hoeft te zijn dan het huidige cementbeton.

Door de koplopers wordt opgemerkt dat de bestaande normen en richtlijnen het toepassen van geopolymeerbeton in de weg staan. De huidige regelgeving is immers voornamelijk gebaseerd op traditioneel beton (beton waarin als bindmiddel in ieder geval een deel portlandcement wordt toegepast). Volgens de koplopers is het noodzakelijk dat regelgeving wordt opgesteld op basis waarvan gelijkwaardigheid t.o.v. regulier beton kan worden aangetoond. Dat wordt door de koplopers gezien als een bepalende factor om de verduurzaming van beton op grote schaal mogelijk te maken. Tevens hoort daar regelgeving bij op basis waarvan specifieke geopolymeerrecepten kunnen worden geattesteerd. Op die manier kan de kwaliteit worden gemonitord en hoeft niet voor ieder afzonderlijk project een mengsel te worden gecertificeerd.

Verder is door de koplopers aangegeven dat het belangrijk is dat de denkwijze verandert over de omslag naar alternatieve materialen in de betonmortel. De aannemer, leverancier en opdrachtgever zullen moeten investeren in de verduurzaming. Ook is de suggestie gedaan om een branche brede stroppenpot te realiseren voor duurzame innovaties met de voorwaarde dat wat geleerd is breed gedeeld wordt.

5.2

Klinkervervanger

In de Nederlandse betonindustrie wordt van oudsher al veel gebruik gemaakt van de toevoeging van hoogovenslak en vliegas als vervanging van (een gedeelte van) het portlandcement. Het bindmiddel van beton bestaat dan uit een combinatie van portlandcement met een andere stof. Vooral in transportbeton is klinkervervanging al veel toegepast.

In prefab beton wordt nog veel gebruik van met name portlandcement. Dat heeft te maken met de relatief korte ontkistingstijden waarvoor snelle sterkte-ontwikkeling noodzakelijk is. Bij toepassing van hoogovenslakken en vliegas verloopt de sterkte-ontwikkeling minder snel en kan dit van (negatieve) invloed zijn op de productiecycclus in de betonfabriek.

Klinkervervanger	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Betonmortel Ongewapend
Geïnterviewde koplopers:	Voorbij Prefab
Aantal beschikbare LCA:	1
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Voorbij Prefab laat als koploper zien dat klinkervervanging ook in de prefab betonindustrie goed mogelijk is. De beschikbaarheid van hoogovenslak en vliegas is daarvoor op de langere termijn een belemmering. In de beschikbare normen is echter ook de mogelijkheid om natuurlijke puzzolanen, gecalcineerde klei en gegraneerd kalksteen te gebruiken om klinker te vervangen. Die mogelijkheid wordt in Nederland nog nauwelijks toegepast en is in principe relatief snel op te schalen.

Bij de toepassing van klinkervervanging kan in de prefab industrie gebruik gemaakt worden van de volgende methoden om de tragere verharding te compenseren:

- Gebruik van versnellers;
- Toepassing van alkalische activatoren;
- Het beton bij aanmaken verwarmen;
- Hogere temperatuur aanhouden in de verhardingskamer;
- Het ontkistingsproces aanpassen zodat bij een lagere sterkte ontkist kan worden;
- Langere ontkistingstijd aanhouden.

De koploper Voorbij prefab heeft een combinatie van hogere temperatuur en alkalisch activatie toegepast. De installatie om warm water in het beton te doseren was reeds beschikbaar en aan de verhardingskamer zijn geringe aanpassingen doorgevoerd. Voor het doseren van de activator is een doseerinrichting aan de mengcentrale toegevoegd. De totale investering is relatief beperkt gebleven en de doorlooptijden voor het ontkisten zijn niet aangepast.

De eventuele aanpassingen die doorgevoerd moeten worden in de betoncentrale of betonfabriek zijn sterk afhankelijk van de situatie en de gekozen verduurzamingstechnologie.

Het verduurzamen van het beton, als onderdeel van het gehele productieproces vergt een bedrijfsbrede mindset gericht op duurzame innovatie. Het ontwikkelen van duurzamere betonmengsels is een iteratief langdurig proces (ca. 1-3 jaar doorlooptijd) om alle facetten die van invloed zijn op de productie juist te krijgen.

5.3

Alternatieve bindmiddelen

In aanvulling op de eerste twee genoemde innovaties, die te maken hebben met alternatieve bindmiddelen voor beton, is er nog een andere categorie toegevoegd. Behalve in de normen opgenomen bindmiddelen (NEN-EN 206) voor klinkervervanging (gecalcineerde klei, vliegas en vulkanisch as) zijn er namelijk ook nog andere potentiële bindmiddelen uit reststromen. Daarbij kan men denken aan:

- ASCEM cement, geproduceerd uit reststoffen;
- Biomassa vliegas;
- Gemalen AEC-bodemas;
- Gemalen glasafval;
- Etc.

Deze materialen bevatten overwegend silicium-, aluminium-, en calciumoxides zoals die ook in cement en in de norm genoemde bindmiddelen aanwezig zijn. Door deze materialen te granuleren en eventueel voorafgaand te calcineren of te smelten kan een cement vervangend bindmiddel geproduceerd worden.

Alternatieve bindmiddelen	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	In principe voor alle categorieën toepasbaar
Geïnterviewde koplopers:	Geen
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Van deze innovatie is bij het onderzoek geen koploper gesproken aangezien er nog geen sprake is van betonproductie met deze bindmiddelen. Wel is bij ABT bekend dat met enkele van deze materialen in Nederland en in het buitenland verregaande tests worden uitgevoerd. De toepasbaarheid volgt tevens uit studies en informatie afkomstig van het expertteam.

5.4

Zwavelbeton

Zwavelbeton is een bijzonder type beton waarbij een zwavel die vrijkomt bij de productie van brandstoffen wordt toegepast als bindmiddel. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de eigenschap van het zwavel dat het smelt bij een temperatuur van 130°C

Zwavelbeton	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	In principe voor alle categorieën toepasbaar
Geïnterviewde koplopers:	De Bonte
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Door het zwavel te smelten en dan te mengen met zand en grind kan het materiaal in een mal gegoten worden. Door afkoeling stolt het daarna. Het geproduceerde element kan na afkoeling direct ontkist worden.

De toepassing beperkt zich in principe tot niet constructieve toepassingen zonder wapening. Het materiaal is daarbij dus ook niet bestand tegen verhitte of brand.

De productie van zwavelbeton wijkt dusdanig af van regulier beton dat het ook in een specifiek daarvoor gerealiseerde fabriek geproduceerd moet worden. Een dergelijke fabriek is er in Nederland nog niet.

Het bindmiddel zal beschikbaar zijn zo lang er in grote volumes diesel gebruikt wordt. Met de transitie naar elektrificatie en gebruik van waterstof zal de beschikbaarheid van zwavel als bindmiddel op de langere termijn afnemen.

5.5

CO₂-arme wapening

Van oudsher wordt gewapend beton geproduceerd met toepassing van stalen wapening. Het kan daarbij gaan om zowel traditionele wapeningsstaven als om staalvezels (of een combinatie daarvan). Bij de productie van staal komt veel CO₂ vrij en vanuit dat oogpunt wordt ook gekeken naar toepassing van alternatieve vormen van wapening.

CO₂-arme wapening	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Betonmortel Niet constructief, gewapend
Geïnterviewde koplopers:	Vulcan
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Uit de interviews blijkt dat wapening van bijvoorbeeld glasvezels (Schöck) of basaltvezels (Vulcan) ter vervanging van wapeningsstaal kunnen worden toegepast. De tot staven gelijkende vezels hebben een hoge sterkte maar relatief lage stijfheid. In het interview is benoemd dat in situaties waarbij de krachtwerving maatgevend is, en scheurwijdte minder belangrijk, hiermee een aanzienlijke CO₂ reductie worden gerealiseerd. Doordat de staven niet kunnen roesten is de levensduur extreem hoog en kunnen wijdere scheuren geaccepteerd worden, zonder aantasting. Ook is beton met een hoge milieuklasse niet nodig om de wapening te beschermen, zodat beton met minder impact kan worden toegepast.

Vulkan Europe en Schöck zijn onder andere partijen die CO₂-arme wapening producten op de markt hebben gebracht. Zowel de glas- als basaltvezels zijn goed schaalbaar, er zijn genoeg grondstoffen beschikbaar om het op te schalen. Door de CO₂-uitstoot wordt het produceren van staal steeds duurder. Dit maakt de ontwikkeling van deze alternatieve vezels steeds interessanter. De alternatieve wapeningsvezels zijn ook lichter dan wapeningsstaal. Dit biedt ook besparingen op in logistiek gebied en bij de verwerking aan de factor arbeid.

5.6

Gecalcineerde klei

Bij toepassing van geopolymeerbeton wordt op dit moment veelal hoogovenslak (en/of vliegask) toegepast. De verwachte schaarste van deze materialen maakt het noodzakelijk om ook te kijken naar alternatieven. Gecalcineerde klei (metakaolin) wordt door koplopers benoemd als alternatief voor hoogovenslak.

Gecalcineerde klei	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Constructief, gewapend, vloeren Constructief, gewapend, overig
Geïnterviewde koplopers:	Geen
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Van deze innovatie is geen koploper geïnterviewd. Wel is er door enkele geopolymeer koplopers gerefereerd naar dit materiaal als op termijn beschikbaar alternatief voor hoogovenslak. De beschreven informatie met betrekking tot deze innovatie is algemeen beschikbaar of eigen kennis van ABT.

Bij het calcineren van klei wordt klei met een hoog aluminium gehalte verhit tot circa 600 °C zodat een amorfe structuur ontstaat in plaats van de bestaande kristallijne structuur. Bij elektrische verhitting op duurzame energie is dit proces nagenoeg CO₂-uitstootvrij. Het materiaal wordt daarmee dusdanig reactief dat het cement deels kan vervangen of cementloos in geopolymeer kan worden toegepast.

Gecalcineerde klei wordt in het buitenland wel al toegepast voor klinkervervanging (TRL9) en in academische studies is gebruik in geopolymeer beschreven (TRL6).

5.7

Carbstone

De innovatie carbstone is een technologie waarbij RVS staalslak (Roestvrij staal) als bindmiddel in beton wordt gebruikt. Dit bindmiddel verhardt onder invloed van een hoge concentratie CO₂. Door het binden van CO₂ wordt een 'carbon negative' product gerealiseerd.

Carbstone	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Ongewapend
Geïnterviewde koplopers:	VITO
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

De binding van CO₂ verklaart de lagere milieu impact van Carbstone. Met betrekking tot de herbruikbaarheid van Carbstone wordt door de koploper opgemerkt dat de minerale carbonatatieproducten zijn uitgereageerd. Het bindend vermogen van deze materialen kan men niet nogmaals aanspreken en deze materialen zijn daarna als inert granulaat herbruikbaar. De materialen voldoen aan de milieu hygiënische kwaliteitsvoorwaarden hiervoor. De koploper geeft hierover aan dat, mits er sprake is van een geschikte vormgeving en plaatsing, het mogelijk moet zijn om de betonwaren te hergebruiken in gelijkwaardige toepassingen.

Om deze innovatie toe te kunnen passen in een productielijn dienen klimaatkamers of autoclaven te worden (om)gebouwd om CO₂ curing mogelijk te maken. Bestaande productielijnen kunnen worden gebruikt voor mengen, vormgeving/compactie etc. Uit het interview met VITO volgt dat er tot op heden nog geen grote investeringen in nieuwe fabrieken zijn gerealiseerd maar dat er wel verschillende trajecten lopend zijn.

Eén van de belangrijkste knelpunten in de productie van Carbstone is de aanvoer van CO₂. Het bindmiddel (de RVS Staalslak) kost relatief niet zo veel, de kosten voor CO₂ zijn de voornaamste factor. Om dit af te nemen moet op dit moment nog €80,-/ton betaald worden terwijl naar het inzicht van VITO een vergoeding logischer zou zijn. De reden daarvoor is het gebruik van zuivere "food-grade" CO₂. Verwacht wordt dat met opschaling van industriële CO₂ afvang er alternatieve verdienmodellen worden ontwikkeld waarbij afvangkosten en opbrengsten (ETS credits) beter gedeeld worden. Hierdoor zouden de CO₂ kosten significant moeten dalen naar een situatie dat het opnemen van CO₂ een verdienste wordt.

Om de CO₂ in het product te laten dringen moet het product een geringe dikte hebben. Doordat het beton bij de productie wordt gecarbonateerd is eventuele wapening in het product niet tegen corrosie beschermd. De toepassing beperkt zich derhalve tot relatief dunne prefab betonproducten.

5.8

Solidia en vergelijkbare cementen

Solidia is een cementtechnologie waarbij cement dat op lagere temperatuur (1.200 °C) wordt geproduceerd en met injectie van CO₂ verhardt. Door de lagere temperatuur is de CO₂ emissie 30% lager dan van portlandcement en de injectie van CO₂ zorgt voor een verdere reductie in milieubelasting.

Solidia	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Niet gedefinieerd
Geïnterviewde koplopers:	Geen
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Bij het onderzoek heeft geen interview met Solidia plaatsgevonden. De technologie komt enigszins overeen met Carbstone, waarmee ook de productiewijze en het toepassingsgebied op hoofdlijnen hetzelfde zijn.

5.9

Hergebruik cementrecyclaat

Vanwege de ouderdom en soms beperkte gebruiksmogelijkheden worden ook veel betonconstructies gesloopt. Bij het breken van beton komen echter ook weer grondstoffen vrij. Bij het slim breken van beton komen poeders vrij die een puzzolane werking kunnen hebben en daarmee cement deels kunnen vervangen.

Hergebruik cementrecyclaat	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Betonmortel Ongewapend
Geïnterviewde koplopers:	Geen
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Van deze innovatie is geen koploper geïnterviewd. De informatie met betrekking tot deze innovatie is algemeen beschikbaar of eigen kennis van ABT.

Cementrecyclaat heeft de potentie om met hoge concentratie CO₂ gecarbonateerd te worden waardoor CO₂ gebonden wordt. Het product dat hiermee gerealiseerd wordt heeft daardoor dan een extra lagere CO₂ uitstoot en lage MKI.

Naar de puzzolaniteit van dit materiaal, en de mogelijkheden om deze met hoge temperatuur (>600°C) behandeling te laten ontstaan, is nog nader onderzoek nodig.

5.10

Belietcement

Er zijn twee typen belietcement te onderscheiden:

- Belietrijk portlandcement (BPC).
- Belietrijk calcium sulfo aluminaat cement (BCSA).

Voor de productie van portlandcement wordt kalksteen verhit tot een temperatuur van 1.450 °C. Bij belietcementen is die temperatuur lager. Wanneer dezelfde grondstoffen als bij Portlandcement worden gebruikt ontstaat er minder aliet (C3S) en meer beliet (C2S) wat tot gevolg heeft dat het cement trager verhardt dan normaal portlandcement. De CO₂ reductie bedraagt in dat geval circa 10% ten opzichte van portlandcement. Wanneer minder kalksteen en meer calciumsulfaat en aluminium wordt toegepast als grondstof neemt de CO₂ uitstoot met 30% af en ontstaat een cement dat sneller reageert dan portlandcement.

Belietcement	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Niet gedefinieerd
Geïnterviewde koplopers:	ENCI (Heidelberg cement)
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Uit het interview volgt dat de technologie van Belietcement inmiddels is ontwikkeld maar dat het voor het opschalen noodzakelijk is om de bestaande ovens om te bouwen. Volgens opgave bestaat daarvoor nog geen sluitende businesscase.

Naast de ontwikkeling van andere cementsoorten onderzoekt de cementindustrie ook het op grote schaal afvangen van CO₂. In het interview is dat benoemd als een andere grote ontwikkeling van deze industrie. Dat gaat nog veel tijd en geld kosten maar wordt gezien als een haalbare ontwikkeling voor 2030. De grote kosten daarvan zullen verrekend worden in de kostprijs van het product.

5.11 Bodemas als reactieve vulstof

Bodemas is het restant dat overblijft na verbranding van afval in een verbrandingsoven. Bodemas is als granulaat al toegestaan voor de toepassing in ongewapend beton. De elementen waaruit bodemas bestaat zijn in principe ook geschikt als bindmiddel. Door het gebruik van deze afvalstroom als bindmiddel in beton kan de milieu-impact worden verlaagd.

Bodemas	
Cluster:	1
Toepassingscategorie:	Niet gedefinieerd
Geïnterviewde koplopers:	Geen
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3

Van deze innovatie is geen koploper geïnterviewd. Onderzoek naar de mogelijkheden en benodigde hittebehandeling om bodemas na het granuleren als bindmiddel te gebruiken vergt nader onderzoek (zie par. 5.3).

5.12 Zelfhelend beton

Traditioneel cementbeton krimpt en heeft de neiging om te scheuren. Daar waar scheuren ontstaan vormen deze in potentie een risico voor de aanwezige wapening. Bij het ontstaan van scheuren is het dan ook van belang dat middels wapening getracht wordt de breedte van de scheuren te beperken. Een aantal jaren geleden is aan de TU Delft zelfhelend beton ontwikkeld gebaseerd op het principe van kalkproducerende bacteriën. Het principe hierachter is dat doordat de scheuren vanzelf dicht gaan er minder wapening in beton kan worden toegepast. Daarnaast is gedurende de levensduur minder onderhoud en reparatie nodig. Beide aspecten dragen bij aan een lagere milieu-impact.

Zelfhelend beton	
Cluster:	2
Toepassingscategorie:	Constructief, gewapend, vloeren Constructief, gewapend, overig
Geïnterviewde koplopers:	Basilisk
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 t/m A3 (wapening), B2 (onderhoud), B3 (reparatie)

De techniek van zelfhelend beton heeft de potentie om de toepassing van minder wapening mogelijk te maken. Ook kan de levensduur van het beton toenemen doordat de wapening beter beschermd wordt wanneer er geen scheurvorming aanwezig is. De koploper geeft aan dat de techniek direct toepasbaar om reductie van wapening te realiseren.

5.13 Levensduurverlenging bestaande GWW bouw

Veel infrastructurele constructies in Nederland stammen uit de jaren na de tweede wereldoorlog. Deze constructies zijn inmiddels (ruim) 50 jaar oud en lopen formeel gezien tegen het einde van hun technische levensduur. Afhankelijk van de toestand en van de constructie en het toekomstige gebruik kan men de constructies herbestemmen en opnieuw geschikt maken voor toekomstig gebruik. Met hergebruik wordt sloop en nieuwbouw voorkomen waardoor sprake zal zijn van een lagere milieu-impact.

Levensduurverlenging bestaande GWW bouw	
Cluster:	2
Toepassingscategorie:	Constructief, gewapend, overig
Geïnterviewde koplopers:	Rijkswaterstaat/Mourik infra (case: Nijkerkerbrug)
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	B, C, D

Uit het interview met de koploper blijkt dat bij deze ontwikkeling niet zozeer technisch inhoudelijke aspecten maatgevend zijn maar vooral procestechnische en contractuele aspecten. Door het creëren van een projectomgeving waarin partijen op basis van gelijkheid (transparantie) en vanuit een gedeeld belang aan tafel zitten blijken technisch onmogelijk geachte oplossingen toch haalbaar.

Het gaat hier niet om technisch inhoudelijke, en duidelijk meetbare, innovatie maar om een procestechnische ontwikkeling. Bij het interview is ter sprake gekomen dat het niet mogelijk is om aan deze ontwikkeling bijvoorbeeld een MKI waarde toe te kennen. De reden daarvoor is de indirecte invloed van de keuzes op de MKI waarde en de complexiteit die een dergelijk analyse met zich meebrengt.

5.14

Hergebruik elementen

Bij sloop van bestaande constructies kan men overwegen om het beton niet te breken maar constructieve elementen als geheel 'te oogsten'. Deze elementen kunnen, afhankelijk van de nieuwe toepassing, zonder enige toevoeging, hergebruikt worden. Ook hiervoor geldt dat met hergebruik nieuwbouw gedeeltelijk wordt voorkomen waardoor sprake zal zijn van een lagere milieu-impact.

Hergebruik elementen	
Cluster:	2
Toepassingscategorie:	Ongewapend Niet constructief, gewapend Constructief, gewapend, vloeren Constructief, gewapend, overig
Geïnterviewde koplopers:	RoyalHaskoning/DHV
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	B, C, D

Bijvoorbeeld het hergebruik van prefab brugliggers is uitgebreid onderzocht en goed mogelijk. De conditie van de decennia geleden geproduceerde liggers blijkt bij onderzoek vaak nog goed te zijn en de elementen hebben nog een zeer lange restlevensduur. Dergelijke liggers kunnen meestal niet op hetzelfde project hergebruikt worden; daarom moet daarvoor een andere bestemming gevonden worden. Royal Haskoning DHV heeft bijvoorbeeld in samenwerking met Rijkswaterstaat bestaande prefab brugliggers hergebruikt bij de renovatie van een brug.

De mogelijkheden om het dek van de prefab liggers te verwijderen is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het beton van het dek. Als het dek een zeer hoge sterkte heeft is voorzichtig slopen complex zonder de liggers te beschadigen.

Veel van de vrijkomende liggers hebben een standaard afmeting en lengte. Bij nieuwe viaducten is de vorm en afmeting vaak complexer waardoor bestaande liggers niet altijd passend zijn. Eigenlijk zou bij nieuwe projecten rekening moeten worden gehouden met de beschikbaarheid van bestaande liggers.

6 Analyse interviews

De resultaten van de interviews worden in dit hoofdstuk geanalyseerd. Eerst worden de innovaties afzonderlijk behandeld waarna het geheel aan informatie integraal wordt beschouwd.

6.1 Beoordeling innovaties

Bij de afzonderlijke beschouwing wordt per innovatie gekeken naar aspecten als de productgroepen en de potentie van de betreffende innovatie. De potentie wordt daarbij beschouwd als een combinatie van de milieu-impact, het marktaandeel en de termijn die nodig is om de innovatie op te schalen. Ook wordt ingegaan op het huidige TRL niveau en de beschikbare LCA's en MKI's.

In algemene zin wordt per innovatie beoordeeld wat nog noodzakelijke randvoorwaarden zijn voor grootschalige implementatie en wordt beoordeeld wat het belang is om de betreffende technologie op te schalen.

6.1.1 Geopolymeer bindmiddel

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: hoog Termijn: Direct voor ongewapend, 2 - 5 jaar voor overige toepassingen
TRL:	8-9
Aantal interviews:	6
Representativiteit:	Hoog
Aantal beschikbare LCA:	1
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	5,5 voor betonmortel (geen wapening) met toepassing van secundaire materialen als toeslagmateriaal.
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Materiaalkundig onderzoek lange termijn veroudering en degradatie; - Onderzoek naar, en creëren beschikbaarheid van, alternatieve materialen voor vervanging hoogovenslak en vliegas - Uitwerking, validatie en bekrachtiging regelgeving voor toepassing geopolymeerbeton (in constructieve toepassingen) en attestering mengsels. - Er is tijd nodig om de nodige aanpassingen door te voeren in de productiesystemen.
Belang van opschalen:	Hoog

Van alle genoemde innovaties zijn geopolymeerbeton en klinkervervanging de meest gevorderde (TRL) ontwikkelingen. Voor toepassing in ongewapend beton bevindt de geopolymeerontwikkeling zich in TRL9 en kan dit zondermeer worden toegepast. Voor toepassing in gewapend beton bevindt deze ontwikkeling zich in TRL8. Belangrijke randvoorwaarde voor verdere opschaling van deze technologie is dan ook dat er regelgeving wordt ontwikkeld (en geïmplementeerd) op basis waarvan (1) constructieve toepassing van geopolymeer beton mogelijk wordt (zonder grootschalig testen), en (2) mengsels kunnen worden geattesteerd (kwaliteitscontrole). Om te komen tot regelgeving is ook aanvullend materiaalkundig onderzoek nodig naar bijvoorbeeld het krimp- en carbonatatiegedrag van dit materiaal, alsook de lange termijn veroudering en degradatie ervan.

Voor de toepassing van geopolymeerbeton is in de markt al veel onderzoek gedaan. Toch ontbreekt er op een aantal fronten nog betrouwbare informatie. Aanvullend onderzoek doen naar bijvoorbeeld het krimpgedrag van geopolymeerbeton én het gedrag van dit materiaal op de lange termijn, zijn noodzakelijk. Ook voor een goede onderbouwing van deze toepassing in regelgeving.

De technologie van geopolymeerbeton heeft een hoge potentie voor de gehele betonindustrie. Deze innovatie is de enige die, op basis van de nu beschikbare informatie, zonder opslag van CO₂ tot een eliminatie van CO₂ uitstoot kan leiden én schaalbaar is tot het volledige betonvolume. Daarbij is de beschikbaarheid van materialen voor toepassing in geopolymeerbeton een belangrijke voorwaarde. Hoogovenslak en vliegas worden schaarser en het is essentieel dat hiervoor ook andere materialen beschikbaar komen zoals bijv. vulkanisch as, gecalcineerde klei of andere klinkervervangers (zie par. 6.1.2).

Hoogovenslakken en poederkoolvliegas worden in Nederland al veel toegepast in beton en beide materialen hebben een significante bijdragen in de sterkte van beton (latent hydraulische en puzzolane eigenschappen). Bij toepassing van andere bindmiddelen dan hoogovenslak en vliegas, met een kleinere bijdrage aan de sterkte van het materiaal, kan een hoge temperatuur van 60-80°C nodig zijn om met dat geopolymeerbeton voldoende (of voldoende snel) sterkte te ontwikkelen. Voor de prefab industrie kan dit in klimaatkamers verwezenlijkt worden, bij transportbeton bijvoorbeeld in warme gietbouw. Het is van belang dat partijen de tijd geboden krijgen om de nodige aanpassingen in hun bestaande productiefaciliteiten door te voeren.

De technologie van geopolymeerbeton heeft een hoge potentie en daar ligt dan ook een groot belang om deze technologie op te schalen. Een aantal belangrijke randvoorwaarden is hierboven reeds beschreven maar het belangrijkste is dat in de gehele betonbranche de denkwijze verandert over de omslag naar alternatieve materialen in betonmortel. Deze veranderingen hebben invloed op de gehele betonketen, van opdrachtgever tot producenten.

6.1.2

Klinkervervanger

Productgroepen:	Alle productgroepen, maar met name de prefab industrie
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: middel Termijn: direct
TRL:	8-9
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Hoog
Aantal beschikbare LCA:	1
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	12-18 voor betonproduct (prefab product incl. wapening) met toepassing van alkalische activatie.
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Materiaalkundig onderzoek lange termijn veroudering en degradatie; - Onderzoek naar, en creëren beschikbaarheid van, alternatieve materialen voor vervanging hoogovenslak en vliegas - Uitwerking, validatie en bekrachtiging regelgeving voor toepassing als gedeeltelijke cementvervanger en in geopolymeerbeton (in constructieve toepassingen) en attestering mengsels. - Er is tijd nodig om de nodige aanpassingen door te voeren in de productiesystemen.
Belang van opschalen:	Hoog

Toepassing van klinker vervangende stoffen (zoals hoogovenslakken en vliegas) is in de betonmortelindustrie (transportbeton) al gemeengoed maar kent, vanwege de minder snelle sterkteontwikkeling, een veel minder grote toepassing in de prefab industrie. De sterkteontwikkeling kan echter op meerdere manieren positief worden beïnvloed, waaronder alkalische activatie. Door toepassing van klinkervervanging in de prefab industrie kan de milieu-impact van die producten sterk worden verlaagd.

Als klinkervervangers worden nu dus vooral hoogovenslak en vliegas toegepast. Het behoeft geen toelichting dat de vraag naar deze materialen zal toenemen als meer partijen dit gaan gebruiken. Het ligt voor de hand dat de kostprijs daardoor zal stijgen maar ook, en dat is meer kritisch, de schaarste van deze materialen zal toenemen.

De schaarste aan hoogovenslak en vliegas kan in eerste instantie op relatief korte termijn worden opgevangen met het gebruik van vulkanisch as (gegranuleerde lavasteen) en gecalcineerde klei. Deze materialen zijn al in de Eurocode aangewezen, waardoor certificering mogelijk is. Voor andere alternatieve bindmiddelen, zoals beschreven in de volgende paragraaf, zullen nog regelgeving en onderzoeksmethoden ontwikkeld moeten worden.

Hoewel opschaling van de toepassing van deze technologie voor de komende jaren wordt gezien als noodzakelijk om de milieu-impact te verlagen, moet de implementatie van deze technologie ook worden gezien als een opstap naar de productie van (volledig) geopolymeerbeton.

De technologie van klinkervervanging heeft een hoge potentie voor een gedeelte van de branche (prefab). Met name voor de verduurzaming op de korte termijn is het van belang om deze technologie op te schalen. Dit kan echter niet los worden gezien van het opschalen van de technologie ten aanzien van geopolymeerbeton. Ook hiervoor geldt overigens dat het belangrijkste is dat in de gehele betonbranche de denkwijze verandert over de omslag naar alternatieve materialen in betonmortel. Deze veranderingen hebben invloed op de gehele betonketen (van opdrachtgever tot producenten) en alle partijen zullen moeten investeren in de verduurzaming en bereid zijn dingen anders te doen dan tot nu toe gebruikelijk.

6.1.3

Alternatieve bindmiddelen

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: middel Marktaandeel: laag Termijn: 2-5 jaar
TRL:	2-8
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Middel
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Prijsstijging van bestaande grondstoffen voor beton - Materiaalkundig onderzoek naar de eigenschappen en lange termijn veroudering en degradatie van deze materialen; - Om deze alternatieve bindmiddelen in beton toe te passen is het van belang dat regelgeving wordt ontwikkeld.
Belang van opschalen:	Hoog

De implementatie van de toepassing van dergelijke alternatieve bindmiddelen, anders dan beschreven in de vorige paragraaf, is van een aantal zaken afhankelijk. Belangrijk is bijvoorbeeld de haalbaarheid van de businesscase om de productie op te schalen. De kostprijs van portlandcement is dermate laag (relatief gezien) dat het maken van een concurrerende businesscase voor alternatieven tot op heden strandt. De schaalbaarheid is op dit moment dan voor een belangrijk deel bepaald door de ontwikkelingen op de markt voor grondstoffen. Omdat de kosten van de productie van deze materialen in eerste instantie hoger zijn zal dit uiteindelijk ook kostenverhogend zijn voor beton en betonproducten. Op de langere termijn kan die kostprijs bij toenemende schaalgrootte afnemen.

Het ontwikkelen van meer alternatieve bindmiddelen, en het opschalen van deze technologieën, is wel van groot belang voor de verduurzaming van de betonsector. Voor het vervangen van de grote hoeveelheden portlandcement die momenteel in de industrie worden gebruikt zijn meerdere alternatieven nodig om de gehele branche te kunnen bedienen. Daarbij is ook het gegeven dat het nuttig gebruik van reststoffen noodzakelijk is in een circulaire economie en dat de normtechnisch toegelaten cementvervangers in beschikbaarheid afnemen (vliegas en hoogovenslak) of geïmporteerd moeten worden.

Belangrijke randvoorwaarde voor het toepassen van dergelijke bindmiddelen als cementvervanger of in geopolymeerbeton is dat hiervoor nog nader onderzoek en gerichte regelgeving noodzakelijk is.

6.1.4

CO₂ arme wapening

Productgroepen:	Niet constructief, gewapend
Potentie:	Milieu-impact: middel Marktaandeel: laag Termijn: 10+ jaar
TRL:	8
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Middel
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Om deze alternatieve wapening in beton toe te passen is het van belang dat een hele nieuwe regelgeving (met rekenmethodes en uitvoeringseisen) wordt ontwikkeld.
Belang van opschalen:	Laag

Door de CO₂-uitstoot wordt het produceren van staal steeds duurder. Dit maakt de ontwikkeling van alternatieve vormen van wapening, zoals deze vezels, steeds interessanter. Toch zijn hier ook een aantal kanttekeningen bij te plaatsen. Zo is wapening van glasvezels of basaltvezels in mindere mate te recycleren dan stalen wapening. Het materiaal is daarmee minder circulair dan staal. Tevens kunnen ze een hogere kruipvervorming vertonen dan staal en zijn deze materialen minder brandbestendig.

Daar komt bij dat de mechanische eigenschappen van deze materialen, ten opzichte van regulier wapeningsstaal, significant afwijken. Zodanig dat ook in technische zin nog onduidelijk is of deze wapening voldoet aan de strikte criteria van constructieve veiligheid. In de betonbranche is er momenteel geen genormeerde rekenmethode voor dit type wapening. De verwachting is dat medio 2026 de rekenmethode voor het zeer kostbare CFRP (koolstof vezel wapeningsstaven) genormeerd wordt (eurocode). Voor basaltvezel en glasvezel is er nog geen zicht op normering, waarmee er nog geen zicht is op het verkrijgen van de status van TRL9. De kans om hiermee grote milieu-impact (groter dan de milieu-impact van de verduurzaming van de staalproductie) te realiseren voor 2030 is derhalve gering. Om dit beeld te veranderen zal eerst uitgebreid technisch onderzoek nodig zijn, waarna eventueel een richtlijn kan worden opgesteld voor het gebruik.

In specifieke toepassingen waarbij de wapening niet noodzakelijkerwijs gericht is op het beheersen van scheurwijdte en er geen sprake is van een invloed op constructieve veiligheid heeft alternatieve wapening wel een gunstige invloed op de milieu impact. Te denken valt aan de toepassing van betonnen rijplaten, barriers langs wegen, keerwanden, betonverhardingen, etc.

Voor wapening in beton geldt overigens dat er in diverse gevallen nog verduurzaamd kan worden door de hoeveelheid wapening te optimaliseren. Regelmatig wordt standaard een bepaalde hoeveelheid wapening toegepast waarop, bij de keuze voor projectspecifieke optimale wapening, nog kan worden bespaard.

6.1.5

Gecalcineerde klei

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: hoog Termijn: 5 jaar
TRL:	6-9
Aantal interviews:	-
Representativiteit:	Middel
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Materiaalkundig onderzoek lange termijn veroudering en degradatie; - Onderzoek naar, en creëren beschikbaarheid van, het verkrijgen van grote hoeveelheden van dit materiaal - Uitwerking regelgeving voor toepassing van gecalcineerde klei in betonconstructies
Belang van opschalen:	Hoog

Het toepassen van gecalcineerde klei in beton ligt in het verlengde van de ontwikkeling van geopolymerbeton en klinkervervanger. Door het toepassen van dit materiaal als reactieve vulstof kan de milieu-impact van beton aanzienlijk worden verlaagd. Het is ook toepasbaar in geopolymerbeton.

Het belang om de toepassing van gecalcineerde klei op te schalen is groot omdat voor de aanvulling op (en vervanging van) hoogovenslakken alternatieve vulstoffen noodzakelijk zijn. Gebruik en productiefaciliteiten zijn in Europa reeds beschikbaar en opschaling tot grote volumes is in principe mogelijk.

6.1.6

Carbstone

Productgroepen:	Ongewapend, gewapend prefab
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: laag Termijn: 5 jaar
TRL:	7
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Laag
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Beschikbaarheid van (laagwaardig) CO₂ gas om de kosten van de productie laag te houden. - Carbon curing vraagt om een bepaald productieproces en daarvoor moeten installaties worden gebouwd
Belang van opschalen:	Middel

Carbstone (carbon curing) is een proces waarmee in theorie CO₂-negatieve producten kunnen worden vervaardigd. Bovendien is het een methode waarbij CO₂ die wordt afgevangen uit productieprocessen kan worden opgenomen in een nieuw product en niet in de natuur vrij komt.

Om carbstone te produceren zijn echter speciale productiefaciliteiten nodig die, voor grootschalige productie, nog moeten worden gerealiseerd. Bovendien wordt als bindmiddel gebruik gemaakt van RVS-staalslak.

Deze technologie kent dan ook een aantal interessante kansen, zeker ook wanneer CO₂ afvang in de toekomst grootschaliger zal worden toegepast. Het opschalen van deze technologie is relevant voor de middellange termijn en beperkt zich tot ongewapende producten met een geringe dikte.

6.1.7

Solidia

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: middel Marktaandeel: laag Termijn: 5 jaar
TRL:	7
Aantal interviews:	-
Representativiteit:	Laag
Aantal beschikbare LCA:	-
Voor naamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Beschikbaarheid van (laagwaardig) CO ₂ gas om de kosten van de productie laag te houden. - Carbon curing vraagt om een bepaald productieproces en daarvoor moeten installaties worden gebouwd
Belang van opschalen:	Laag

De technologie van Solidia lijkt op die van carbstone maar maakt, in plaats van de RVS staalslak bij carbstone, gebruik van cement met een lagere milieu-impact dan portlandcement. De milieu-impact van deze technologie is daardoor minder groot, maar wel aanwezig.

De aandachtspunten als benoemd bij carbstone zijn zodoende ook op Solidia van toepassing.

6.1.8

Zwavelbeton

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: laag Termijn: 2-5 jaar
TRL:	8
Aantal interviews:	-
Representativiteit:	Laag
Aantal beschikbare LCA:	-
Voor naamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	-
Belang van opschalen:	Laag

Bij deze bindmiddeltechnologie wordt gebruik gemaakt van zwavel dat wordt gewonnen bij de productie van brandstoffen (diesel). Zolang als daar de productie van door blijft lopen zal het mogelijk zijn dit bindmiddel te produceren. Door verdere toename van het gebruik van elektrische voertuigen zal de productie van brandstoffen afnemen.

De gebruikstoepassing is beperkt tot ongewapend beton dat niet aan hoge temperaturen blootgesteld zal worden. Er zal een specifieke fabriek voor gebouwd moeten worden om producten te kunnen realiseren. Het opschalen van deze technologie heeft geen hoge prioriteit.

6.1.9 Hergebruik cementrecycalaat

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: laag Marktaandeel: laag Termijn: 5 jaar
TRL:	4 ??
Aantal interviews:	-
Representativiteit:	Laag
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Voor de beschikbaarheid van dit materiaal is het van belang dat veel (zometer al het) beton middels slimme brekers moet worden gebroken en het recycalaat moet worden teruggewonnen. - Naar de reactiviteit van dit materiaal moet nog nader onderzoek worden verricht.
Belang van opschalen:	Laag

Bij gebruik van cementrecycalaat wordt de bij sloop van het beton vrijgekomen fijne fractie aan materiaal weer hergebruikt in beton als puzzolaan bindmiddel. Al dan niet opgewerkt middels verhitte.

Uit het oogpunt van circulariteit is het hergebruik van cementrecycalaat een waardevolle ontwikkeling. De hoeveelheid vrijkomend beton slooafval is echter beperkt waardoor het enerzijds zo is dat slechts een gedeelte van het toeslagmateriaal in beton kan worden vervangen door betongranulaat maar anderzijds ook geen enorme hoeveelheden recycalaat beschikbaar zullen zijn om grote hoeveelheden klinker te kunnen vervangen. Ook is het recycalaat minder reactief dan diverse andere bindmiddelen.

Omdat deze fijne fractie van het slooafval op dit moment geen goede toepassing kent is de toepassing ervan zeker een goede ontwikkeling maar zal de impact daarvan gering zijn. Het belang om dit snel op te schalen is dan ook niet heel groot.

6.1.10 Belietcement

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: middel Marktaandeel: middel Termijn: 5-10 jaar
TRL:	8
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Hoog
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Bestaande cementfabrieken moeten verbouwd worden of er moeten nieuwe fabrieken gebouwd worden.
Belang van opschalen:	Laag

Met de toepassing van belietcement is er vooral milieuwinst te behalen als vervanging van portlandcement. De CO₂ reductie van 10% – 30% is echter geringer dan de reductie die gerealiseerd kan worden door cementvervanging met alternatieve bindmiddelen. Voor de Nederlandse situatie, waarin er al gemiddeld sprake is van meer dan 30% bindmiddelenvervanging doorklinkervervangers als hoogovenslak biedt belietcement dan geen grote vooruitgang in milieu-impact.

6.1.11 Bodemas als reactieve vulstof

Productgroepen:	Alle productgroepen
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: middel Termijn: 10 jaar
TRL:	2-8
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Middel
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Prijsstijging van bestaande grondstoffen voor beton - Materiaalkundig onderzoek naar de eigenschappen en lange termijn veroudering en degradatie van deze materialen; - Om deze alternatieve bindmiddelen in beton toe te passen is het van belang dat regelgeving wordt ontwikkeld.
Belang van opschalen:	Middel

Het toepassen van Bodemas als reactieve vulstof in beton ligt in het verlengde van de ontwikkeling van geopolymeerbeton en klinkervervanger. Door het toepassen van dit materiaal als reactieve vulstof kan de milieu-impact van beton aanzienlijk worden verlaagd. Het is ook toepasbaar in geopolymeerbeton.

Het ontwikkelen van meer alternatieve bindmiddelen, en het opschalen van deze technologieën, is van groot belang voor de verduurzaming van de betonsector. Voor het vervangen van de grote hoeveelheden portlandcement die momenteel in de industrie worden gebruikt zijn meerdere alternatieven nodig om de gehele branche te kunnen bedienen. Het belang om deze technologie op te schalen is middelgroot omdat voor de aanvulling op (en vervanging van) hoogovenslakken alternatieve vulstoffen noodzakelijk zijn. De beschikbaarheid van bodemas als grondstof is echter beperkt tot de hoeveelheid verbrand afval en die zal in een circulaire economie steeds verder afnemen.

Randvoorwaarde voor het toepassen van dergelijke bindmiddelen zijn, in vergelijking met geopolymeerbeton, dat er nog aanvullend materiaalkundig onderzoek wordt verricht en dat het toepassen van deze alternatieve materialen vanuit de regelgeving wordt toegestaan.

6.1.12 Zelfhelend beton

Productgroepen:	Gewapend beton, constructief en niet-constructief
Potentie:	Milieu-impact: laag Marktaandeel: laag Termijn: direct
TRL:	8
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Hoog
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	A1 – A3, B2 en B3
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Onderzoek naar de effectiviteit afhankelijk van de omstandigheden
Belang van opschalen:	Laag

Het zelfhelend beton betreft een ontwikkeling die kansen biedt, maar ook nog een experimenteel karakter heeft. De intentie van het gebruik van dit materiaal is om uiteindelijk minder wapening in betonconstructies toe te passen en de levensduur van constructies te verlengen. Deze innovatie zal zich beperken tot een relatief gering aantal toepassingen en hooguit een beperkte impact hebben op de MKI van een betonproduct.

De technologie biedt kansen in specifieke toepassingen maar het belang om deze technologie op te schalen is laag.

6.1.13

Levensduurverlenging bestaande GWW bouw

Productgroepen:	Gewapend beton, constructief
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: laag Termijn: direct
TRL:	8-9
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Hoog
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	B, C, D
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Om deze ontwikkeling op te schalen zou deze procesaanpak in een groter aantal projecten moeten worden toegepast.
Belang van opschalen:	Middel

Het betreft een procesmatige, en niet technisch inhoudelijke, ontwikkeling. Bij het succesvol verlopen project Nijkerkerbrug is hiermee ervaring opgedaan die is vastgelegd in het project doen (<https://projectdoen.nu/>). Deze methodiek kan op meer projecten worden toegepast als opdrachtgevers deze werkwijze omarmen. Inmiddels zijn er al meerdere projecten waar deze methodiek in uitvoering wordt gebracht.

Het is niet mogelijk aan het gebruik van deze methodiek MKI waarden toe te kennen.

6.1.14

Hergebruik elementen

Productgroepen:	Gewapend beton, constructief
Potentie:	Milieu-impact: hoog Marktaandeel: laag Termijn: direct
TRL:	8
Aantal interviews:	1
Representativiteit:	Hoog
Aantal beschikbare LCA:	-
Voornaamste LCA factor(en):	B, C, D
Huidige koploperwaarde (MKI):	Geen waarde beschikbaar
Noodzakelijke randvoorwaarden (en/of ontwikkelingen):	- Om deze ontwikkeling op te schalen is het noodzakelijk dat bij sloop van objecten vooraf wordt geanalyseerd of de elementen van de constructie herbruikbaar zijn. - Een elementen bank is nodig om voorraad te creëren voor nieuwe projecten
Belang van opschalen:	Middel

De methodiek van het hergebruik van betonelementen is een belangrijk onderdeel van de circulariteit van betonconstructies. Het is niet alleen een technisch inhoudelijke ontwikkeling (hoe hergebruik je constructie-elementen) maar ook zeker een procesmatige ontwikkeling. Het is van belang dat een constructie vooraf wordt geanalyseerd met het oog op hergebruik van onderdelen daarvan.

Het is niet mogelijk aan het gebruik van deze methodiek MKI waarden toe te kennen.

6.2 *Integrale beoordeling*

In navolging op de bovenstaande analyse van de afzonderlijke benoemde innovaties wordt hieronder het geheel aan innovaties beoordeeld. Eerst wordt ingegaan op de representativiteit van het koploperonderzoek en daarna op de beoordeling van de innovaties.

6.2.1 *Representativiteit*

Bij het koploperonderzoek zijn 15 interviews uitgevoerd van de 23 geregistreerde koplopers. Er zijn verschillende pogingen gedaan deze groep te vergroten, maar uiteindelijk is het bij 15 deelnemers gebleven.

Van deze 15 partijen waren er zes actief op de innovatie geopolymer bindmiddel. Bij de overige innovaties is maximaal één koploper geïnterviewd. Ook zijn er innovaties waarvan geen koplopers zijn geïnterviewd zoals bijvoorbeeld gecalcineerde klei of hergebruik cementrecycalaat.

Verder is het zo dat niet alle geïnterviewde partijen beschikken over goede informatie om een volledig beeld te vormen van enerzijds de milieu-impact en anderzijds de implicaties en randvoorwaarden voor de implementatie van bepaalde technologieën. Daar waar dit niet het geval is hebben deze koplopers nuttige inzichten gegeven over de mogelijkheden op het betreffende vlak. Men kan echter de vraag stellen of de informatie die is verkregen voldoende representatief is om realistische koploperwaarden te bepalen. En op basis daarvan te komen tot betrouwbare plafondwaarden (MKI, termijnen en producten). Oftewel: is de kopgroep niet te dun om hieruit een aanpak voor het peloton af te leiden?

Anderzijds zijn bij geopolymer bindmiddel zes koplopers geïnterviewd en is er ten aanzien van het gebruik van alternatieve bindmiddelen een redelijk inzicht in de verschillende mogelijkheden, wanneer naar verwachting welke technologieën kunnen worden opgeschaald, en wat daarbij haalbare MKI waarden zijn. De ontwikkelingen op het gebied van bindmiddelen zijn bovendien van toepassing op de gehele betonbranche, en niet alleen op één of enkele productgroepen. Die informatie maakt het mogelijk om voor dat aspect te komen tot een redelijke koploperwaarde.

6.2.2 *Integrale beoordeling*

De bovenstaande analyse laat een aardig beeld zien van de verschillende technologieën, de mogelijkheden en de beperkingen. Diverse technologieën zijn nog niet ver ontwikkeld of hebben maar een beperkte impact. Het onderzoek laat zien dat de bindmiddeltechnologieën verreweg het meest ontwikkeld zijn en dat die ook de grootste potentie hebben.

Analyse van de gesprekken met de koplopers laat overigens ook zien dat het regelen van de randvoorwaarden (regelgeving, onderzoek etc.) zeker net zo belangrijk is als de ontwikkeling van de technologie op zich. De randvoorwaarden bieden de mogelijkheden, en zijn noodzakelijk, om een gelijk speelveld te creëren waar producten op hun kwaliteit en milieu-impact kunnen worden gewogen en niet alleen op kosten of benodigde inspanningen.

Analyse van de interviews laat ook zien dat niet in alle productcategorieën voldoende informatie beschikbaar is, of dat er ook koplopers actief zijn. In het uiterste geval zou dat betekenen dat een productgroep zonder innovatiekracht niet zal innoveren omdat er geen koplopers zijn. Voor deze productgroepen is het van belang dat aanbevelingen worden gedaan over de toepassing van marktbrede oplossingen (bijv. bindmiddeltechnologie) en het aanpassen van randvoorwaarden, zodat er een speelveld voor koplopers ontstaat.

Verder is het van belang op te merken dat er in de markt partijen actief zijn met innovaties die niet direct aan één productgroep gerelateerd kunnen worden. Dat zijn ondermeer de bindmiddel technologieën. Juist bij innovatie is denken buiten de gebruikelijke oplossingen essentieel. Een te rigide houding ten aanzien van de bestaande productgroepen kan innovatie vanuit de koploperaanpak in de weg staan. Het is dan ook van belang om de mogelijke impact van de marktbrede innovaties van koplopers te vertalen naar de verschillende productgroepen. Als voorbeeld: geopolymeerbeton is een marktbrede innovatie en kan in de productgroep straatstenen al veel impact hebben, in de productgroep constructief beton is de impact op korte termijn nog lager, omdat hier het TRL nog lager is (regelgeving, onderzoek). Die impact zal de komende jaren echter verder toenemen wanneer meer randvoorwaarden worden geregeld.

In een integrale benadering is het juist van belang de branchebrede innovaties ook als zodanig in te zetten. Bijvoorbeeld cementvervanging kan een impact hebben over de gehele branche. Dit zou dan ook in plafondwaarden van alle producten moeten worden verwerkt. Het gebruik van CO₂ arme wapening is alleen van invloed op de gewapende betonnen onderdelen, evenals zelfhelend beton. Deze innovaties zijn niet van invloed op de MKI van ongewapende producten. Bij constructief beton kun je dus op meerdere factoren de MKI beïnvloeden maar bij ongewapend beton op minder factoren. Daarbij is bij het ter plaatse gestorte gewapende beton, dat onderdeel uitmaakt van het transportbeton, de wapening niet inbegrepen in de MKI en bij prefab gewapend beton wel. Daardoor ontstaat een ongelijk speelveld.

Op basis van het uitgevoerde onderzoek zijn wij ervan overtuigd dat met de ontwikkelingen op het gebied van alternatieve bindmiddelen (cementvervanging en geopolymeer) de komende jaren de meest belangrijke en meest beïnvloedbare stappen kunnen worden gezet. Dat zijn ook de innovaties die het hoogste potentieel hebben in totale reductie van de milieu-impact en waar de betonindustrie veel invloed op heeft. Op de ontwikkelingen op het gebied van de wapeningsstaal en het verduurzamen van transport heeft de betonindustrie veel minder invloed, evenals op de CO₂ reductie die gerealiseerd kan worden in andere delen van de betonketen dan het materiaal zelf. Voor dit laatste loopt binnen het Betonakkoord een separaat innovatietraject. Voor het materiaal beton zelf zijn de alternatieve bindmiddelen het meest kansrijk en het advies is dan ook om plafondwaarden voor productcategorieën te bepalen uitgaande van de toepassing van innovaties op het gebied van bindmiddeltechnologie.

7 Onderbouwing koploperaanpak

Het onderzoek naar de onderbouwing is gestart vanuit de gedachte om middels interviews met koplopers goede gegevens te verzamelen over de MKI's die door toepassing van bepaalde innovaties in de betonbranche kunnen worden gerealiseerd. De bedoeling was om op basis van deze koploperwaarden een advies te kunnen uitbrengen over mogelijke plafondwaarden voor de MKI van verschillende productgroepen of categorieën.

Na afloop van het onderzoek moeten we vaststellen dat de beschikbare informatie van de koplopers het nog slechts in geringe mate mogelijk maakt om goede koploperwaarden te bepalen. Dat heeft om te beginnen te maken met het feit dat de informatie die daarover door de koplopers kon worden verstrekt te beperkt is. Zo hebben slechts twee partijen een LCA overlegd op basis waarvan feitelijk een MKI koploperwaarde zou kunnen worden bepaald. Enerzijds heeft dat er zeer waarschijnlijk mee te maken dat goede informatie daarover niet veel beschikbaar is. Anderzijds kan het zijn dat partijen deze informatie nu niet wensen te delen.

Het tweede aspect heeft te maken met de opbouw van de MKI waarde. De ambitie is om MKI plafondwaarden te bepalen voor productgroepen of categorieën. Daarvoor is het nodig om per productgroep van alle innovaties de invloed op de verschillende factoren van de MKI waarde te bepalen. Bij transportbeton en betonwaren speelt het aandeel wapening bijvoorbeeld geen rol en bij gewapend prefab beton wordt de wapeningsdosering deels door het ontwerp bepaald. Ook heeft het transport van grondstoffen en producten een substantiële invloed op de MKI en die varieert per producent en product. Diepgaand inzicht in die aspecten is er nu niet maar vormt wel de basis voor plafondwaarden van de verschillen tussen de verschillende productgroepen.

Er zal dus een verschil zijn tussen de plafondwaarden van verschillende productgroepen maar ook binnen de productgroepen kan een onderscheid bestaan tussen verschillende marktpartijen. Bijvoorbeeld afhankelijk van de factor transport die voor partijen een wisselende impact kan hebben (zie toelichting hieronder). Het is dan ook niet zo eenvoudig om een generalistische plafondwaarde te bepalen. Een te rigide houding ten aanzien van de bestaande productgroepen kan innovatie vanuit de koploperaanpak in de weg staan.

Toelichting

Op voorhand lijkt het definiëren van een plafondwaarde voor transportbeton het minst complex. Uit de onderstaande tabel uit het advies voor plafondwaarden van NIBE uit 2018 volgt echter dat bij een zelfde betonmengsel van twee centrales de MKI een verschil van 17% kan hebben. Dat verschil wordt vooral bepaald door de factor transport. Een centrale in Amsterdam die via het water alle grondstoffen kan aanvoeren, en binnen een cirkel van 10 km zijn beton aflevert, zal de lage MKI halen. Een centrale in provinciaal gebied die verder van de grondstoffen bronnen ligt, (deels) niet via het water kan aanvoeren én een groot afzetgebied bedient, zal de hoge MKI halen.

Als het maximum als plafondwaarde wordt aangehouden zal dat er dan toe leiden dat de centrale in Amsterdam minder druk zal voelen om te verduurzamen. Indien het minimum als plafondwaarde wordt toegepast zal de centrale in de provincie de MKI van het mengsel met 25% moeten verlagen en dat is op korte termijn niet reëel.

Het uitgevoerde koploperonderzoek laat zien dat er met name op onderdeel A1 'mengsel' door de betonproducenten grote stappen gezet kunnen worden om CO₂ uitstoot te reduceren en de MKI te verlagen. Deze component heeft, zoals ook uit onderstaande tabel blijkt, de grootste impact. Ook kan deze component generiek over de markt worden toegepast; de koplopers laten zien dat bijvoorbeeld de technologie van geopolymeerbeton in alle productgroepen toepasbaar is (transportbeton / betonwaren / voorgespannen beton / GWW). Met een nadere studie die in een korte doorlooptijd kan worden uitgevoerd, zouden koploperwaarden voor betonmengsels generiek voor de betonbranche als geheel en alle betonproducten kunnen worden vastgesteld. Deze waarden zouden dan eventueel ook in de vorm van een duurzaamheidslabel van het betonmengsel kunnen worden gepresenteerd.

module	min	max	
A1	14,43	14,43	Mengsel ligt vast in deze oefening
A2	2,06	4,40	Aanvoer grondstoffen optimaliseren qua afstand en/of logistiek
A3	0,30	0,80	Energieverbruik centrale minimaliseren en/of verduurzamen
A4	0,30	0,93	Transport naar het werk met duurzaam vervoer, afstand altijd 25 km
A5	0,38	0,38	Op uitvoering nu geen directe impact mogelijkheden
C+D	2,12	2,12	Eindelevensduur scenario in deze studie constant gehouden
totaal	19,62	23,06	Dit is de ruimte die betonproducent nu ongeveer heeft, zonder aanpassingen aan zijn betonsamenstelling

Tabel 4 uit het NIBE rapport voor plafondwaarden uit 2018

Het beeld van de huidige plafondwaarden is dat die voor veel producten nog in sterke mate bepaald zijn op basis van de hoogste MKI's in de markt. Het is echter van belang dit vanuit meerdere factoren te bekijken. De toepassing van alternatieve bindmiddelen en geopolymeerbeton heeft de potentie om plafondwaarden met aanzienlijk meer dan enkele procenten per jaar te verlagen. Als de verduurzaming van transport en staalproductie voortvarend ter hand genomen zal worden kan de verlaging van de plafondwaarden nog progressiever verlopen. Een methode gericht op het generiek bepalen van de impact van het aandeel beton/bindmiddel in betonproducten zou kunnen helpen om snel inzicht te krijgen in productgroepen waar de potentie om de plafondwaarde te verlagen het grootst is. Een andere mogelijkheid is om voor alle betonproducten een onderzoek uit te voeren naar de impact van het aandeel beton / bindmiddel om op basis daarvan te bepalen welke verlaging van de plafondwaarde mogelijk is. Dit onderzoek zou periodiek moeten worden uitgevoerd. Men zou daarbij kunnen denken aan een systematiek die vergelijkbaar is met duurzaamheidslabels (zoals die bekend zijn voor huishoudelijke producten) als onderdeel van de MKI.

Bij de koploperaanpak heeft verlaging van de CO₂ uitstoot bij de productie van betonproducten de hoogste prioriteit. De CO₂ impact van beton wordt voornamelijk veroorzaakt door transport ($\pm 20\%$), wapening ($\pm 20\%$) en bindmiddel ($\pm 55\%$). Deze drie hoofdcomponenten zijn niet volledig te beïnvloeden vanuit de betonbranche.

- De koplopers laten zien dat CO₂ reductie van bindmiddelgebruik mogelijk is en, als daarvoor de randvoorwaarden worden gecreëerd, in 2 tot 5 jaar kan worden opgeschaald.
- De CO₂ armere alternatieven voor wapeningsstaal kunnen reeds voor een specifiek marktaandeel worden ingezet. Voor toepassingen waar constructieve veiligheid een rol speelt, hetgeen het overgrote deel van de toepassing van wapeningsstaal betreft, zijn deze alternatieven zowel op de korte als de middellange termijn niet voldoende marktrijp. Daarnaast wordt door nieuwe productiemethoden in de staalindustrie CO₂ reductie ter hand genomen.
- Verduurzaming van het transport op de bouw- en sloopterreinen en in de grondstoffenwinning wordt gezamenlijk met andere partijen (Bouwend Nederland, Klimaattafel Mobiliteit, Bouwberaad en bouwakkoord Staal) aangepakt. Daarom is er in het kader van het Betonakkoord niet verder op ingegaan.

In de CO₂ reductie in het bindmiddelgebruik wordt de grootste winst behaald door vervanging van portlandcement door alternatieve bindmiddelen. Met de toepassing van geopolymeerbeton is volledig cementloos beton te produceren. In de ontwikkeling van geopolymeerbeton zijn verschillende koplopers actief, waarmee dit nu de meest kansrijke ontwikkeling is/likt. Een richtlijn op basis waarvan de eisen aan (geopolymeer)beton kwalitatief en toetsbaar zijn vastgelegd is voorwaardelijk voor de grootschaligere toepassing van alternatieve bindmiddelen.

Veel andere ontwikkelingen, zoals carbstone, zelfhelend beton, zwavelbeton, alternatieve wapening, hergebruik van elementen, etc. hebben op specifieke producten een verduurzamingspotentie. De ontwikkeling daarvan moet worden gestimuleerd maar de koploperwaarde daarvan kan op basis van dit onderzoek nog niet worden vastgelegd. Dit komt omdat LCA's op basis waaraan de MKI kan worden vastgesteld door de koplopers niet beschikbaar zijn gesteld.

8 Bronnen en literatuur

- 1 'Advies voor MKI plafondwaarden voor betonmortel en betonproducten', NIBE bv, document: 28.028.18.12.003, versie:1.0, datum: 6 december 2018.
- 2 Presentatie 'Road Map CO₂', uitvoeringsteam Road Map CO₂-reductie, versie 1.2, datum: 20 januari 2021.
- 3 Presentatie 'MKI-plafondwaarden richting 2020', NIBE bv, datum: 25 april 2021.
- 4 Presentatie 'MKI-plafondwaarden voor betonmortel en betonproducten', uitvoeringsteam dalende MKI Betonakkoord, datum: 25 april 2021.
- 5 'Notitie dalende MKI', uitvoeringsteam dalende MKI Betonakkoord, versie 18 mei 2021.
- 6 'Inkopen met de milieukostenindicator', PIANOo expertisecentrum aanbesteden, versie december 2019.
- 7 'Technology Readiness Levels Handbook for Space Applications' ESA, versie September 2008

Bijlage 1 **Lijst met koplopers**

Voor het onderzoek is de onderstaande lijst aan koplopers vastgesteld. In de lijst zijn de bedrijfsnamen benoemd en het cluster waarin de betreffende koploper is ingedeeld:

Cluster 1: verbeteren milieuprestatie beton		Geïnterviewd Ja/Nee
Geopolymeer bindmiddel	SQAPE	Ja
	SCS	Ja
	A. Jansen beton	Ja
	Van Hattum en Blankevoort Infra	Ja
	V.d. Bosch Beton	Ja
	Rouwmaat	Ja
Klinkervervanger	ECOCEM	Nee
	Voorbij Prefab	Ja
Alternatieve bindmiddelen	ASCEM	Nee
Zwavelbeton	DeBonte	Ja
CO ₂ arme wapening	Vulcan	Ja
	Schöck	Nee
Gecalcineerde klei	TNO	Nee
Carbstone	VITO	Ja
Solidia	Solidia	Nee
Hergebruik cementrecycalaat	Smartcrusher	Nee
Belietcement	ENCI (Heidelberg cement)	Ja
Bodemas	Blue Phoenix Group	Nee
Cluster 2: Levensduurverlenging		
Zelfhelend beton	Basilisk	Ja
Levensduurverlenging bestaande GWW bouw	Rijkswaterstaat/ Mourik Infra (Case: Nijkerkerbrug)	Ja
Hergebruik elementen	RoyalHaskoning/DHV	Ja
Extra		
-	Resourcefull	Nee
-	Biobound	Ja

Tabel 2: koplopers

Bijlage 2 **Vragenlijst interviews**

Voor de interviews is de onderstaande vragenlijst gebruikt. De lijst is tot stand gekomen op basis van eigen inzichten en inbreng van de Stuurgroep van het Betonakkoord:

Algemeen

- 1 Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?
- 2 Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

- 3 Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?
- 4 Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?
- 5 Hoe beoordeelt u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

- 6 Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?
- 7 Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?
- 8 Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Schaalbaarheid van de innovatie

- 9 Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?
- 10 Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?
- 11 Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?
- 12 Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?
- 13 In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?
- 14 Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?
- 15 Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Overige aandachtspunten

- 16 Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?
- 17 Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een aantal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?
- 18 Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Bijlage 3 **Verslagen koploperinterviews**

Bedrijf	Sustainable Concrete Solutions
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Jos Kronemeijer, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	14:30 – 16:00
Kopie naar	j.kronemeijer@scs-bv.nl

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Ja, bekend mee; heb even geen suggesties

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Product: letterlijk *alle* betonproducten samengesteld met cementeuze bindmiddelsystemen conform de EN 206, de ASTM 301 of de CSA-A23.1 materiaaldefinities,.

Wijze: door het cementeuze bindmiddelsysteem 'geopolymeer' als universeel gelijkwaardig substituuat te beschouwen voor *alle* op portlandklinker-gebaseerde ('conventionele') cementen.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Technologie: geopolymeer (bindmiddel-)technologie.

Schaalbaarheid: beter dan portlandklinker-technologie, want omvangrijker grondstofareaal

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

We voeren meerdere GP-productsystemen, maar in 2020 is bijvoorbeeld een door SGS-Intron gevalideerde MKI score gecalculeerd op één van onze varianten toegepast in een ProRail-project. Bij dezelfde systeemgrenzen (!) werden MKI-scores onderling vergeleken tussen een 'conventionele' hoogovencement CEM III/B 42,5 LH SR en onze geopolymeer-variant: hierbij scoorde onze variant tenminste 20% gunstiger; de CO₂-emissie als component zelfs tenminste 50% gunstiger. Rapportage als onderbouwing is beschikbaar.

Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Zoals gebruikelijk in de sector, echter aangevuld met verdiepingsslag: dus 'geschiktheids-onderzoek' cfm. de EN 12620-route in kader van EN 206-bereiken, maar aangevuld met afstemming op beoogd hergebruik omdat daar (nog) niets voor geregeld is.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvoering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Géén fysieke aanpassingen productie-equipment of wijzigingen in grondstof-routing nodig

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Géén

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Steeds moeten aantonen van 'equivalent performance' bij project-stakeholders is tijdrovend en kostbaar. Inkijk in verschillen in investeringsniveau is niet te geven: verschilt te sterk per geval. Oorzaak ligt in (1) lacune in Nationale en Europese regelgeving → geopolymeer wordt bij ons in NLD nog niet herkend als volwaardig substituut voor conventionele cement en, (2) onvoldoende kennis in de sector om aard, omvang en kans van optreden van technische risico's te kunnen duiden (geldt echter ook reeds voor conventionele cement maar dat wordt geaccepteerd).

Financiering: ca. 80% eigen middelen en 20% publieke middelen (o.a. Betonakkoord)

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Ja, geen enkel probleem

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Als de nieuwe RTD-richtlijn 'Leidraad beoordeling nieuwe betonmengsels' (nu conceptversie) in juridische zin brede marktacceptatie ondervindt, kan opschaling van veel nieuwe 'cementen' versnellen waardoor Klimaatdoelstellingen op dit deelterrein daadwerkelijk realiseerbaar worden.

Context: geen enkele portlandklinker-gebaseerde cement (ook de nieuwe CEM II en VI-varianten niet) komen tav CO₂-emissiereductie ook maar in de buurt komt van geopolymeer.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Kostprijs voor geopolymeer-beton wordt, net als bij conventionele cement-beton, vergaand bepaald door kostprijs van het bindmiddelsysteem; een geopolymeer-cement ligt qua kostprijs momenteel grosso-modo in hetzelfde bereik als bestaande 'conventionele' cementen als je (uiteraard) de technische prestaties als vergelijkingsbasis neemt.

Als je kijkt naar huidige kostprijs is het saillant vast te stellen dat, bij naderende progressieve CO₂-taxerings zoals nu voorzien, conventionele cementen snel (veel) duurder worden. Schaalvergroting zal dit effect enkel versterken.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

We hebben reeds 'in eigen huis' een combinatie van kennis (MICT en PhD-level), internationale ervaring (projecten op 3 continenten) en nemen deel in een veelheid aan internationale vaktechnische comités (o.a. RILEM en ACI) waardoor we durven vermoeden dat we dit aspect reeds scherp in beeld hebben; ons credo: "no sustainability without durability".

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Bereidheid en mogelijkheid is vergaand aanwezig; de prestatie-specificaties van de receptuur en de aard van de gehanteerde precursors daarin wordt door ons in alle wenselijke details vrijgegeven; de activatoren niet (!) – vergaand net zoals bij conventionele cementen dus eigenlijk...

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Ontwikkeling wordt vergaand uit eigen middelen en deels uit die van partners gefinancierd; dat valt onder fabrikant-eigen producent IP en is uiteraard beschermd. Licentie borgt bij ons 'certificeerbare- en dus verzekerbare garanties' op noodzakelijkerwijs robuust-voorspelbaar gedrag; de gebruikersketen heeft daar duidelijk behoefte aan.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

JA; de EN 197 cement-normenreeks, verdient al ruim 4 decennia een nieuwe zusternorm (bijvoorbeeld de EN 197-6? voor AACM's) en vermelding in de EN 206 als equivalentementeus bindmiddelsysteem voor constructief gebruik in de context van Eurocode 2.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Ben bekend met naam en conceptuele herkomst. Eventueel gebruik door ons zal afhangen van glashelder beeld vóóraf, van *samenstelling* (m.n. onbetwistbare onafhankelijkheid) en *deskundigheid* van het assessment-team in combinatie met *toetsingscriteria en weegfactoren* die men gaat hanteren. Wellicht zijn er reeds certificeerders en verzekeraars die bij eigenaren en opdrachtgevers de vermeende meerwaarde betwisten.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

-

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Ik denk niet dat het jaarlijkse verlagen van MKI's nodig is om opschaling mogelijk te maken. Stimulering werkt beter dan straffen. Benoemen scherp valideren en controleren van de parameters.

abt

Bedrijf	Voorbij Prefab
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Dorien Staal, Ruud Out, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	10:00 -11:30
Kopie naar	Dorien Staal & Ruud Out

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Als stuurgroep lid van het betonakkoord is Dorien bekend met de aanpak. Er zijn geen suggesties gegeven om deze aanpak beter zou kunnen werken.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Over een langere periode zijn de prefab woningbouw casco's (wanden) verduurzaamd. Met behulp van een wapeningsrobot kan de benodigde wapening exact toegepast worden, het wapeningsontwerp is hierop afgestemd.

In het beton wordt betongranulaat verwerkt dat door PARO wordt geproduceerd. De productielocatie van PARO ligt naast de fabriek van Voorbij, waardoor de transportafstanden minimaal zijn.

Regenwater wordt opgevangen om gebruikt te worden in het beton en transportmiddelen op de productielocatie worden geëlektrificeerd. Snijverliezen van de isolatie worden als passtukken in de bekisting gebruikt.

Een significante reductie van de CO2 uitstoot en MKI van de casco's is gerealiseerd door insamenwerking met ABT alkalische activatie te gaan toepassing in het beton. Hierdoor kon een aanzienlijk deel van het portlandcement vervangen worden voor hoogovenslak. De CO2 reductie bedraagt daarbij 25% tot 45% afhankelijk van het toegepaste betonmengsel. De mengsel worden afwisselend toegepast, in een verhouding van 50/50.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

De MKI reductie is enerzijds gerealiseerd door aanzienlijk minder wapening toe te passen door gebruik te gaan maken van een wapeningsrobot en het wapeningsontwerp daarop te optimaliseren.

Anderzijds is alkalische activatie toegepast om portlandcement te kunnen vervangen voor hoogovenslak met behoud van de reactiesnelheid van het beton zodat de elementen tijdig ontkist kunnen worden. In tegenstelling tot portlandcement waarbij met de productie veel CO₂ wordt uitgestoten is hoogovenslak een reststof die min of meer CO₂ neutraal is.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Het volledige LCA rapport is beschikbaar gesteld aan ABT. De MKI is ook opgenomen in de Nationale Milieu Database (NMD). Onderstaande uitvoer van de NMD laat zien dat het Voorbij casco met een MKI van €2,55/m² aanzienlijk (30%) lager is dan de generieke waarde die in de NMD is opgenomen van €3,61/m².

Het Groene Voorbij Casco

1 Bedrijfsspecifiek ⓘ

Peildatum
12-12-2021

Het Groene Voorbij Casco is een betonnen prefab wand 100 mm dikte die in de fabriek te Amsterdam wordt geproduceerd. Dit is een massieve buitenwand met een constructieve functie die zowel in de...
[Lees meer](#)

Toepassing	B&U	ⓘ
Eigenaar	Voorbij Prefab B.V.	ⓘ
Eerste publicatiedatum	Onbekend	ⓘ

Functionele eenheid FE	m ²	ⓘ
Levensduur (jaar)	100	ⓘ
MKI per FE (€)	2.5495	ⓘ
Schaalbaar	Nee	ⓘ

Massieve wanden dragend, Beton, prefab, woningbouw; AB-FAB

2 Branche gemiddelde ⓘ

Peildatum
12-12-2021

Geen toelichting beschikbaar

Toepassing	B&U	ⓘ
Eigenaar	Betonhuis	ⓘ
Eerste publicatiedatum	Onbekend	ⓘ

Functionele eenheid FE	m ²	ⓘ
Levensduur (jaar)	1000	ⓘ
MKI per FE (€)	3.6144	ⓘ
Schaalbaar	Nee	ⓘ

Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

De geproduceerde wanden kunnen bij einde levensduur volledig gerecycled worden. De wapening kan na sloop van het beton gescheiden worden, waarna van het staal in een vlamboogoven volledig nieuw staal geproduceerd kan worden. Het beton kan na sloop gebroken worden en als granulaat hergebruikt worden of in een slim breekproces tot poeder, zand en grind verwerkt worden voor hergebruik in nieuw beton.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Voor de alkalische activatie is een extra silo geplaatst voor de toegepaste activator. Vooral in de winter moet het beton verwarmd worden om de reactiesnelheid hoog genoeg te houden en er zijn maatregelen genomen om de warmte beter vast te houden in de productieruimte en de verhardingskamer. Er zal in de toekomst verder geïnvesteerd moeten worden in een duurzame wijze van produceren, bufferen en vasthouden van warmte. Er is een weeg- en doseerinstrument aangeschaft om de relatief kleine hoeveelheden activator in poedervorm te doseren.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

De transitie naar verduurzaming van het betonmengsel is vanuit de directie gestimuleerd en vervolgens op de werkvloer enthousiast opgepakt. Er is geïnvesteerd in het ontwikkelen van kennis en verduurzaming is een continue proces geworden waarin telkens volgens stappen worden gezet.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

De directe kosten voor de investering aan met name de weeg- en doseerinstallatie bedragen circa €50.000,-, daarvoor is onder andere gebruik gemaakt van het TBI innovatiefonds. Daarnaast is veel tijd geïnvesteerd door de betontechnoloog en laborant en ABT als adviseur voor de verduurzaming ingehuurd.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Hoogovenslag is een veelgebruikte cement vervanger en een gebrek is op dit moment nog niet aan de orde. Leveranciers geven aan te verwachten dat er nog zeker tot 2030 geleverd kan worden. Alternatieven voor slak zijn er ook, maar nog niet gangbaar in Nederland; deze materialen zijn als grondstof in ruime mate beschikbaar. Onderzoek daarnaar wordt wel al gestart om flexibel te zijn naar de toekomst.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

De toegepaste technologie van alkalische activatie is voor veel toepassingen direct schaalbaar; dit betreft dan producten zonder wapening of toegepast in een droog milieu. Voor de opschaling naar producten die aan bijvoorbeeld vocht of chlorides blootgesteld worden vindt onderzoek plaats.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

De kostprijs van de casco elementen is min of meer gelijk gebleven. De klanten betalen in ieder geval niet meer voor het duurzamere casco. De schaalgrote is noodzakelijk om de investeringen die in de ontwikkeling van kennis en investeringen die in de fabriek worden gedaan te kunnen bekostigen. Het produceren van alkalisch geactiveerd beton op grotere schaal zal de kostprijs van de casco's in principe niet verder verlagen.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Er heeft een onderzoek plaatsgevonden om het alkalisch geactiveerde beton in de casco's gecertificeerd te mogen toepassen. Dat onderzoek is succesvol afgerond, waarna de innovatie in productie is genomen.

Voor toepassing onder omstandigheden waarin het beton of de wapening in het beton kan aantasten is onderzoek nodig dat binnenkort wordt uitgevoerd. Dit betreft aspecten als carbonatisatie, chloride diffusie en vorst- dooibestandheid. Als dit onderzoek met succes is afgerond wordt toepassing in andere producten zeker overwogen.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Bij de samenwerking met ABT is het delen van de opgedane kennis van begin af aan het uitgangspunt geweest. De toegepaste materialen zijn in publicaties gedeeld en ABT ondersteunt, in navolging op de succesvolle implementatie bij Voorbij, diverse andere betonproducenten bij implementatie van alkalische activatie van beton zodat ook zij een verduurzamingslag kunnen maken.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

De technologie van alkalische activatie is niet gepatenteerd en zal ook niet gepatenteerd worden. Het staat andere partijen vrij om deze technologie ook te gaan toepassen.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Voor de ontwikkeling van alkalisch geactiveerd beton in woningbouw casco's zijn de geldende normen en richtlijnen niet direct beperkend. Voor beton onder andere condities is het ontbreken van kwalitatieve eisen waaraan het beton moet voldoen een beperking, maar kan met een gelijkwaardigheidsonderzoek de toepasbaarheid waarschijnlijk wel worden aangetoond. Voor volgende ontwikkelingen zoals het toepassen van alternatieve bindmiddelen (gecalcineerde klei / vulkanisch as) of cementloos (geopolymeer)beton kan geen gebruik gemaakt worden van de huidige normen en richtlijnen om de betonproducten te certificeren; ook niet met een gelijkwaardigheidsonderzoek. Hiervoor staan de bestaande normen en richtlijnen de ontwikkeling dus wel in de weg.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van de gaan maken?

Voorbij is bekend met het betoninnovatieloket. Voor de toepassing van toekomstig te ontwikkelen technologie wordt wellicht overwogen hier gebruik van te maken.

Voorbij heeft voorstellen ingediend als 'duurzaam beton innovatie' bij het betonakkoord. Deze zijn echter tot op heden niet gehonoreerd. Er lijkt vooralsnog geen goede match te zijn tussen de ideeën om beton te verduurzamen bij de producent en de rest van de branche. Mogelijk dat experts de innovaties inhoudelijk kunnen beoordelen en dat daarna actief naar een match gezocht kan worden.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

De toepassing van alkalisch activatie in de casco's is al opgeschaald naar de volledige productie. Opschaling naar andere producten waar Voorbij Prefab bij betrokken is wordt onderzocht. Opschaling markt breed wordt gefaciliteerd middels diverse publicaties en de beschikbaarheid van ABT om daarin te adviseren.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Het is van belang om de kennis die is opgedaan bij het ontwikkelen van duurzaam beton (toepassing secundaire grondstoffen / wapeningsreductie / alkalisch geactiveerd beton) te delen op alle fronten.

Kennis delen op alle fronten is erg belangrijk. Door positieve verhalen over duurzaam beton delen kunnen andere producenten geïnspireerd raken en krijgen opdrachtgevers de mogelijkheid om bewuste keuzes te maken. Dit delen kan in vakbladen en ander media, maar ook op symposia van bijvoorbeeld betonhuis en de betonvereniging.

Bedrijf	Basilisk
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Bart van der Woerd, Cansu Çirak & Marc Brantsen (Basilisk) Niki Loonen & Luciano van Leeuwen (ABT)
Tijd van het interview	14:30 – 16:00
Kopie naar	bart@basiliskconcrete.com

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

-

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Healing Agent kan op meerdere manieren een positieve bijdrage leveren aan het verminderen van de milieu impact:

Ten eerste behoeven constructies met zelfhelende eigenschappen minder onderhoud, wat hinder zoals files met zich mee kan brengen.

Ten tweede zorgt Healing Agent bij constructies die aan hoge waterdichtheidseisen moeten voldoen ervoor dat het beton waterdicht is zonder extra coatings, membranen, of reparatiemortels.

Ten derde kan er bij constructies waar waterdichtheid of een verzwaarde duurzaamheidseis is gewenst, bijvoorbeeld bij een kelderbak of marine structure, de hoeveelheid worden krimpwapening gereduceerd. Door tijdelijk grotere scheurwijdtes te accepteren kan er gerekend worden met duurzaamheidseisen in plaats van strenge waterdichtheidseisen. Deze krimpscheuren zullen waterdicht worden gevuld door de Healing Agent en behoeven dus minder staal om te worden beheerst. Er kan hierdoor tot wel 40% aan staal worden gereduceerd.
Richt zich vooral op beton met veel wapening.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

De MKI van het (huidige) product zelf is volgens onze eigen berekeningen: €0,33 per kg (volgens de door ons gehanteerde methodiek (NMD Idemat) is de MKI voor staal € 0,17 per kg.

De MKI score van het beton kan worden verminderd wanneer men naar een cement schakelt met een lager klinkergehalte en/of men krimpwapening reduceert.

Wanneer men alleen Healing Agent toevoegt zal er een kleine toename zijn van de MKI score van het beton.

Enkele Scenario's van hoe Healing agent invloed heeft op de MKI score:

MKI van een m3 beton kan op meerdere manieren worden beïnvloedt door Healing agent:

1. Alleen toevoegen van HA

Step 2: Composition creator

Scenario Creator	Composition 1		Composition 2
Cement type	CEM IIIA	▼	CEM IIIA
Steel	Original amount	▼	Original amount
HA (Healing Agent)	No HA	▼	HA

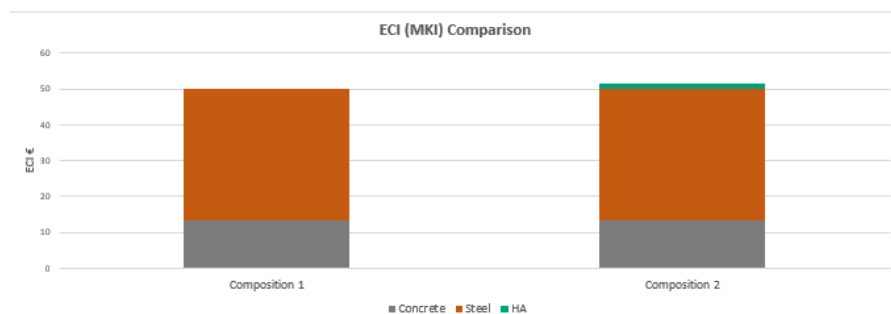
Step 3: Calculation output

Difference in ECI (MKI) []
1,66

Difference in ECI (MKI) %
3%

Difference in CO2 (tonnes)
0,02

Difference in CO2 %
6%



2. Toevoegen van HA en verminderen van krimpwapening (van 80 kg/m3 naar 50 kg/m3)

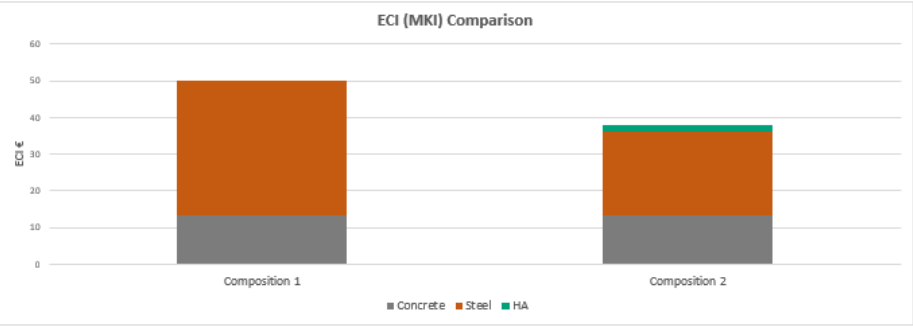
Step 2: Composition creator

Scenario Creator	Composition 1		Composition 2	
Cement type	CEM IIIA	▼	CEM IIIA	▼
Steel	Original amount	▼	Reduced amount	▼
HA (Healing Agent)	No HA	▼	HA	▼

Step 3: Calculation output

Difference in ECI (MKJ) [t]
-12,11
Difference in ECI (MKJ) %
-24%

Difference in CO2 (tonnes)
-0,04
Difference in CO2 %
-12%



3. Toevoegen van Healing Agent, het verminderen van krimpwapening (van 80kg/m³ naar 50kg/m³) en van CEM III B naar CEM III A schakelen.

Step 2: Composition creator

Scenario Creator	Composition 1	Composition 2
Cement type	CEM III B	CEM III A
Steel	Original amount	Reduced amount
HA (Healing Agent)	No HA	HA

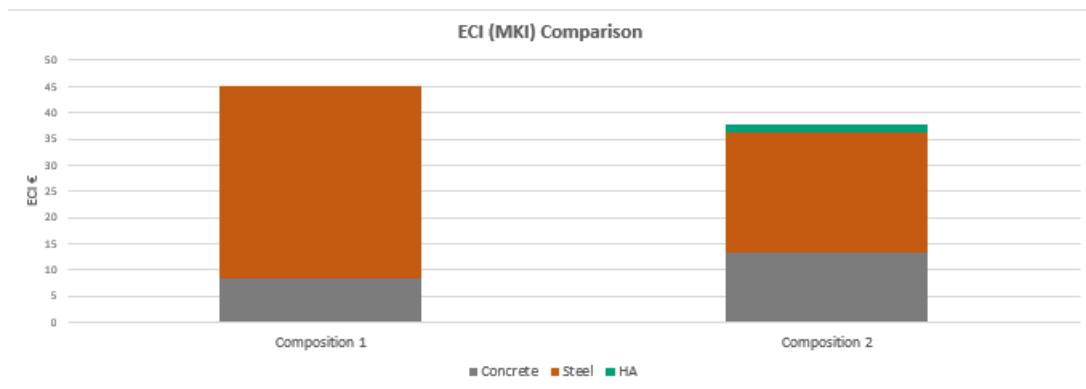
Step 3: Calculation output

Difference in ECI (MKI) [t]
-7,13

Difference in ECI (MKI) %
-16%

Difference in CO ₂ [tonnes]
0,03

Difference in CO ₂ %
11%



Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Ons product (HA) heeft een positieve invloed op de herbruikbaarheid.

- Reuse (R3): elementen met HA hebben langere levensduur, daardoor is de kwaliteit in de 2^e of 3^e levensfase nog steeds acceptabel zonder reparatie
- Repair (R4): in het algemeen is zijn de kosten voor maintenance voor Self-Healing Concrete lager
- Recycle (R5): Recycle vergt minder energie als men staal heeft gereduceerd. Bovendien is HA als additief erg nuttig omdat hiermee ongewilde scheurvorming als gevolg van overdosering van bindmiddel wordt teniet gedaan,

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

- Geen aanpassing nodig.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

- Marketing is gericht op educatie en voorlichting. Bovendien gericht op consultants (constructeur) en eind-gebruikers

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

- Ca 4 miljoen
- Subsidies, Venture Capital, banklening
- Eigen omzet 1 miljoen

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

- Ja geen probleem: Tot 2026 opschaalbaar tot 24kT HA goed voor 5 miljoen M3 beton

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

- Innovatie om wapening te reduceren is nu in TRL7 en in 2023 klaar om op grote schaal te worden toegepast
- Healing Agent als additief voor autonoom scheur herstel wordt momenteel al toegepast (TRL 9)

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

- Jazeker, kostprijs verlaging, maar reductie van de wapening levert sowieso een kostprijsverlaging van beton op. Bij 5 kg is 30 kilogram staal verlagen break-even, daarna wordt geld verdiend!

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

- Constructieve kennis van beton
- Beton technologische kennis (mengsel samenstellingen)
- Uitvoeringskennis (logistiek)

Sowieso maken we gebruik van de beschikbare technologie van de TU/d (afdeling CTIG)

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

- Geen beperking, de technologie is gepatenteerd en daardoor ook opvraagbaar, maar ook IP beschermd
- Kwaliteitscontrole, een app om zo goed mogelijk de kwaliteit te bewaken. Feeling houden wat het allemaal doet.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

- Wij zijn eigenaar van de patenten. Het is niet in ons belang om licentiekosten te vragen, behalve als men ons product zelf wil produceren en vermarkten (zoals in Japan gebeurd)

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Het is niet per se het in de weg staan maar wel een aandachtspunt voor interpretatie. In Eurocode 1992-3 artikel 7.3.1 wordt uitgegaan van een maximale scheurwijdte van 0.2 mm t.b.v. het voorkomen van lekkages (dit staat dus los van de Eurocode 1992-1-1 waarin scheurwijdtes worden gegeven t.b.v. milieuklasse). De gegeven max scheurwijdte is afhankelijk van de waterdichtheidsklasse en waterhoogte-wanddikte verhouding. Echter is daar wel een opmerking aan toegevoegd, waarin wordt gezegd dat deze scheurwijdtes worden geaccepteerd *omdat tot die scheurwijdtes wordt uitgegaan van effectieve self healing in een relatief korte tijd*. In een tweede opmerking wordt er gezegd dat als het onwaarschijnlijk is dat self-healing zal optreden, een doorgaande scheur kan leiden tot lekkage, ongeacht de scheurwijdte. Dus als er geen self-healing optreedt, kun je al per definitie niet voldoen aan de eisen voor de waterdichtheidsklassen. Dus om aan de waterdichtheidsklasse te voldoen, moet er self-healing optreden. Omdat in de EC wordt uitgegaan van *autogene* self-healing, is de maximale scheurwijdte 0.2 mm, welke wordt gerelateerd aan de tabel van Lohmeyer. Gezien wij met ons product *autonome* zelfhelende eigenschappen meegeven aan het beton, en dus ook scheuren groter dan 0.2 mm kunnen dichten, kunnen we zeggen dat als wij afwijken van deze maximale scheurwijdte, we nog steeds voldoen aan de waterdichtheidseisen, gezien de grotere scheurwijdte wordt afgedicht. Hiermee voldoen we nog steeds aan artikel 7.3.1. uit Eurocode 1992-3

Verder is een scheurwijdte van 0.2 mm voor vloeistof-inhoudende/kerende constructies al best groot en wordt in praktijk niet vaak toegepast. Een reden hiervoor kan zijn dat we tegenwoordig steeds minder vaak self-healing zien optreden, mede door de ontwikkelingen op het gebied van mengsamenstellingen voor cement met lagere CO2 profiel. Dus zelfs met het aanhouden van 0.2 mm, kunnen we nog steeds veel besparen, gezien de gangbare scheurwijdtes in praktijk rond de 0.1 mm zijn.

De maximale scheurwijdtes t.b.v. de milieuklassen heb ik er buiten gelaten omdat dat geldt voor droge omgeving (wat buiten het toepassingsgebied van ons product valt) en de eisen t.b.v. lekkage strenger zijn dan eisen t.b.v. milieuklasse.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

- Ja hebben we ingediend en zijn akkoord bevonden.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een aantal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

- Geen aanvulling. Onze toepassing moet binnen de Eurocode vallen en derhalve worden gecheckt/doorgerekend door een constructeur. Contacten met een 3-tal partijen zijn al gelegd. In aanvulling van een minimale wapeningspercentage ook een maximale wapeningspercentage. Een limiet aanstellen.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

- Niet over onze technologie, maar wel over de uitvoering van het betonakkoord. Het valt mij op dat men op zoek is naar de Heilige Graal. Een oplossing en iedere specialist heeft zo zijn voorkeur. In mijn optiek moeten we veel meer denken conform het 'cafetariamodel'. Onze oplossing is in veel gevallen toepasbaar, maar we hebben altijd water (als vloeistof of damp) op de bacteriesporen te activeren. Het grote voordeel is dat het nu al toepasbaar is. Vanaf 2022 kunnen er grote CO2 reductie worden gehaald. Andere oplossingen zijn wellicht even innovatief (of zelfs nog innovatiever) maar nog niet klaar voor de markt. Hetzij door de geringe beschikbaarheid, hetzij doordat ze niet aansluiten bij de huidige norm. Het managen van het proces om deze vinding een eerlijke kans te geven in deze markt is lastig en is erg belangrijk om progressie te maken met de reductie van CO2.
-
- We laten nog teveel het oordeel over aan partijen die niet beloond worden van het nemen van een risico om een innovatie toe te passen. Wat kan een toezichthouder van een overheid winnen als men 30 % staal reduceert. Behoudens de wetenschap dat men enkele honderden tonnen CO2 uitstoot bespaart resteert het risico op kosten als het fout gaat. Opdrachtgevers zijn notoire zekerheidszoekers en nemen geen risico.
- Het verdienmodel moet er dus ander uitzien of men moet een soort 'stropenpot' organiseren waarop de opdrachtgever een beroep kan doen als het onverhoopt fout mocht gaan. Zo creëer je een innovatiever ondernemingsklimaat

Innovator belonen, innovator is degene die het toepast. Je moet een stroppenfonds maken, marktbreed een goed bedrag maken. Duidelijk zijn gerelateerd aan de duurzaamheidsinnovatie. Je bent verplicht wanneer je gebruik maakt van de stroppenfonds volledig transparant zijn om de informatie te delen, indien uitkering plaatsvindt.

Bedrijf	Vulkan Europe
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Hans de Wit, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	13:00 – 14:30
Kopie naar	Hans de Wit

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Geen suggesties.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Met de verandering van het wapeningsmateriaal nl: basaltvezel-wapening. Microstaafjes, 5cm, kunnen concurreren met staalvezelbeton.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

De CO2 footprint van basaltvezel het smelten van basaltsteen naar basalt-lava – vergt 130 x minder CO2 dan voor het produceren van staal

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Wij hebben een MKI berekening laten maken door : ing. Esther Stapper BBA Stapper Duurzaam Adviesbureau

De MKI waarde is vastgesteld op € 2.86 inclusief 8% voor de verpakking. Rapport wordt gedeeld.

Hoe beoordeelt u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Herbruikbaarheid is 100% .

De basaltvezel is namelijk een andere verschijningsvorm van basaltsteen.

Het verschil tussen beiden is. Basaltsteen heeft kristallijne structuur en basaltvezel heeft een amorfe structuur.

Basalt formeert in kristalvormige zuilen in de natuur aan het oppervlak. Als die staven klein maken, dan kan het in een hopper en in een oven laten lopen. Smelt bij 1480 graden terug. Draden door een epoxybad lopen.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Er moest een opslag faciliteit komen om voorraden te kunnen houden.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Het oprichten van een aparte bv. Vulkan-Europe bv en een eigen inkooporganisatie in Rusland LLC DeWit & Co

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Tot nu toe is ca. € 150 000.- geïnvesteerd – betaald uit eigen middelen.

Er is nog geen gebruik gemaakt van andere financieringsvormen, maar met groei van de orderportefeuille zal dit binnenkort wel aan de orde komen

Suggesties zijn welkom: Het gaat om het financieren van het tijdstip van aanvang productie tot de uitlevering – (circa 4 maanden)

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Een derde van de aardkost bestaat uit basaltsteen. Een groot deel hiervan natuurlijk op de zeebodem maar er is meer basaltsteen dan ijzererts.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Ik ben nu 8 jaar bezig – vanaf het tijdstip dat basaltvezel geen “military good” meer was tot heden door de prijsstijgingen van staal in de laatste tijd is er in eens veel belangstelling gekomen.

Dus het is meer een kwestie van prijs geweest dan het invoeren van een milieu veel meer vriendelijker materiaal

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

De innovatie is meer een acceptatie van een bestaande grondstof basaltsteen in een andere verschijningsvorm basaltvezel.

Schaalvergroting kan zeer zeker een grote invloed hebben op de kostprijs.

Nu worden de basaltvezels geproduceerd in kleinschalige productie-units.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Basaltvezels worden in verschillende delen van de wereld geproduceerd.

In China, India , Korea , Oekraïne en natuurlijk Rusland .

De bakermat ligt in Rusland.

In de koude oorlog heeft Rusland de basaltvezel ontwikkeld tot een "military good"

Er is een zeer strikte regelgeving in Rusland bekend als GOST-regels en deze zijn bijna 1 op 1 te vergelijken met de Duitse DIN-normen.

Zo zijn voor basaltvezels diverse GOST-normen vanaf winning in de groeven tot aan transport en opslag.

Maar ook in de VS zijn diverse ISO-normen inzake basaltvezel beschikbaar.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

De bereidheid hiertoe is aanzienlijk.

Basaltvezel moet gezien worden als een grondstof waarmee gebruikers hun innovaties kunnen verwezenlijken. Hetzij op technisch gebied maar ook zeer zeker op milieutechnische aspecten.

Basaltvezel-wapening en geopolymeer beton gaan prima samen en zelfs voor hogesterktebeton en ultra hoge sterkte beton is deze combinatie uiterst geschikt

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Nee

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Bouwbesluit, Certificerings-eisen

Voor dit laatste zijn wij – Vulkan-Europe bv – in het afrondend stadium van een innovatie certificaat bij SKG-IKOB

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Het milieuaspect zou meer aandacht moeten krijgen. (ABT- Lonneke van Haalen ?)

De productie van cement is verantwoordelijk voor 5% van de wereldwijde lucht vervuiling.
De productie van staal heeft ook niet zo'n beste reputatie. Denk aan TATA-staal !

De productie van basaltvezel daarentegen is bijna verwaarloosbaar ten opzichte van deze 2 grondstoffen.

Daar Basaltvezel 2 tot 2,5 x sterker is dan staal is er minder basaltsteen nodig om dit te produceren.

Basaltvezel-staven ($\geq 80\%$ basaltvezel en $\leq 20\%$ Epoxy) zijn 4 lichter dan staal ,denk daarbij aan de besparingen op logistiek gebied en ook bij de verwerking aan de factor arbeid .

Bedrijf	VITO
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Ruben Snellings, Niki Loonen, Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	10:00 – 11:30
Kopie naar	Ruben Snellings

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Bekend mee

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Minerale carbonatatie

1. Carbstone, betonwaren produceren op basis van gemalen staalslak en CO2. Materiaal wordt hiervoor gecompacteerd en vervolgens in CO2 kamer uitgehard. Ontwikkeling in samenwerking met Orbix, in Nederland demo-productie van kalkzandsteenblokken (Co2mpensatiesteen door de Ruwbouwgroep). In België verschillende demos (gevelsteen – ism Vandersanden; straatstenen – Stapsteenproject; holle blokken – Circulair beton project).
- 2. Minerale carbonatatie - Recycled beton opnieuw in de betoncyclus brengen.
- Het grove betongranulaat wordt los in contact gebracht met CO2 waardoor:
 - o CO2 wordt opgenomen (negatieve co2 uitstoot)
 - o de waterabsorptie van het granulaat verlaagt
 - o betongranulaat makkelijker in te zetten is in nieuw beton
 - o de Kwaliteit verbeterd
- De zandfractie komt ook in aanmerking, zowel voor rechtstreekse carbonatatie, als voor carbonatatie na compactie (betonwarenproductie)
- 3. Gecarbonateerde gerecycleerde betonfines als cementvulstof (al dan niet reactief). Vervanging van kalksteenmeel (zie ontwikkeling nieuwe Europese standaard voor RCF). Voordelen: uitsparen natuurlijke grondstoffen, CO2 opname in product, tot 20% toevoeging mogelijk zonder significant negatief effect. Onderzoek lopend naar krimpgedrag van beton.

Als je werkt met staalslakken kun je deze hergebruiken (worden op dit moment wel toegepast als granulaat en, fijngemalen, als vulstof voor bepaalde types beton)..

Nieuwe cementvulstoffen

Het gebruik van (reactieve) vulstoffen in de cement en betonproductie is één van de belangrijkste manieren waarop CO2 kan worden uitgespaard (e.g. CEM III/B vs. CEM I). De transitie naar koolstofneutrale samenleving leidt tot belangrijke veranderingen in industrieën die gekende vulstoffen genereren (poederkoolvliegask, gegranuleerde hoogovenslak). Alternatieven zijn nodig om dit verlies aan bronnen te compenseren, en daarbovenop het

Portland klinkergehalte in cement verder te verlagen. VITO werkt daarom binnen verschillende projecten aan de ontwikkeling van vulstoffen obv. andere industriële reststromen. Hieronder een beknopt overzicht van deze activiteiten – de meeste producten bevinden zich op tussen TRL 5 en 7 op dit moment.

1. Gecalcineerde kleien obv. ontwaterd baggerslib uit haven van Antwerpen.
Gecalcineerd materiaal is reactiever dan vliegash, proeven op mortel en beton tonen equivalente prestaties voor CEM II/B-C type cementen.
2. Gecalcineerde kleien – reactiviteitstesten voor kaolinitrijke kleien.
3. Non-ferro residu's: bauxietresidu (aluminiumproductie) – co-calcinatie voor activatie.
4. Non-ferro slakken: gefumed en gegraneerd wordt onderzocht of deze kunnen dienen als vulstof voor stortklaar beton.
5. Classificatietechnologie voor poeders – afscheiden van ultrafijne fracties als hoge kwaliteit vulstof.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Het bindt CO₂, dus de lagere milieu impact is helder. Het is schaalbaar tot het betongranulaat en de staalslakken op zijn.
Zoeken naar nieuwe bestanddelen voor cement te maken. Laag mogelijk CO₂ uitstoot.
Gecalcineerde klei: Ontwikkeling in Belgische markt is de futureCEM van Cementir. In België hebben ze CCB overgenomen van Italcementi na fusie HeidelbergCement en Italcementi.
Het niet-vervuilde slip van de haven van Antwerpen gebruiken als gecalcineerde klei.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Minerale carbonatatieproducten zijn uitgereageerd, dwz. men kan niet nogmaals het bindend vermogen van deze materialen aanspreken. De materialen zijn wel recycleerbaar als inert granulaat, en voldoen aan de milieuhygiënische kwaliteitsvoorwaarden hiervoor.
Mits geschikte vormgeving en plaatsing moet het mogelijk zijn om de betonwaren te hergebruiken in gelijkaardige toepassingen.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Voor CO₂ curing dienen klimaatkamers of autoclaven te worden omgebouwd. Verder kunnen bestaande productielijnen worden gebruikt voor mengen, vormgeving/compactie etc.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Grote investering in nieuwe fabriek is voorlopig nog niet gebeurd. Verschillende trajecten zijn lopende. Een van de belangrijkste bottlenecks is de aanvoer van CO₂.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Minerale carbonatatie:

Staalslakken en betongranulaat zijn voldoende beschikbaar.
Bottleneck is aanvoer (en kost) van CO₂.

Nieuwe vulstoffen:

Secundaire grondstoffen zijn voldoende beschikbaar, kleien ook.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Minerale carbonatatie:

Technologie is klaar – hangt af van investering + bouw/reconversie van productiefaciliteiten.
2 tot 3 jaar na investeringsbeslissing kunnen producten op grote schaal de markt bereiken.

Nieuwe vulstoffen:

Na succesvol afronden van R&D trajecten, volgt typisch 1 tot 2 verdere industriële haalbaarheidstudies vooraleer investeringsbeslissing volgt. Afhankelijk van type technologie kan product 1 tot 3 jaar later de markt bereiken.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

De slak kost niet zo heel veel. De CO₂ is het duurst.

Begrijpen wij het goed dat het afnemen van CO₂ om het te binden aan staalslak of betongranulaat geld kost?

Dat klopt, CO₂ is op dit moment nog steeds een kost (80 EUR/ton), geen opbrengst. Dit heeft te maken met het gebruik van zuivere "food-grade" CO₂. Verwacht wordt dat met opschaling van industriële CO₂ opvang er alternatieve zakenmodellen worden ontwikkeld waarbij afvangkosten en opbrengsten (ECTS) beter gedeeld worden. Hierdoor zou CO₂ kost significant moeten dalen naar (-30 tot 30 EUR/ton)

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Minerale carbonatatie.

Ongewapend, dus minder spannend. Voor elk type product worden de opgelegde duurzaamheidstesten uitgevoerd. Voor gecarbonateerd betongranulaat verbeterd bijvoorbeeld de vries-dooi resistentie sterk.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Bereidheid is er zeker. Voor erg nieuwe ontwikkeling is het belangrijk een draagvlak te creëren, dit kan enkel mits het delen van voldoende informatie. De kost van innovatietrajecten is een belangrijke barrière die concurrentie afremt.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Er is een patent genomen door carbstone innovation (joint venture Orbix en VITO) omtrent de carbonatatie technologie.

Patent over calcinatie van baggerslib door Vlaamse Overheid en VITO.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Aan kunnen tonen aan veilig gebruik. Wel gelinkt aan type product. In België wordt in bestekken vaak opgelegd om BENOR gecertificeerde producten te gebruiken. Het behalen van dergelijk certificaat is zeer moeilijk en kostelijk voor innovatieve producten en materialen.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Meer voor de Nederlandse markt, VITO ontwikkelt producten, maar vermarkt deze niet.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Afstappen van voorschriften zoals minimaal cementgehalte in bepaalde types betonproducten. Herzien van voorschriften en bestekken om deze voornamelijk prestatiegebonden te maken. Verlichten van bewijslast voor technische goedkeuring van materialen, verminderen van invloed gevestigde industrie in deze lichamen.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Orbix.

VanderSanden baksteenproducent die wil investeren in Carbstone productielijn voor gevelsteen (<https://www.vandersanden.com/nl-be/het-einde-van-het-bakstenen-tijdperk-energietransitie-de-baksteensector>)

Resourcefull.eu is een consultancybureau van alkalische geactiveerde bindmiddelen.

Purdon hybride cement: hoogovenslak met portlandcement en een natriumsulfaat.

Thiocrete van Shell heeft een tweede leven gekregen in België (De Bonte beton heeft technische goedkeuring voor productie van dwarsliggers). <https://debonteinnovation.com/>

Degetec, is een producent met alkalisch geactiveerd mengsel in west-vlaanderen (ECO2POLYCON). <https://degetec.be/activiteiten/>

Bedrijf	ENCI/Heidelberg
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden via	Teams
Aanwezig	Mark van Halderen, Marcel Bruin, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	15:00 – 16:30
Kopie naar	

Te behandelen door

Beschrijving product:

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

De beschikbaarheid van in Nederland vertrouwde grondstoffen als gegranuleerde hoogoven-slak en poederkoolvliegias staat onder druk. HC onderzoekt alternatieve grondstoffen ter vervanging hiervan. Met de nieuwe alternatieve grondstoffen, zullen nieuwe cementsamenstellingen worden geproduceerd, waarbij gestreefd wordt de lage klinkerfactor zoals we die nu kennen vast te houden. Onderzoek op labschaal loopt momenteel. De nieuwe cementen zouden in de bestaande cementfabrieken geproduceerd kunnen worden.

HC wil de materiaalkringloop van beton volledig sluiten, en zet daarom volop in op de verdere ontwikkeling van selectief recyclen van beton, waarbij schoon 'grind', zand en een fijne fractie (RCP) worden vrijgemaakt. HC heeft een gepatenteerde technologie ontwikkeld waarbij de RCP worden gecarbonateerd (behandeld met CO₂). Hiermee krijgt de RCP puzzolane eigenschappen die vergelijkbaar of beter zijn dan poederkoolvliegias. Deze gecarbonateerde fines kunnen worden ingezet in de cementproductie om klinker te vervangen.

HC heeft een alternatieve klinkersoort (BCT) ontwikkeld met 30% lagere CO₂-emissie in vergelijking met de huidige portlandcementklinker. Met deze klinker kunnen snelle cementen worden ontwikkeld ter vervanging van portlandcementen. Voor de introductie van deze BCT-klinker zou een bestaand ovensysteem moeten worden omgebouwd. Op dit moment bestaat hiervoor nog geen positieve business-case.

Als sluitstuk om CO₂-neutraal te worden werkt Heidelbergcement aan de ontwikkeling van het afvangen van CO₂ (CCS) bij de productie van portlandcementklinker. Deze CCS technologie zal cementproductie vanaf 2030 met een aanzienlijk lagere CO₂-emissie mogelijk maken. Via CCU technologie kan de afgevangen CO₂ worden gebruikt om de RCP te carbonateren zoals eerder beschreven.

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Om de nieuwe klinkersoort (BCT) te kunnen produceren zou een bestaande ovenlijn omgebouwd moeten worden.

Om nieuwe grondstoffen in te kunnen zetten bij de productie van cement, zullen nieuwe installaties nodig zijn om deze grondstoffen geschikt te maken.

Heidelbergcement voert een uitgebreid onderzoeksprogramma uit waarbij verschillende carbon capture technologieën op industriële schaal worden getest; Leilac in Lixhe (EU-subsidie project), Amine-technologie in Noorwegen (Brevik), er komt een 2e grotere Leilac-reactor bij een HC plant in Duitsland. In Zweden (Slite) gaat HC haar eerste CO2-neutrale cementplant ontwikkelen. Vanaf 2030 zal hier jaarlijks 1,8Mt CO2 worden afgevangen.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

HC heeft in 2020 haar 'Beyond 2020' strategie gepresenteerd, waarmee HC in 2050 CO2-neutraal wil zijn. In de Management Board, en op landenniveau zijn Sustainability managers aangesteld om de duurzaamheidsambities van HC tijdig te kunnen realiseren.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Het produceren cq geschikt maken van nieuwe grondstoffen voor de cementproductie vergt nieuwe kostbare installaties. Investeringen hiervoor zullen vele tientallen miljoenen Euro's bedragen per nieuwe grondstofsoort.

Het aanpassen van een bestaande oven voor de productie van BCT-klinker vergt ook vele tientallen miljoenen Euro's.

Het afvangen van CO2 bij de klinkerovens vergt zeer grote investeringen (honderden miljoenen). De hoogte van de investeringen zal afhangen van de gekozen technologie, en de verdere ontwikkelingen in de komende jaren.

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

De grondstoffen voor Portlandcement zijn mondiaal nagenoeg eindeloos beschikbaar. Om het klinkeraandeel in cement te verlagen wordt in Nederland veel gegranuleerde hoogovenslak ingezet. Naar verwachting zal de beschikbaarheid van hoogovenslak wereldwijd in de komende decennia drastisch afnemen daar de staalindustrie de huidige CO2-intensieve hoogoventechnologie gaat uitfasen en zeer waarschijnlijk nieuwe waterstof gebaseerde technologieën gaat introduceren; uit deze processen komen andere restproducten vrij in lagere volumes en met andere eigenschappen.

HC onderzoekt alternatieve grondstoffen ter vervanging van de huidige hoogovenslak en poederkoolvliegias. Met de nieuwe alternatieve grondstoffen, zullen nieuwe cement-samenstellingen worden geproduceerd, waarbij gestreefd wordt de lage klinkerfactor zoals we die nu kennen vast te houden. Onderzoek op labschaal loopt momenteel.

HC wil de materiaalkringloop van beton volledig sluiten. Nagenoeg alle fijne delen die bij het selectief recycleren van beton vrijkomen kunnen (al dan niet gecarbonateerd) worden ingezet in de cementproductie.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product?

Ontwikkelen en produceren van nieuwe grondstoffen voor de cementproductie vergen grote investeringen. Deze investeringen zullen een prijsverhogend effect hebben.

Het afvangen, transporteren en opslaan van CO₂ leidt tot kosten die uiteindelijk het cement (gebaseerd op portlandcementklinker) duurder maken. De CO₂ tax hoeft in dat geval echter niet meer op het product te worden verrekend.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

HC heeft van enkele innovaties, betonblokken geproduceerd die in de proeftuin van RWS op de Afsluitdijk zijn opgenomen. In de komende jaren zullen onderzoeksresultaten beschikbaar komen.

De technologie van het carbonateren van RCP is op labschaal bewezen, en op industriële schaal onderzocht. HC heeft een innovatievoorstel ingediend (subsidie Betonakkoord) waarbij met gecarbonateerde RCP op industriële schaal cement zal worden geproduceerd, dat zal worden toegepast in een industrieel geproduceerd beton. Dit beton zal aan een onderzoeksprogramma worden onderworpen om lange termijn eigenschappen te onderzoeken.

Het afvangen en opslaan van CO₂ heeft geen effect op de kwaliteit van het product Portlandcementklinker.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Samenwerken met marktpartijen is essentieel om tijdig nieuwe cementsamenstellingen, met nieuwe grondstoffen, op de markt geïntroduceerd en geaccepteerd te krijgen.

Samenwerken met overheden en marktpartijen is cruciaal om tijdig een infrastructuur te realiseren waarmee CO₂ getransporteerd, gebruikt of opgeslagen kan worden.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

De samenstelling/productie van BCT-klinker is gepatenteerd

Carbonateren van RCP is gepatenteerd.

Is de innovatie tot stand gekomen met behulp van het Betoninnovatieloket? Zo ja, wat was daarbij dan de doorlooptijd.

-

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Aan standaardisering van nieuwe grondstoffen, bijvoorbeeld het gebruik van [c]RCP, wordt inmiddels al op CEN niveau gewerkt.

Met betrekking tot carbon capture zijn er geen normen of richtlijnen die de ontwikkeling in de weg staan.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Nieuwe cementsamenstellingen (EN197-1/EN197-5) met alternatieve grondstoffen (waaronder gecarbonateerde RCP) voor de productie van cement zijn te verwachten tussen 2025-2030.

Implementatie van Carbon capture wordt vanaf 2030 verwacht

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Er zijn nog geen MKI berekeningen beschikbaar aangezien het CO2 neutrale portlandcementklinker nog niet geproduceerd wordt. Met de grote invloed van de CO2 uitstoot van het cement op de totale MKI is een aanzienlijke verlaging haalbaar.

@Mark: is er een slag te slaan naar wat het effect op MKI zou zijn als in 2030 het eerste CO2 arme cement de Nederlandse markt zou bereiken en alle andere onderdelen ongewijzigd blijven? Wij zouden daar eventueel ook een poging toe kunnen wagen en die met jullie afstemmen. Mark: Afhankelijk van de welke carbon capture technologie wordt ingezet, kan alleen de CO2 van de calcinatie (450-500kg CO2/ton clinker), of de gehele CO2-emissie (700-800kg CO2/ton clinker) van de klinkerproductie worden afgevangen. Dit zal de voornaamste impact hebben op de MKI-waarde van de klinker/cement.

Toepassen van [c]RCP zal ook een positieve bijdrage hebben aan MKI

Op welke wijze zou naar uw inzicht middels contracteisen, vergunningsvoorwaarden of gunningscriteria de verduurzaming van beton een impuls kunnen krijgen?

Om de circulaire economie dichterbij te brengen zouden (beton)constructies selectief gesloopt, én selectief gerecycled moeten worden. Hoe zuiverder de output uit het sloop- en recycle proces, hoe beter de vrijkomende materialen kunnen worden ingezet bij de productie van nieuw beton.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Alkalisch geactiveerde bindmiddelen worden vaak gepresenteerd als oplossing voor het verlagen van de CO2-emissies gerelateerd aan NL-beton. Vaak worden deze bindmiddelen geproduceerd op basis van hoogovenslak en/of poederkoolvliegias. Daar deze grondstoffen nu al volledig door de cement- en betonindustrie in Nederland worden ingezet, is hier geen sprake van milieuwinst, maar alleen van verschuiving van grondstofstromen. Alleen bij de inzet van nieuwe grondstoffen (precursors) kunnen alkalisch geactiveerde bindmiddelen een bijdrage leveren aan het verlagen van de CO2-emissies van het Nederlandse beton.

HC werkt aan de ontwikkeling van alternatieve grondstoffen ter vervanging van hoogovenslak en vliegias. Met de nieuwe alternatieve grondstoffen, zullen nieuwe cementsamenstellingen worden geproduceerd. Er zal nauw met de markt samengewerkt moeten worden om de eigenschappen van de nieuwe cementen goed te onderzoeken, zo nodig de bestaande regelgeving aan te passen, en de markt voor te bereiden op toepassing van de nieuwe cementsamenstellingen.

Om Carbon Capture vanaf 2030 mogelijk te maken zal er snel (inter)nationaal gewerkt moeten worden aan een infrastructuur om de CO2 af te voeren naar lege gasvelden onder de Noordzee.

Bedrijf	Biobound
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Jaap Schotanus, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	10:00 – 11:30
Kopie naar	

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Niet inhoudelijk mee bekend. Het is goed dat innovaties ruimte krijgen in de markt. Economische belangen vanuit een "Old boys network" kunnen innovaties in de weg staan doordat deze uit de markt gedrukt worden.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Trottoirtegels, banden en stenen. Prefabbeton elementen zoals banken, trappen en fietspadplaten. Transportbeton voor fietspad tot dekvloer. Gewapend of ongewapend beton.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Het is een combinatie van hergebruik van vulstoffen (zand en grind) andere cementen en toevoeging van het grassoort "olifantsgras" ook wel "Miscanthus-Giganteus benaamd". Transport middels euro 6 motoren en rijden op biobrandstoffen maakt het bijna compleet. Het terugname certificaat draagt bij aan een totale gesloten keten van hergebruik van materialen op hoogwaardige wijze. Ons Take back system.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Jazeker. Deze zal ik toevoegen. Staan in de NMD. Tegels, banden en stenen innovatiecertificaat van KIWA onder nummer K101899/03. Bezig met traject 'wetcast' beton ook KIWA certificering rond te krijgen, verwachting voorjaar volgend jaar rond is. Producten tot C67.

Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

100%. Take-back certificaat. Eigenaar product is de overheid. Als de klant het aanbiedt het aan ons, dan nemen wij het in en upcyclen het naar een nieuw betonproduct.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Interne transport aanpassingen, afweeg installaties en scheiden van opslag.
(materiaalstromen)

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Technische haalbaarheid, nut en noodzaak zullen besproken moeten worden om iedereen binnen de organisatie mee te krijgen. Het "anders" denken in hergebruik en belastende waarden bij het product is voor velen echt nieuw. De business case wordt herschreven. Het is goed met elkaar daar kritisch op te zijn en alle aspecten hierin mee te nemen en in overweging te nemen. Als eenmaal het treintje begint te lopen ziet men dat het werkt en groeit het commitment.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Subsidie is ontvangen vanuit de Provincie NH. Ook eigen investeringen waren nodig om bijvoorbeeld de KIWA certificering rond te krijgen, gelijk de kosten voor de LCA's en de technische aanpassingen.

Al met al spreken we over een investering die met der tijd terug verdient zal moeten worden. We spreken over een bedrag groter dan € 500.000,00. En, we zijn nog niet daar waar we zijn willen. Er liggen nog genoeg ambities op de plank welke wij willen uitrollen.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Kortgezegd, voorlopig wel. Naar mate het percentage hergebruik grondstoffen zal toenemen zal de schaarste op "oude" betonmaterialen wel de nieuwe uitdaging worden. Ook hier zijn plannen voor om deze "schaarste" voor de toekomst duurzaam op te vangen. Dit zijn meer jaren ambities.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Wij zijn nu 6 jaar bezig. Wij zien dat de laatste drie jaar de opschaling echt plaats begint te vinden. Opschalen is technisch geen probleem. Nu is de markt aan zet.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Globaal zijn de kosten momenteel tussen de 0, 10 tot 20% boven het "standaard gemiddelde prijsniveau". Bij prefab elementen zien wij dat de prijs nagenoeg gelijk is aan het huidige niveau, bij de meer standaard producten met grotere volumes zijn de verschillen wel duidelijk zichtbaar. Door opschaling zal dit verschil wegvallen, daar "virgin" grondstoffen eerder schaarser zullen worden en in kostprijs zullen stijgen zal de nivellering van twee kanten zijn. Herwinnen van grondstoffen wordt een business case, een noodzakelijke business case.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Zoals gezegd, KIWA is zeer nauw betrokken bij al onze innovaties en beoordeelt deze middels een innovatiecertificaat bij gebleken resultaat. Wij laten de elementen toetsen op de standaard NeN EN normeringen. Al onze producten worden met een deklaag gemaakt, dat gras zit als een rietje in het product, dat wil je niet in de deklaag hebben. Intreding van vocht wil je minimaliseren om de duurzaamheid te kunnen garanderen. Op deze wijze voldoen wij aan de eisen waaronder die van XF4.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Dit is uiteraard voor een ieder een precair onderwerp. Enerzijds willen wij graag onze kennis delen, anderzijds wil je niet teveel informatie delen om jouw positie voor de concurrentie veilig te stellen. De weg die wij hierin gevonden hebben is het aangaan van partnerships. Alleen in samenwerking met anderen komen we verder. Dan zijn alle partijen bereid kennis te delen.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Wij hebben een patent inderdaad, echter het hebben van een patent geeft zeker geen volledige zekerheid. Als klein MKB bedrijf gaan wij echt niet vechten tegen de grote jongens. Die roken ons dan wel uit. Onze aanpak is dan ook pro actief onze medespelers opzoeken om juist de samenwerking voor te stellen. Dit heeft naar onze mening het meest duurzame effect.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Jazeker, en dat is ook wel logisch. Innovaties komen, hiervoor zullen hernieuwde BRL / normen en richtlijnen geschreven moeten worden. Deze volgen uiteraard altijd na de innovatie, nooit daarvoor. Zekerheden op kwaliteit duurzaamheid zullen ingebouwd moeten worden. Dit kost onderzoek tijd en ervaring zal opgedaan moeten worden. Kijk naar de risicoprofielen van de afzonderlijke producten en toepassingen en zet daar waar het kan de piketpalen iets verder uit elkaar om de innovaties letterlijk ruimte te bieden. Laat daar dan ook de normen of richtlijnen niet varen, echter stel deze ter toetsing aan op de innovatieve materialen en spreek hier over af in welk tijdsbestek de regelgeving bij gebleken resultaat aangepast kan worden. Ook hier is samenwerking van partijen (overheid, markt) noodzakelijk.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Onvoldoende. Graag verneem ik hier meer over.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Stel in de bestekken of bij welke vorm van uitvraag ook de markt de vraag te schrijven met de meest duurzame producten in MKI welke reeds een positieve toetsing hebben ondergaan conform de reeds bekende normen en/of richtlijnen. De vrijblijvendheid gaat er zo af en zal de markt meegaan. Ook de producenten waarvan de producten nog niet beter scoren MKI, of nog niet onder certificaat vallen worden op deze wijze gestimuleerd om mee te gaan in de (voor anderen) bewezen werkwijze. Voor de bouwvak zijn we benaderd door een fastfood keten, zij willen met onze producten verder. De overheid vraagt aan deze partijen; wat doen jullie aan duurzaamheid? Degene met een goed plan krijgt de voorkeur. Als ik kijk naar 3 a 4 jaar geleden, dan is er ontzettend veel al veranderd.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

We kunnen nog lang spreken over alle wensen en kansen die voor ons liggen. Die zijn er gelukkig volop. Om deze innovaties gedaan te krijgen vergt tijd en investeringen. Met de rendementen die gehaald kunnen worden met het huidige aanbod "innovatieve materialen" zal bij opschaling de weg geopend worden om verdere innovaties zoals kort cyclisch cement te produceren, door heel Nederland meer installaties gebouwd kunnen worden om herwonnen cement uit oude betonmaterialen te splitsen van het zand en grind en deze her te



gebruiken. Waterstof en andere alternatieve vormen van brandstoffen verder ontwikkeld kunnen worden.

Hoe mooi kan het worden! Ik heb zin in de toekomst!!

Bedrijf	SQAPE
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Jordi van Herel, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	09:00 – 10:30
Kopie naar	Jordi van Herel

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Redelijk bekend mee.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Geopolymeer beton is onze techniek om te verduurzamen:
In prefab: straatstenen, grasbetontegels, balken, tegels. In betonmortel: fietspaden, rotondes, bedrijfsvloeren, stelvloeren, laadkuilen, fietsbruggen, gemaal. Voor hoog constructieve elementen is het een stuk moeilijker.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

De geopolymeertechniek. Waarbij cement (hoge milieu impact) uit het bindmiddel gehaald kan worden en met alkalien erbij om het te activeren.
Voorlopig nog voldoende schaalbaar met huidige bindmiddelen zoals hoogovenslakken. Daarnaast is Geopolymeer is heel breed Het is genoeg schaalbaar, genoeg materialen die activeerbaar zijn. Constantheid is belangrijk, bodemas of andere secundaire afvalstromen zijn veel beschikbaar maar niet altijd constant.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Bij de leveranciers ophalen, moeilijk om te bepalen.

Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Geopolymeer is dat goed, gelijk aan gewoon beton. Één op één door elkaar her te gebruiken.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Extra leidingwerk voor extra vloeistoffen. Een pomp, extra doseerinstallatie. Eigen opslag van alkaliën, bevroren bij 7 graden. Rekening houden met ombouw.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Niets hoeven te veranderen, als duurzame organisatie gestart. Wel een omslag qua management, verkopers anders gaan inrichten.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Bij de partijen los gaan vragen.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Genoeg grondstoffen, de vraag moet alleen omhoog. Niet te veel wisselingen willen maken.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Redelijk snel, gebeurt ook al.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Voor prefab valt het redelijk mee. Hoe droger het materiaal hoe minder vloeistoffen hoe minder extra kostprijzen het oplevert. Hoe plastischer, hoe duurder. Daarnaast is de markt nog klein waardoor de overhead groot is bij productie.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Bij carbonatie werkt het bij geopolymeren anders, met hoge druk de CO₂ ingeknald. Bij de andere kwaliteitsaspecten is het bij geopolymer beter, chemische bestendigheid is het beter. Eerste producten/projecten met onze techniek zijn nu 5 jaar oud waarbij geen degradatie te zien is.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Werken met licenties, gepatenteerd. Informatie over specificatie van materialen delen. Ook delen we werkinstructies en verzorgen trainingen bij projecten.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Die zijn er. In de betonnorm staat bijvoorbeeld een minimum percentage aan portland er in een bepaalde hoeveelheid cement moet inzitten staat in de weg. Daarnaast werken constructeurs met de standaard gegevens van beton welke kunnen afwijken voor geopolymer beton.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Wel een beetje op de hoogte. Geen idee of we er echt gebruik van maken.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Het is goed als er een makkelijke testprocedure is om gelijkwaardigheid van beton aan te tonen. En indien gelijkwaardig dit ook gegarandeerd toegepast mag worden. Nu is het erg afhankelijk van opdrachtgever, bevoegd gezag, constructeur, aannemer etc.

Vragenlijst

Naam bedrijf: De Bonte Group

Contactpersoon: Ellen De Bonte

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

We mochten reeds eerder beperkte informatie opvangen omtrent de koploperaanpak.

Uiteraard kunnen wij een aanpak welke innovaties ondersteunt die uitblinken qua duurzaamheidscriteria alleen maar toejuichen!

Uit ervaring (vnl op de Belgische markt) kunnen we stellen dat enkel met medewerking van partijen met beslissingskracht op het hoogste niveau binnen een bepaalde sector, innovaties succesvol kunnen geïntroduceerd is.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

We zijn er in geslaagd om beton te ontwikkelen waarbij cement en water als binder vervangen wordt door zwavel, een residu van de olie- en gasraffinage. Het productieproces is gebaseerd op het fysisch proces van smelten en stollen van elementair zwavel. Er zijn 2 toepassingen met het materiaal die 100% doorontwikkeld zijn en rijp zijn voor marktimplementatie, **namelijk rioolbuizen en spoorwegdwarsliggers**.

Door de fysische eigenschap is het product 100% circulair.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Door het vervangen van water en cement door zwavel, een residu (en dus reeds beschikbare grondstof die niet speciaal geproduceerd moet worden) wordt de belastende productie van cement vermeden. Door het laag-energetisch productieproces is de CO2-uitstoot ook zeer laag in vergelijking met traditioneel beton en andere materialen. Het beton is bovendien chemisch resistent en hydrofoob, waardoor een lange levensduur gegarandeerd is. Een lange levensduur is één van de basisprincipes van de circulaire economie en levert altijd milieu-impact winsten op. Doordat het materiaal altijd een primaire grondstof blijft, wordt aan het eind van de levensduur het ontginnen van grondstoffen en het produceren van cement vermeden, waardoor ook in de hergebruikfase grote winsten geboekt worden.

- Lage CO2 footprint
- Circulair
- Geen gebruik van kostbaar water
- Verbruik van een afvalproduct
- Geen uitloging

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Een eerste MKI berekening werd opgesteld in samenwerking met het Nederlandse expertisebureau NIBE en dit zowel voor een spoorwarslijger als voor een rioleringsbuis. De berekening is gebaseerd op de MND bepalingmethode.

Eenheid	MKI
1m buitenriolering met diameter 250mm vervaardigd uit zwavelbeton	€1.52
1 spoorweglijger type NS90 vervaardigd uit zwavelbeton (inclusief bevestigingsset)	€3.55

De MKI berekening is momenteel onder finale review bij SGS Intron. De onderbouwing zal volledig beschikbaar zijn in het review report.

Hoe beoordeelt u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Het circulair zwavelbeton (THIOCRETE) is perfect circulair omdat het eindelijk hersmolten kan worden, en dus voor eeuwig een primaire grondstof blijft. Het kan dus zonder enig waardeverlies (al de technische, fysische, chemische en andere eigenschappen blijven 100% behouden) hergebruikt worden.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Gezien het afwijkend productieproces tov ons klassiek productengamma, gebaseerd op cementbeton, diende zich de noodzaak aan om een volledig nieuwe productielijn met bijhorende mallen te ontwerpen en te installeren en dit voor beide producten. In 2021 worden beide productielijnen opgebouwd op de nieuwe productiesite te Baudour (BE).

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Het project rond zwavelbeton werd opgestart in 2012 in onze Belgische vestiging te Laakdal. Ongeacht het voortraject van Shell, welke het zwavelbeton op zich ontwikkelde, diende zich nog een gans traject aan om het materiaal te optimaleren en toe te passen in applicaties zoals spoorwegdwarsliggers en rioleringsselementen. Ter ondersteuning van deze verdere ontwikkeling werd een volledig geëquipeerd labo geïnstalleerd op onze productiesite en werd een team van onderzoekers en projectingenieurs uitgebouwd om dit onderzoek en opschaling naar industrialisatie verder te zetten.

Ondertussen werd een nieuwe firma opgericht die dit onderzoek en de ontwikkeling voor zijn rekening neemt, zijnde 'Thio Materials bvba'.

Na bijna 10j van onderzoek en ontwikkeling naar zowel producten als de bijhorende mallen en machines voor de productie ervan alsook de opstart van proefprojecten en het moeizame traject van goedkeuringen en certificaties, zijn we in 2021 op het punt gekomen dat de industrialisatie van de productie opgestart is met een eerste succesvol contract voor de Belgische Spoorwegmaatschappij (200.000 dwarslijger/8jaar) en de eerste bestellingen van zwavelbetonnen rioleringsbuizen voor Belgische werven.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Onderzoek & ontwikkeling sinds 2012: €

Investering voor een nieuwe site, productielijnen en mallen:

De meeste middelen werden zelf voorzien door de moedermaatschappij (eigen kapitaal) en via beperkte externe of via leningen).

Daarnaast werd ook financiële ondersteuning bekomen vanuit Belgische subsidiedossiers alsook het Europese Eco-Innovation programma.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Er zijn grote zwavelvoorraden voorhanden.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Het onderzoek en de ontwikkeling naar de producten alsook de ontwikkeling van de machines is afgerond waardoor we nu opschalen naar het niveau van industrialisatie.

Op de nieuwe site te Baudour werd de productielijn voor de rioleringsbuizen geïnstalleerd en in productie genomen. Deze zal de komende maanden nog verder worden uitgebreid met andere types van buizen. De eerste bestellingen voor Belgische werven worden geplaatst.

Wat betreft de spoorwegdwarsliggers werd een eerste contract binnengehaald voor de Belgische Spoorwegmaatschappij van 200.000 dwarsliggers welke te produceren zijn over een periode van 8jaar. De productielijn van deze liggers is volop in opbouw en zal einde 2021 operationeel zijn.

Daarnaast zijn ook proeftrajecten lopende voor de Nederlandse en Franse spoorwegmaatschappij.

Momenteel is een zoektocht opgestart naar potentiële partners om het project met snelheid op te schalen op internationaal niveau.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Het is logisch dat de zeer grote investeringskost die met de innovatie gepaard ging een invloed zal hebben op de prijszetting. Een schaalvergroting kan tot een betere spreiding van die kosten leiden alsook betere prijssettings voor de producten onderling.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Ter bevestiging van de duurzaamheid van het product werd een volledig duurzaamheidsprogramma opgesteld dat sinds de aanvang van het onderzoek lopende is.

Naast de opbouw van data op laboschaal werden ook in-situ proefprojecten gestart ter validatie van de kwaliteit van de producten.

In samenwerking met de Belgische rioolbeheerder werden op 5 verschillende plaatsen in het rioolstelsel elementen geïntroduceerd welke een jaar lang werden gemonitord door onszelf maar ook externe partijen. De resultaten hiervan hebben geleid tot de finale certificering van de elementen vervaardigd uit zwavelbeton en de opname hiervan in bestekken. Elke 2 jaar worden de sites gecontroleerd en na 5 jaar zijn er geen degradaties vast gesteld. Omdat het materiaal voorheen niet bestond, is er specifiek voor de riolering een norm (PTV) geschreven, waarin al de proeven voor keuring en certificering zijn opgenomen.

Wat betreft de spoorliggers werd een eerste proeftraject geïnstalleerd in 2013 mbt tramliggers en in 2014 een traject voor treinspoorliggers. Een aantal van deze liggers werden reeds terug uit het spoor gehaald en succesvol beproefd ter bevestiging van de kwaliteit met de homologatie ten gevolge. Ook in Frankrijk en Nederland werd een proeftraject geïnstalleerd en zijn de homologaties lopende.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Afhankelijk van de partij die informatie wenst kan deze gedeeld worden.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

De technologie is gepatenteerd als ook de productiemethode.
We zijn echter wel op zoek naar partners om onder licentie de nieuwe technologie in het buitenland te gaan industrialiseren.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

We moeten voor alle nieuwe landen de lokale normering wat betreft de ontwikkelde producten gaan analyseren.
Voor beide type producten worden er specifieke richtlijnen gebruikt bij aanbestedingen. De bestekken moeten aangepast zijn zodoende een nieuw materiaal toe te laten. Hiervoor is uitgebreid lobbywerk nodig. Voor rioleringsbuizen is een EAD traject op Europees niveau lopende en bijna afgerond. Dit zal leiden in 2022 tot CE certificering.

Voor de spoorwegdwarsliggers dienen we een landelijke homologatieprocedure te doorlopen.

Bovenstaande zaken vragen voornamelijk veel tijd en inzet wat kan leiden tot een proces van lange duur. Het snel opschalen in andere landen zal hierdoor wel ernstig belemmerd worden.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Geen kennis van.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Een "regulator" die waakt over de essentie van groen aanbesteden en ervoor zorgt dat de "echt" groene oplossingen voldoende kansen krijgen, en niet door milieuonvriendelijke materialen verslagen worden doordat die er toch in slagen om hun MKI binnen de perken te houden door het "optimaliseren" van de LCA-scores (die helaas altijd sterk afhankelijk zijn van aannames). Circulariteit bijvoorbeeld moet ook gescoord worden, en daar zijn geen LCA's voor nodig, het eenvoudig principe van waardebehoud in de materiaalketen is daar de bepalende factor.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Bedrijf	A. Jansen BV
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Han Heijsters, Bert Busgen, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	12:30 – 14:00
Kopie naar	

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Ja bekend mee, Han Heijsters sowieso, Bert Busgen wat minder.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Wij verduurzamen de betonwaren, AEC, Recycling, slakken. De transportbeton staat er los van. We produceren voornamelijk transportbeton. Twee locaties die reststromen produceren voor het beton, zand & grind hoofdzakelijk Son en Helmond; thermisch gereinigd gerecycled zand en grind. Bindmiddelenkant met SQAPE een geopolymer geproduceerd.

Voorbeelden van geopolymer projecten:

- Fietspad, Ettenleur
- Gewapende begane grondvloeren 36 woningen Ecodorp, Boekel
- Prefabfabricage 24 bruggdelen en landhoofden voor een fietsbrug, Wageningen
- Nagespannen gewapend Fietsbrugdek N69, van Boskalis, Westerhoven
- Gewapende Begane grondvloer woning Arendsnest, Tiny house , Culemborg

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Enerzijds de geopolymer, anderzijds de recycling van beton en asfalt tot zand en granulaat. Thermische reiniging functioneert vanaf 2018. Geopolymer met 100% thermische gereinigd materiaal is toegepast in de voorbeeld projecten. Vliegassen en slakken worden op de langere termijn minder verkrijgbaar, dus wordt gekeken naar alternatieven (o.a. gecalcineerde klei).

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Wij werken vanaf 2016 met ECOCHAIN software, dus we berekenen zelf de MKI waarde (A1, A2, A3). MKI waarden tussen €5,50 tot €9,00 zijn gerealiseerd.

Hoe beoordeelt u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Het is volledig herbruikbaar, zowel geopolymeerbeton als traditioneel beton.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Enkele aanpassingen voor het leidingwerk voor de alkaliën die toegepast worden. Eveneens enige aanpassing van het besturingssysteem. A. Jansen heeft op haar centrales minimaal 8 bunkers en 6 silo's. Dat is voldoende ruimte voor het gebruik van diverse recycling materialen en het samenstellen van eigen bindmiddelen (blends). Sqape levert equipment voor geopolymeer productie.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Qua planning niet. Als je geopolymeer toepast is het praktisch om het project in één fase te kunnen leveren. Wisselen tussen traditioneel beton en geopolymeer is wel lastig. Bij een levering goed van te voren afspreken om het productieproces goed te laten verlopen. Iemand aangenomen/opgeleid om de verduurzaming te realiseren.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

€10.000 tot €15.000 om de centrale aan te passen voor geopolymeer.

ECOCHAIN software aangekocht / licentie

Licentieafpraak met SQAPE

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Beschikbaarheid hoogovenslak is er nog, vliegask wat minder. Wordt aan alternatieven gewerkt. Geen echte zorg voor de toekomst.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Sinds het eerste project is de vraag naar innovatie groter geworden. Het is technisch snel mogelijk. Waarom het vaak in de pilotfase blijft hangen is omdat wet en regelgeving en normalisatie niet op de producten is aangepast. Die machten zijn soms groter dan de behoefte aan innovatie.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Door het vele testen en niet gelijktijdig met regulier beton kunnen produceren van geopolymeer zijn de kosten voorsnog relatief hoog. Als geopolymeer geattesteerd kan worden grotere volumes aaneengesloten geproduceerd kunnen worden zal de prijs afnemen.

Geopolymeerbeton hoeft niet persé duurder te zijn dan regulier beton als het op grote schaal wordt toegepast.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Voor de brug van Boskalis is ongeveer 1,5 keer het betonvolume geproduceerd voor alle testen. Het geopolymeer presteert op alle aspecten goed.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

In beperkte mate zijn wij bereid om te delen. Aantal afspraken gemaakt met SQAPE, Boskalis over het delen van informatie. Wat kan dat kan.

Tot op zekere hoogte willen we transparant zijn. Als branche samenwerken is nodig om verduurzaming van beton voor elkaar te krijgen.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

SQAPE technologie is gepatenteerd ~~en gelicenseerd~~.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Normgeving of richtlijnen op basis waarvan gelijkwaardigheid t.o.v. regulier beton kan worden aangetoond is noodzaak om verduurzaming van beton op grote schaal mogelijk te maken. Dit in combinatie met een methode van attesteren zodat specifieke recepten op kwaliteit gemonitord kunnen worden maar niet voor ieder project specifiek gecertificeerd hoeven worden.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van de gaan maken?

Wel bekend, geen gebruik van gemaakt.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Behalve de normen, stel reële eisen (vb. plafondwaarden) die praktisch voor een centrale of andere producent uitdagend maar haalbaar is. Anders hakken in het zand gedrag die de ontwikkeling eerder tegenhoudt dan kansen creëert.

Er moet veel veranderd worden in de denkwijze over de verduurzaming van beton ~~verandering in de betonmortel~~. Ook de aannemer, leveranciers en opdrachtgevers moeten investeren in de verduurzaming.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Geen.

Bedrijf	Rouwmaat
Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Jan Smit
Tijd van het interview	09:00 – 10:15
Kopie naar	

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Niet helemaal bekend, later wat in verdiept. We voelen ons hier wel thuis bij, maar nog niet op de hoogte.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Leveren geen betonproduct, maar de mortel waar een derde partij producten van maakt.

Producten die met onze mortel zijn gemaakt:

- Rotonde van geopolymerbeton
- Fietspad Almelo cementloos beton
- Komt een rotonde met kunststofvezel als wapening

De betonmortel die wij leveren verduurzamen wij. Massabeton CO₂ uitstoot reduceren.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Door het toepassen van geopolymer (cementloze mortel). Tevens stellen wij het cementgebonden bindmiddel zo samen zodat de milieu impact minimaal is. Daarnaast passen we, daar waar het kan, zoveel mogelijk recycle materiaal toe.

Wij passen het al toe, alleen de markt is er nog niet klaar voor.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Deze varieert per mengsel en afhankelijk van het jaargetijde.

Vraag: Hebben jullie niet een voorbeeld van een MKI-berekening of LCA rapport? Van de rotonde van geopolymer bijvoorbeeld? Of moeten wij dat bij SQAPE vragen?

Voor de nieuwbouw van een school in Enschede in **2015** zijn onderstaande waarde gerealiseerd

Kelderwanden	CO2/m3	131 kg CO2/m3	MKI	€ 12,22
Keldervloer	CO2/m3	121 kg CO2/m3	MKI	€ 11,36
Bolvloer	CO2/m3	174 kg CO2/m3	MKI	€ 15,29

De realisatie van de bolvloeren was in de wintermaanden en de waarden zijn inclusief transport naar de bouwplaats.

Hoe beoordeelt u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

Prima herbruikbaar, de 80/20 mengsels waarbij de klinker sterk reduceren is prima te recyclen en geopolymeer is prima te recyclen. De kunststofvezel hebben we vertrouwen in de toekomst te kunnen crushen waarbij de kunststofvezel er prima uitkomt.

Zolang we gebruik maken van de traditionele grondstoffen is er geen twijfel dat alles kan worden hergebruikt. Wat betreft de Geopolymeer zijn daar uitgebreide onderzoeken naar gedaan en is aangetoond dat het volledig recyclebaar is.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Plaatsen van opslag tanks met bijbehorende doseerleidingen en pompen die geschikt zijn voor chemicaliën. Daarnaast moeten we de bestaande installatie op slijtdelen, rubbers en metalen inspecteren of deze bestand zijn tegen deze chemicaliën.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Naast de technische aanpassingen zullen we het huidige personeel moeten opleiden om verantwoordt om te gaan met de nieuwe grondstoffen. Daarnaast zal de geopolymeer andere eigenschappen hebben dan traditionele beton.

Ook is het belangrijk om in kennis te investeren, er is hele oude generatie in de betonindustrie.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Het is lastig in te schatten, maar ongeveer tussen de €150.000 en €250.000 om het werkzaam te hebben en het goed te kunnen realiseren.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Zoals er het nu naar uit ziet wel. Tevens verwachten we dat er meerdere grondstoffen beschikbaar komen die we voor deze technologie kunnen gaan inzetten.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Binnen twee weken kunnen wij het realiseren, voor grote schaal kunnen we het binnen half jaar realiseren.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Dat wordt gunstiger, maar het is koffiedik kijken. We verwachten wel dat schaalvergroting en een continu productieproces ten goede komt aan de kostprijs.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Bij de geopolymer hebben we in 2017 een rotonde gemaakt, wat er nu qua kwaliteit uit ziet als een prima product.
De techniek is niet nieuw en daar is zijn al de nodige projecten mee gerealiseerd.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

We denken dat delen van kennis een must is om de innovatie te laten slagen. Maar dit kan alleen met partijen die ook hebben aangetoond waarde te hechten aan het milieu.
Wij delen graag de kennis en MKI-waarde van bepaalde producten.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Technologie van SQAPE gepatenteerd maar wij hebben een licentie.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Sterkteklassen aangeven, dat is geen probleem. Zijn weinig regels/richtlijnen voor geopolymerbeton.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Geen gebruik van gemaakt nog, wel van gehoord nog. We zijn bezig met subsidies.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

- -

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Rode draad is dat wij tijd moeten krijgen om te ontwikkelen en gestimuleerd worden door de overheden. De opdrachtgever moet nu betalen, terwijl eigenlijk er subsidies voor moeten worden gegeven.

Bedrijf

Bespreking

Interview koploperwaarden

Opsteller

ing. L.A. van Leeuwen

Gehouden te

Teams

Aanwezig

Rob Vergoossen, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen

Tijd van het interview

10:00 – 11:30

Kopie naar

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

Ik ben bekend met de koploper aanpak. Geen suggesties (op dit moment). We zijn betrokken bij de dalende MKI met Rijkswaterstaat. Bij de eisen moet al rekening gehouden worden dat bestaande materialen hergebruikt worden. Dat het demontabel is en dat je geen unieke dingen hebt. Probeer niet te veel uniek te ontwerpen en met esthetische eisen de duurzaamheid niet in de weg te zitten. Doe niet iets wat niet nodig is, Rijkswaterstaat heeft de shift gemaakt naar beheer en duurzaamheid. Een voorbeeld is om vanwege veiligheid een bredere vluchtstrook toe te passen. Echter veel bestaande kunstwerken moeten dan met een half metertje verbreed worden. Toppunt van niet duurzaam, veel verbreding is onnodig vanuit . Onnodig gebruik van veel materiaal. Mindset moet anders dat duurzaamheid en circulariteit op de eerste plaats komt bij het formuleren van de eisen. Hoogovenslak is voor een aantal industrieën moet een transitiebindmiddel omdat je het kan toepassen waar het, het hardst nodig is: in zeewater en andere constructies.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

Door hergebruik van bestaande prefab brugliggers zijn geen/minder nieuwe liggers nodig. Hierdoor wordt nieuw beton uitgespaard. Bij de beoordeling van de bestaande liggers blijkt dat tot op heden altijd eind dwarsdragers toegepast worden bij railbalk liggers (omgekeerde T met druklaag). In vele gevallen zouden deze eind dwarsdragers naar onze mening niet noodzakelijk zijn. Hierdoor wordt materiaal, bouwtijd en geld bespaard. Bovendien zijn brugdekken eenvoudiger demonteerbaar zonder eind dwarsdragers. Daarnaast wordt in nieuwe liggers veel meer betonstaal (en voorspanstaal) toegepast ten opzichte van bestaande liggers. Naar onze mening valt hier op materiaal en emissies te besparen.

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

Door gedegen kennis van bestaande constructies en goede samenwerking tussen partijen zijn prefab liggers uit (om functionele redenen) te slopen bruggen/viaducten goed te demonteren en voor een 2^e leven van minimaal 100 jaar her te gebruiken. Gemiddeld per jaar worden in het Areaal van Rijkswaterstaat 6 viaducten met prefab liggers gesloopt,

terwijl er ca. 30 nieuwe gebouwd worden. Buiten het Rijkswaterstaat areaal verwachten we soortelijke aantallen. Vanaf nu geen viaducten met eind dwarsdragers maken tenzij het noodzakelijk is, de demontage is veel lastiger met eind dwarsdragers. We verwachten 300 a 400 liggers per jaar, dan moet je 2 liggers per dag demonteren en de druklaag verwijderen. Zonder Industrialisatie van het demonteren van de liggers, is het haast niet te doen,. In het contract moet komen dat je een boete krijgt als je goede elementen kapot maakt.

Allerlei proeven gedaan op liggers, geen enkele ligger ooit gehad die schade heeft gehad aan carbonatie of chloride. Levensduuronderzoek gedaan en voorspellen wat het na 25 jaar kan doen (hergebruikte liggers) en dat kwam er goed uit. Maximale carbonatie na 40 jaar was 1 mm. 100 jaar erbij is een makkie, enige waar wij mee zitten is dat mensen zeggen dat het bij deze ligger wel werkt, maar de andere kan anders werken. Paspoort hangen aan de geogoste elementen.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Ten opzichte van een nieuwe ligger is ca. 70% op MKI te behalen berekend met NMD (zie bijlage). Voor een heel viaduct (incl. druklaag, onderbouw en fundering) kan afhankelijk van de situatie ca. 35% tot 40% MKI besparing behaald worden.

Besparing o.b.v. case	Hergebruik heel viaduct	Hergebruik bovenbouw	Hergebruik ligger+druklaag	Hergebruik ligger alleen	Per viaduct	Per jaar (10 viaducten)
MKI-besparing	40%	49%	61%	73%	€29.460	€294.600
CO2-besparing	45%	57%	72%	87%	331 ton	3310 ton
Abiotische grondstoffen besparing	48%	58%	73%	93%	0,3 kg	3 kg

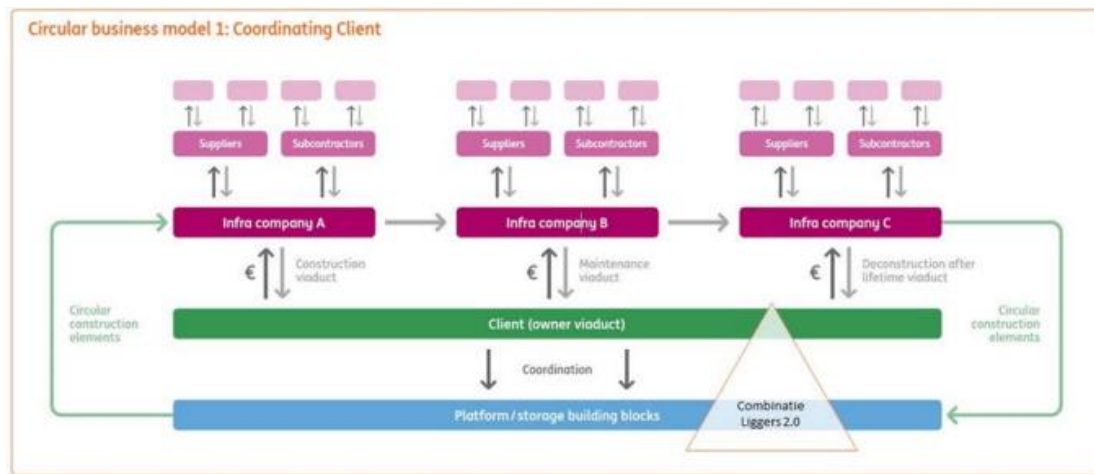
Hoe beoordeeld u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

De liggers zijn direct al herbruikbaar. Daar zit juist de kracht. Afhankelijk van de leeftijd en omgeving van 1^e en 2^e leven van de liggers is een 3^e (of 4^e) leven ook mogelijk. In dat geval neemt per extra leven (tov nieuwbouw) de MKI besparing toe. Druklaag verwijderen en nieuwe druklaag te storten, afhangen kwaliteit druklaag. Behouden druklaag geeft een duurzaamheidsvoordeel, maar is complex dit is nog te onderzoeken.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Er moet een opslagterrein met ruimte voor aanpassing en inspectie van de liggers beschikbaar gemaakt worden. Hier moet geïnvesteerd worden in materieel (o.a. bovenloopkranen) en recycling van het te verwijderen beton. Partijen die het afneemt, on site geschikt maakt voor hergebruik en aanbiedt. Een soort nieuwe businesscase, moet er één komen en het liefst in het midden van het land. Wat er vrij komt, liefst direct in nieuw beton stoppen. Slopen meer gerobotiseerd, dat wordt de grote uitdaging. De liggers zijn van nu van Rijkswaterstaat en vervallen nu aan de aannemer. Het is nog niet duidelijk welk business model het meest geschikt/gewenst is. Wij denken aan de coordinating client, maar een model dat de markt het volledig organiseert is ook mogelijk. De uitdaging is op welke parameters ga je matches maken. Parameters die meespelen zijn, tijd in opslag, transportafstand naar nieuwe locatie, benodigde aanpassingen aan liggers, aantal liggers dat match tov liggers in opslag.



Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Samen met Rijkswaterstaat en de markt moet nog bekeken worden wie de opslag en aanpassing van de liggers organiseert en wie verantwoordelijk is voor de matching van vraag en aanbod. Wij hebben als RHDHV al 40 jaar de bruggenbank, en opeens moest het van RWS dat het niet bij een commerciële partij kan liggen omdat de bruggen van RWS zijn.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

Als pilot is gebruik gemaakt van het SBIR project circulair viaduct van Rijkswaterstaat en eigen bijdragen van de projectpartners. Investering vanuit SBIR bedroeg 1.5 miljoen euro inclusief BTW.

Demontage kan afhankelijk van de situatie van het viaduct €10,000 per ligger kosten, en dan ook nog de kosten voor opslag, verwijderen druklaag en andere aanpassingen. De grootste belemmering is dat bij een groot project de conclusie is dat het kan, maar als niemand durft te investeren gaat het niet gebeuren.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Het aantal viaducten dat functioneel niet meer voldoet (bijv. omdat overspanning vergroot moet worden) bepaalt het aanbod. Op dit moment is het aanbod ca. 4 a 6 keer kleiner dan de vraag naar nieuwe liggers in het areaal van Rijkswaterstaat. Maar afhankelijk van de uit te voeren projecten kan dit sterkt variëren de komende jaren. 300/400 liggers per jaar. Dit is niet de enige oplossing die we kunnen doen, niet genoeg grondstoffen.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

In principe kan dit vrijwel direct toegepast worden. Helderheid in vraag in aanbod, fabriek bouwen kost een jaar. In 2023 komen de eerste liggers vrij, mooiste is dat ze dan naar onze plant komen. Hard bezig om met de deadlines de eerste viaducten voor elkaar te krijgen.

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

Op dit moment verwachten we concurrerend te kunnen zijn met nieuw te maken liggers indien ook MKI meegerekend worden afhankelijk van in hoeverre vraag en aanbod in tijd en plaats (en aanpassing van liggers) op elkaar afgestemd kan worden. Door opschaling en verwachte toekomstige invloeden is de verwachting dat ons product positiever zal scoren. Er zijn liggers die concurrerend en goedkoper zijn, maar ook liggers die duurder zijn. Dit heeft te maken dat er veel energie in de demontage gestopt moet worden. Verbod komen op liggers te oogsten voor het granuleren en te slopen. Als het verplicht wordt om liggers te demonteren en her te hergebruiken vallen vele kosten in het project van het te slopen viaduct. Daarmee worden hergebruikte liggers (veel) goedkoper dan nieuwe liggers voor een nieuw project.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Het is naast dit direct hergebruik ook belangrijk om in de huidige nieuwe liggers na te denken over demontage en een 2^e leven. Zodat de liggers na einde functionele levensduur eenvoudig(er) uit elkaar gehaald kunnen worden.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

De grootste investering (aankoop en gereed maken opslag) moet nog worden gedaan. Eerst moet er duidelijkheid komen wie verantwoordelijk is voor deze opslag en match. Investering door marktpartij is mogelijk, maar indien Rijkswaterstaat in de toekomst alsnog beslist om het zelf te gaan organiseren dan valt er geen rendement te behalen. In principe zijn we bereid om onze kennis te delen met de markt.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Nee

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Het Bouwbesluit en de Eurocodes/richtlijnen zijn nog niet expliciet over hergebruik van elementen. De vraag is of een nieuw brugdek die gebouwd wordt met hergebruikte liggers

valt onder een Nieuwbouw of Verbouw. Hierdoor is er nu nog onzekerheid aan welke eisen voldaan moet worden. Dit kan per project/locatie anders uitgelegd worden. Ook kan een opdrachtgever (bijv. RWS) in contracten specifieke eisen stellen aan uiterlijk, leeftijd, belasting of heel specifiek zoals hergebruik is niet toegestaan. Wij hopen juist dat in contracten onze leus komt te staan "Hergebruik voor nieuwbouw" of "Hergebruik tenzij..."

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van te gaan maken?

Ja. We zijn aan het onderzoeken of we daar gebruik van kunnen maken. We willen een richtlijn hebben voor het demonteren, samen met RWS. Zodat je kunt voorschrijven aan welke eisen de demontage moet voldoen. De demontage en aanpassingen moeten een bepaalde kwaliteit hebben. Anders krijg je zoveel beschadigingen dat je er uiteindelijk niets mee kan. Proberen zo integraal mogelijk in Nederland te krijgen.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Bewustwording en duidelijkheid in de markt.

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Wat nodig is de bewustwording in de markt, we zijn nu vooral gefocused op direct hergebruiken. Maar uiteindelijk moet we deze kennis ook stoppen in het ontwerpen in nieuwe viaducten. Zo ontwerpen dat je geen nieuwe liggers nodig hebben, dat je opeens nieuwe unieke liggers maken die niet meer passen met hergebruikte liggers. Ontwerpen dat het ook makkelijker gedemonteerd worden. Merendeel van de viaducten hetzelfde bouwen. De standaardiseren goed erin houden.

Bedrijf

Bespreking

Interview koploperwaarden

Opsteller

ing. L.A. van Leeuwen

Gehouden te

Teams

Aanwezig

Berto Dekker, Emile Kuipers, Niki Loonen & Luciano van Leeuwen

Tijd van het interview

09:30 – 11:00

Kopie naar

Berto Dekker & Emile Kuipers

Te behandelen door

Bent u bekend met de koploper aanpak en heeft u nog suggesties voor hoe die zou kunnen werken?

- Ja, vanaf de site van het betonakkoord en informatie die binnenkwam via Mantijn van Leeuwen.
- Een aantal zaken spelen een rol. Dat zijn ten eerste de bereidheid van opdrachtgevers om af te zien van het principe "laagste prijs". Vervolgens dienen opdrachtgevers, in ieder geval bij het koploperproject, bereid te zijn bepaalde risico's te lopen. Het betreffen vaak producten/werkwijzen die (nog) niet standaard zijn en/of onder een bepaalde certificatieregeling vallen.

Kunt u beschrijven welke beton product u heeft verduurzaamd en op welke wijze?

- Betonnen bestratingsproducten voor de infra, zoals betonstraatstenen, betonbanden en grasbetontegels.
- Het vermijden van cement als bindmiddel en daarvoor een alternatief te introduceren.

Vanaf 2016 produceren we al Reduton,

Technologie en effect op duurzaamheid en circulariteit

Kunt u aangeven op welke wijze / met welke technologie(en) u de lagere milieu impact heeft gerealiseerd en in welke mate deze schaalbaar is?

- De beton wordt gemaakt als geopolymeerbeton, alkalisch geactiveerd beton. Met name de CO2 uitstoot wordt hiermee sterk beperkt.
- In principe is de technologie lokaal op te schalen als de technische installatie daarvoor aanwezig is. Daar is een investering voor nodig. Dat geeft meteen al een antwoord op de vraag of de technologie op te schalen is op meerdere locaties: daar zijn investeringen voor benodigd. Teven is kennis nodig van de technologie zelf.

Kunt u aangeven wat uw MKI prestatie is, eventueel in relatie tot de NMD of Dubocalc, inclusief onderbouwing indien beschikbaar?

Even "googlen" op v.d. Bosch Beton b.v. (na "v.d." kreeg ik ze al in beeld) in de NMD geeft 5 producten. Eén ervan is gemaakt met traditioneel beton, de overige vier in Reduton® (productnaam voor v.d. Bosch producten in geopolymeerbeton). Een goed beeld van de verschillen wordt verkregen door de beide zelfde producten met elkaar te vergelijken.

Hoe beoordeelt u de herbruikbaarheid van het product of de materialen van het product dat u verduurzaamd heeft?

De producten zijn op dezelfde manier te hergebruiken als dezelfde producten in cementbeton. Testen hebben uitgewezen dat Reduton® te recyclen is als cementbeton en in hetzelfde traject mee kan lopen.

Effect van de innovatie op de bedrijfsvloering

Welke aanpassing van bestaande lay-out en het gebouw van de productielijnen was nodig voor de implementatie van de innovatie?

Een installatie om de alkalische grondstoffen te doseren. Dit op een zodanige wijze dat de veiligheid van de mensen gewaarborgd is en de kans op milieuverontreiniging tot een minimum beperkt is. Ook de gebouwen moeten hiervoor aangepast worden. We hebben hier nu twee installaties van. Beschikking over silocapaciteit, in één fabriek een silo bij moeten bouwen.

Welke (organisatorische) veranderingen in het bedrijf bleken nodig om de innovatie te kunnen toepassen?

Veiligheidsinstructies hoe om te gaan met de alkalische materialen en wat te doen ingeval een calamiteit.
Kwaliteitseisen voor de producten zijn opgesteld en ingevoerd. Ook zijn certificatieregelingen geïnitieerd.

Wat is de hoogte van de benodigde investeringen en van welke mogelijkheid tot financiering is gebruik gemaakt?

In installaties en gebouwen is € 1.100.000 geïnvesteerd en voor kwaliteitsdoeleinden € 150.000

De investeringen zijn uit eigen middelen gefinancierd.

Schaalbaarheid van de innovatie

Zijn er voldoende grondstoffen beschikbaar om de door u ontwikkelde technologie verder op te schalen?

Betreffende bepaalde grondstoffen vissen we met de geopolymeerproducten in dezelfde vijver als de cementindustrie. Een zoektocht is gaande, waarbij een aantal opties in beeld zijn. Hierbij wordt met partners samengewerkt. Alternatief voor vliegias en hoogovenslak. Bezig met staalslakken, maar nog niet van de grond.

Kunt u een inschatting geven hoe snel de innovatie in de markt opgeschaald kan worden?

Dit is afhankelijk van verschillende zaken zoals van acceptatie in de markt, bereidheid van opdrachtgevers om de producten voor te schrijven/te accepteren, van technologische ontwikkelingen (zowel betreffende installaties als op gebied van geopolymeerbetontechnologie) en van de snelheid van het vinden van alternatieve bindmiddelen (er zijn bindmiddelen in onderzoek).

Wat is de invloed van de innovatie op de kostprijs van uw product en heeft een eventuele schaalvergroting hier nog invloed op?

De kostprijs is hoger.
Schaalvergroting heeft invloed, echter deze is beperkt.

Welke kennis en ervaring over de kwaliteitsaspecten is er met betrekking tot de innovatie op langere termijn opgedaan?

Inmiddels zijn de producten 5 jaar (eerst in beperkte mate) in productie. De eigenschappen van de producten verschillen niet in hoge mate met cementgebonden producten. De z.g. "knoppen" waaraan gedraaid kan worden om kwaliteit te beïnvloeden zijn nu redelijk bekend. Echter beseffen we terdege dat de technologie van deze betonsoort nog in de kinderschoenen staat (cementbeton heeft inmiddels al een lang traject van ontwikkeling doorgemaakt). De straatstenen die in 2017 al geproduceerd zijn voor de provincie Overijssel hebben nog steeds een goede kwaliteit, niet anders dan de kwaliteit van de cementgebonden straatstenen. Dit is in een net zo goede staat, of zelfs beter.

In welke mate is er de bereidheid en mogelijkheid om informatie te delen in verband met het behouden van een voorsprong in de markt en het halen van rendement uit uw investeringen?

Uiteraard wil v.d. Bosch Beton en ook SQAPE (heeft de technologie geïntroduceerd bij v.d. Bosch) rendement van de investeringen. Algemeen beschikbare informatie kan gedeeld worden. Dat zal in overleg kunnen plaatsvinden.

Is de ontwikkeling gepatenteerd of op een andere wijze beschermd, waardoor deze door anderen niet of allen onder licentie toegepast kan worden?

Ja, de technologie die v.d. Bosch gebruikt is in licentie van SQAPE.

Zijn er normen en/of richtlijnen die uw ontwikkeling in de weg staan? Zo ja, welke?

Veel normen/beoordelingsrichtlijnen zijn gebaseerd op cementbeton. Deze zijn hiermee ook beperkt tot cementbeton. Langzamerhand komt er wat voor geopolymeerbeton, dit mag nog fors toenemen. In geval van constructief beton is er nog niet, zijn wel bezig met een handreiking.

Overige aandachtspunten

Bent u bekend met het betoninnovatieloket en heeft u het voornemen om daar gebruik van de gaan maken?

Enigszins, dit punt wordt nog verder bestudeerd.

Uitgangspunt is dat door u al te realiseren MKI's na een tal jaren de basis zijn van de contracteisen die gesteld worden en dat die geharmonieerd worden. Wat is er in aanvulling daarop voor u nodig om de opschaling van uw product mogelijk te maken?

Duidelijk is dat v.d. Bosch niet in staat mag worden geacht om de gehele markt te kunnen beleveren. Naast de SQAPE technologie zijn er varianten. Deze zou daarmee afgedekt kunnen worden.

Verder verdient de technologie verder onderzoek. Ook op gebieden van alkaliteit om gebruik van de betonsoort in minder gecontroleerde omgevingen te kunnen gebruiken. Zijn de MKI's die in Nederland veelzijdig gebruikt wordt, ook relevant voor buitenlandse leveranciers?

Zijn er nog zaken die u graag wilt benoemen die niet door bovenstaande vragen worden afgedekt?

Naast de geopolymeerbetontechnologie is v.d. Bosch ook bezig op het vlak van circulariteit. Met name de ontwikkeling van het hergebruik van fijne fracties en poederfracties van het betongranulaat heeft onze aandacht. Zo ook de verwerking en dosering ervan. De circulariteit dat je de materialen uit je eigen sector terug moet werken naar een nieuw product. In hoeverre moet je de gedachten loslaten als je goede alternatieven uit een andere sector gaat gebruiken.

abt

Bedrijf

Bespreking	Interview koploperwaarden
Opsteller	ing. L.A. van Leeuwen
Gehouden te	Teams
Aanwezig	Jan-Co van den Doel, Joop Bovend'Eerd & Luciano van Leeuwen
Tijd van het interview	09:30 – 11:00
Kopie naar	Jan-Co van den Doel & Marieke Plegt

Te behandelen door

De notulen van het interview met Rijkswaterstaat zijn anders dan de notulen van de andere geïnterviewde partijen. Rijkswaterstaat is een opdrachtgever en produceert geen producten die een koploperwaarde kunnen zijn. De meeste vragen uit de opgestelde vragenlijst zijn dan ook irrelevant voor dit interview, daarom is er een andere weg gekozen.

Dit interview vindt plaats in de categorie 'levensduurverlenging bestaande GWW bouw' (cluster 2). In dat kader wordt het project Nijkerkerbrug behandeld als voorbeeld voor een innovatieve wijze (koploperaanpak) van projectuitvoering.

Renovatie Nijkerkerbrug, wat voor project was dat?

In 2015 is geconstateerd dat de Nijkerkerbrug problemen had in de vorm van ernstige betonschade. De vraag was hoe dit kon worden opgelost. Er heeft een ingenieursbureau naar gekeken en de eerste oplossing was om de gehele brug te vervangen. Het slopen en vervangen van een dergelijke brug heeft echter nogal wat consequenties. Het toeval was dat RWS dit project op een andere manier kon aanvliegen. Blanco beginnen om samen met de aannemer(s) te kijken naar de mogelijkheden om dit probleem zo goed mogelijk op te lossen. Het begon met het analyseren van de behoefte van de klant; de beheerder van de brug. Eén van de belangrijkste behoeftes was dat het verkeer door kon blijven stromen. Toen is er gezocht naar mogelijkheden om de brug te behouden. Uiteindelijk is met een mix van innovatieve onderhoudstechnieken de brug gerenoveerd waarbij deze gedurende de uitvoering steeds in gebruik is gebleven.

Wat waren de belangrijke kenmerken van het project?

- Het project is gerealiseerd in een tweefase aanpak waarbij de planvorming en uitvoering zijn gescheiden. Door deze aanpak waren partijen in de planfase niet gelimiteerd door contractregels en andere belangen.
- Het project is gerealiseerd met een mix van innovatieve onderhoudstechnieken waarvan vooraf niet was gedacht dat dit kon worden uitgevoerd. Zonder de tweefase aanpak en de houding van de partijen was dit zeer waarschijnlijk niet zo uitgevoerd.
- In dit project waren vakmanschap en competenties van partijen leidend en niet het contract en de prijs.
- Door het inzichtelijk maken van de belangen van partijen, en die als projectgroep onderling te respecteren, was er sprake van een wijziging van de verhouding tussen partijen, de manier waarop partijen aan tafel zitten. Mede daardoor zijn dingen gedaan die nog nooit eerder zijn gedaan en ontstond ruimte om juist niet te denken vanuit regels en richtlijnen en de beperkingen daarbinnen.

Wat was er innovatief aan het project?

Door de tweefase aanpak en de gekozen verhouding tussen de partijen is veel innovatiekracht ontwikkeld en kon iets worden gerealiseerd wat voorheen niet mogelijk was, of niet voor mogelijk werd gehouden.

Renovatieprojecten lenen zich bij uitstek voor deze aanpak. Het is nooit exact duidelijk wat er gemaakt gaat worden en de traditionele aanpak vormt daarin een belemmering. De tweefase aanpak biedt de mogelijkheid om deze projecten met een open vizier, en vanuit gezamenlijk bepaalde belangen, uit te voeren. Daarbij vindt altijd een afweging plaats tussen verschillende aspecten (beschikbaarheid, snelheid, kwaliteit, duurzaamheid etc.) maar door de verhoudingen tussen de partijen is dat in feite een gedeelde keuze.

De risicoverdeling tussen partijen is na de planfase bepaald, voorafgaand aan de uitvoering. Als er nu iets gebeurd hebben jullie het gevoel dat je daarop kan terugvallen?

Als er een risico is, dan gaan we elkaar helpen en het risico beheersen. Als je afsprekt om het samen te doen, dan los je het ook samen op. Als het geld en tijd kost, dan is daarover vooraf afgesproken wie er verantwoordelijk is. Bij traditionele projecten wil men die afspraken veelal niet maken. Dat is een lastig gesprek aan de voorkant waarin afzonderlijke belangen bepalend zijn. Dan wordt er geredeneerd vanuit de gedachte: Als we dat nu open laten kunnen we er nog een draai aan geven als het later eventueel aan de orde is. Openheid en eerlijkheid over de afzonderlijke belangen is van belang.

Is deze methodiek een voorwaarde om de levensduurverlenging bestaande GWW mogelijk te maken?

Jan-Co vindt van wel. Het roept veel innovatiekracht op, het vakmanschap van de technuten stond centraal en niet het contract. Het contract tussen partijen werd er later omheen geschreven. Eerst is een goede oplossing beschreven voor het probleem waarbij partijen zich niet hebben laten belemmeren door contractuele randzaken. Deze vorm van samenwerken zorgt voor veel meer innovaties die gerealiseerd kunnen worden.

Om dit mogelijke te maken is er een andere denkwijze nodig, de cultuur moet veranderen. Aan tafel zitten als collega's, als gelijken die een probleem aan het oplossen zijn. Open communiceren en elkaar willen helpen. Alle belemmeringen wegnemen in de cultuur en de prijs pas maken als je bepaald hebt wat je gaat doen, anders belemmert het in het eerlijk communiceren. Ditzelfde geldt als een risicoverdeling vooraf.

Is hier een organisatorische verandering voor nodig?

Niet organisatorisch, maar wel in het hoofd. Men moet bereid zijn om bepaalde dingen los te laten.

Concurreren op basis van competentie, vakmanschap en op basis van een plan om het vorm te geven, niet om de oplossing. Het gaat meer om het proces dan om de oplossing. Voor partijen komt de nadruk dan te liggen op het ontwikkelen van voldoende vakmanschap en competenties om een dergelijk project te kunnen realiseren.

Vind je dat de cultuur de afgelopen 15 jaar is veranderd?

Wijze van aanbesteden is weliswaar veranderd DBFM/BPKV etc. maar de cultuur in de markt is nog vrijwel ongewijzigd. De hiërarchische verhoudingen zitten hardnekkig in de cultuur. In de meeste gevallen moet de opdrachtgever leidend zijn. Het is juist van belang om gelijkwaardigheid te creëren. Niet meer denken uit juridische hiërarchische verhoudingen. Innovaties gaan bij RWS vooral over houding en gedrag, een cultuur houdt dit enigszins tegen. Het zijn hardnekkige patronen die doorbroken moeten worden.

Is de bereidheid om de 'lessons learned' in de markt te delen een voorwaarde om te innoveren?

Ik vind van wel, het gaat voornamelijk om leren. Wat er goed ging en wat er niet goed ging. Het verhaal rondom het project Nijkerkerbrug is al op heel veel plaatsen gedeeld. Meer informatie is te vinden op de website: <https://projectdoen.nu/>

Wordt deze aanpak nu al meer toegepast?

De aanpak wordt nu bij een enkel ander project toegepast. De tweefasenaanpak en het bundelen van projecten (portfolioaanpak) is wel punt van aandacht (<https://www.rijkswaterstaat.nl/nieuws/archief/2021/03/vervangings-en-renovatieprojecten-op-de-markt-in-2021>)

Soortgelijke objecten in één project te bundelen. Bij het eerste project kun je leren en dat kun je bij de volgende projecten door ontwikkelen. Doe de portfolioaanpak dan ook in een tweefase aanpak. Bij renovatieprojecten is het uitermate geschikt om deze tweefase aanpak te gebruiken omdat je nooit weet wat je tegen gaat komen. Dit bijdraagt aan de beste oplossing. Anders ben je snel geneigd om te trechteren naar een oplossing en laat je veel kanten van de aanpak liggen.

