Rapportage circulaire waardeketen beton



Colofon

Titel:	Circulaire waardeketen beton
Documentnaam:	Rapportage onderzoek – Circulaire waardeketen beton
Versie:	1.0
Status:	Definitief
Datum:	26-06-2026

Opstellers

Namen:	Brian Snijder Jeremy van den Anker Wim Voorrips Willem Lock
Studentnummers:	2108140 1671525 1519068 1678698
E-mails:	B.Snijder@student.han.nl JAW.vandenAnker@student.han.nl WJ.Voorrips@student.han.nl Wd.Lock@student.han.nl

Begeleider(s)

Naam:	Jan Wienk
Functie:	Projectleider
E-mail:	J.wienk@pioneering.nl

Module

Module:	Module 6
Vak:	Minor Ruimtemakers

Onderwijsinstelling

Naam:	HAN University of Applied Sciences
Bezoekadres:	Ruitenberglaan 26, 6826 CC Arnhem
Telefoonnummer:	024 35 30 500

Inhoud

Colofon 2
Samenvatting 4
Inleiding 5
Begrippen 7
Bestaande situatie van de waardeketen 9
Planning op objectniveau 13
Waardecreatie elementniveau 20
Waardecreatie grondstofniveau 26
Samenvoeging van niveaus 33
Conclusie en aanbevelingen 34
Suggesties voor vervolgonderzoek 35
Bibliografie 37
Bijlagen 39

Figurenlijst

Figuur 1: Schakels binnen de circulaire waardeketen van beton 5
Figuur 2: Manieren om levensduur te bepalen 16
Figuur 3: Voorbeeld levensduur analyse voor hemelwaterriool 18
Figuur 4: Waardeketen van onderdelen in een Systeem 19
Figuur 5: Waardeketen Element 20
Figuur 6: Stappenplan voor materieelpaspoort 24
Figuur 7: Voorstel voor verbeteringen 25
Figuur 8: Waardeketen grondstof 27
Figuur 9: Waardecreatie mechanisme tijdens project 32
Figuur 10: Samengevoegde circulaire waardeketen van beton 33

Tabellenlijst

Tabel 1: Niveaus van materialen 6
Tabel 2: Begrippenkader 8
Tabel 3: Bepaling benodigde data per fase 17
Tabel 4: MKI-score op basis van keerwand 30

Samenvatting

Door op verschillende niveaus naar de betonketen te kijken is het mogelijk om zo hoogwaardig mogelijk om te gaan met de materialen in elke staat van de levensloop, en op deze manier de keten te sluiten.

Op Objectniveau kan door middel van verschillende inschattingsstrategieën bepaald worden hoeveel materiaal er op welk moment beschikbaar komt. Deze inschattingen kunnen vervolgens meegenomen worden in de ontwerpfase van nieuwe objecten, waardoor er optimaal gebruik kan worden gemaakt van de beschikbare en vrijkomende materialen.

Wanneer een object verwijderd wordt moeten de elementen van goede kwaliteit hergebruikt kunnen worden. Door op Elementniveau te kijken naar de logistiek en kwaliteitsinschatting kan hier winst gemaakt worden. Materialen moeten natuurlijk vervoerd en deels opgeslagen worden. Door een combinatie van lokale en regionale hubs in te zetten kunnen zowel de kosten als de milieu impact van het vervoer geminimaliseerd worden.

De elementen die niet hoogwaardig hergebruikt kunnen worden moeten op Grondstofniveau benaderd worden. Recente ontwikkelingen op het gebied van terugwinning van (reactieve) grondstoffen uit bestaande producten laten zien dat dit mogelijk is, maar dit moet natuurlijk gepaard gaan met wetgeving of financiële prikkels om de markt hierbij te betrekken.

Aanbeveling

Alhoewel deze verschillende niveaus op elkaar aansluiten is het niet noodzakelijk deze allemaal tegelijk aan te pakken. Gemeentelijke organisaties werken voornamelijk op objectniveau en kunnen aan de slag met het in dit rapport geleverde stappenplan zonder ook direct het stappenplan op elementniveau of grondstofniveau hierbij te betrekken. Voor andere stakeholders geldt natuurlijk hetzelfde, maar op het niveau dat voor die stakeholder relevant is.

Vervolg

Dit rapport gaat niet op alle punten concreet in op de uitvoering en de organisatorische verandering. Er zou veel baat zijn bij vervolgonderzoek naar de manier waarop de verschillende stakeholders moeten en kunnen samenwerken.

Inleiding

De betonketen staat onder druk. Een toenemende schaarste aan materialen (Pioneering, 2025) en het rijk brede programma circulaire economie (Rijksoverheid, sd) vragen om zorgvuldig om te gaan met materiaal dat op dit moment als afvalstof wordt gezien.

Pioneering stelt de vraag hoe binnen de regio Twente deze materialen hoogwaardig hergebruikt kunnen worden. Dit is niet enkel een vraag naar techniek of logistiek, maar deze vraag beslaat de gehele betonketen. Pioneering heeft deze keten opgedeeld in meerdere schakels: Fabrikant, Producent, Logistiek & Verwerking en Gebruik & Beheer, zie Figuur 1: Schakels binnen de circulaire waardeketen van beton.



Figuur 1: Schakels binnen de circulaire waardeketen van beton

Naast deze keten kijkt Pioneering op verschillende niveaus naar de materialen die in de fysieke omgeving verwerkt zijn. Deze niveaus worden geraakt door verschillende stakeholders, en hebben verschillende eisen op het gebied van circulariteit, zie Tabel 1.

		PROGRAMMADOELSTELLINGEN			
NIVEAU	**FASE**	**CIRCULARITEIT**	**KLIMAATNEUTRALITEIT**	**GEZONDHEID**	**KLIMAATADAPTATIE**
OBJECT (weg, cruising, rotonde)	**GEBRUIK**	Maatregelen die de levensduur verlengen	Rolweerstand, energiewinning	Geluidsreductie, trillingen, fijnstof door slijtage, biodiversiteit	Afwatering, opslag water, hittestress
ELEMENT (deklaag, tussenlaag)	**PRODUCTIE EN VERWERKING**	Losmaakbaarheid, modulariteit	Uitstoot CO2 bij productie, transport en verwerking	Uitstoot bij productie en verwerking (CO2, Nox, fijnstof)	Afwatering, opslag water, hittestress
GRONDSTOF (aggregaat, zand, vulstof, bitumen)	**WINNING**	Niet-destructief terugwinning oorspronkelijke grondstoffen, op grondstofniveau oneindig hergebruik	Uitstoot CO2 bij winning en transport	Uitstoot bij winning grondstoffen	Afwatering, opslag water, hittestress

Tabel 1: Niveaus van materialen

Aan de hand van deze uitgangspunten zal in dit onderzoek een inkijk worden gegeven in de huidige situatie van de betonketen in Twente. Op basis van de verschillende niveaus worden aanbevelingen gedaan om meer circulair om te gaan met materiaal, en er zal kort stilgestaan worden bij hoe deze niveaus en aanbevelingen met elkaar

Begrippen

Circulariteit is een onderwerp waar vanuit veel verschillende perspectieven naar gekeken wordt, en dit zorgt dat het niet altijd duidelijk is wat er bedoeld wordt met specifieke woorden en concepten. In dit hoofdstuk worden een aantal van deze begrippen uitgelicht, en wordt beschreven wat deze betekenen binnen de context van dit onderzoek.

Concept	**Omschrijving**
Basaltwapening	Korrels of staven gemaakt van basaltvezels in plaats van staal.
BGT	De Basisregistratie Grootschalige Topografie.
Cementloos beton & Reactieve vulstoffen	Innovatieve materialen die het mogelijk maken om gebroken betonpuin direct terug te voeren in nieuwe betonmengsels zonder traditioneel cement. Hierdoor worden primaire grondstoffen vervangen en blijft de oorspronkelijke materiaalkwaliteit beter behouden (hoogwaardige recycling).
Circulariteit	Op een manier met materiaal omgaan waardoor het na het eerste gebruik inzetbaar blijft.
DuSpot	Matchingtool voor circulariteit in de infra-bouw
Element	Een enkel fysiek product waaruit een object is opgebouwd. Voorbeelden zijn betontegels, opsluitbanden en losse betonbuizen.
EMVI	Economische Meest Voordelige Inschrijving
Gecombineerd HUB-model	Een logistieke structuur waarin gemeentelijke hubs (voor lokaal, direct herbruikbaar materiaal) samenwerken met regionale hubs (voor gespecialiseerde verwerking, kwaliteitscontrole en grotere volumes). Dit combineert korte transportafstanden met benodigde schaalgrootte.
Geopolymeerbeton	Is een duurzaam alternatief voor normaal beton waarbij het cement volledig is vervangen door geopolymeren.
Geopolymeren	Geopolymeren zijn anorganische, alkalisch geactiveerde bindmiddelen die dienen als duurzaam alternatief voor traditioneel cement.
Grondstof	Natuurlijke of gerecycleerde materialen die de basis vormen voor nieuwe producten, zoals zand, grind, cement en reactieve vulstoffen uit betonpuin.
Hoogwaardig	Hoogwaardige circulariteit is omgaan met materiaal zonder dat dit waarde verliest door bijvoorbeeld vergruizing.
Lineair vs. Circulair model	Het lineaire model (slopen & vervangen) verschuift naar een circulair model waarbij betonproducten meerdere levenscycli doorlopen.
LTAP	Een beleids- en beheersinstrument waarin vaste cycli voor onderhoud, vervanging of renovatie worden vastgelegd.
Materiaalpaspoort	Een digitaal registratiesysteem dat de identiteit, kwaliteit, herkomst, locatie en restwaarde van een betonelement vastlegt. Het zorgt voor traceerbaarheid en maakt toekomstig hergebruik eenvoudiger binnen het waardeketensysteem.
Materiaalgegevens	Kwalitatieve en kwantitatieve informatie over type, kwaliteit, samenstelling, herkomst en milieuprestaties van toegepaste materialen.
MKI-waarden	Een indicator die de milieueffecten van een bouwproduct, bouwwerk of project over de gehele levenscyclus kwantificeert en uitdrukt in één

	monetaire score (euro's). De berekening is gebaseerd op een levenscyclusanalyse (LCA) volgens onder andere de normen NEN-EN 15804 en EN 15978.
Object	Een combinatie van elementen in een samenhangend geheel met specifieke gebruiksfunctie. Voorbeelden zijn een stoep of rioolleiding, maar dit kan ook een complete weg inclusief onderliggende riolering zijn.
Objectgegevens	Gegevens over een object. Voorbeelden zijn jaar van aanleg, gebruiksfunctie en
R-ladder	Prioritering van afvalbeheeropties van hoog naar laag.
Standaarden	Afspraken over de manier waarop informatie opgeslagen en gedeeld wordt.
Systeemdenken	Een aanpak die niet alleen focust op technische processen, maar ook op onderliggende organisatorische factoren: belangen, gewoontes, samenwerking, risico's en kostenverdeling over de hele keten en levensduur van het materiaal.
Toeslagmateriaal	Verzamelnaam voor steenachtige materialen die de basis vormen van beton.
Waarde ladder	Een hiërarchie van circulaire toepassingen: van hoogwaardig hergebruik (direct toepassen van complete elementen) via middelwaardig tot laagwaardig hergebruik (downcycling naar granulaat of fundering)
Waardepropositie	Een mechanisme dat de CO_2-reductie van hergebruik vertaalt naar een financiële prikkel of subsidieformule.

Tabel 2: Begrippenkader

Bestaande situatie van de waardeketen

De huidige betonketen bevindt zich in een overgangsfase van een voornamelijk lineair systeem naar een circulaire waardeketen. In de traditionele keten worden primaire grondstoffen gewonnen, verwerkt tot beton of betonproducten, toegepast in bouwprojecten en na de gebruiksfase gesloopt of laagwaardig verwerkt. Uit de onderzochte bestanden blijkt dat deze werkwijze steeds meer onder druk staat door strengere duurzaamheidsdoelen, CO_2-reductie, schaarste aan grondstoffen en de toenemende aandacht voor hergebruik. De keten bevat inmiddels verschillende circulaire initiatieven, maar deze zijn nog niet volledig met elkaar verbonden. Daardoor is er sprake van een keten die technisch al veel mogelijkheden heeft, maar organisatorisch nog niet volledig circulair functioneert.

Huidige opbouw van de keten

De keten bestaat uit meerdere schakels die samen bepalen hoe circulair beton uiteindelijk wordt toegepast. Aan de voorkant van de keten staan opdrachtgevers, ontwerpers en producenten. Zij maken keuzes over materiaalgebruik, constructieopbouw, levensduur, losmaakbaarheid en herbruikbaarheid. Deze keuzes zijn bepalend, omdat circulariteit vooral effectief is wanneer hier al in de ontwerpfase rekening mee wordt gehouden. Daarna volgen de productie en uitvoering, waarin betonmortelproducenten, prefab producenten, aannemers en uitvoerende partijen betrokken zijn. Vervolgens wordt het materiaal beheerd door onder andere gemeenten. Aan het einde van de levensduur komen slopers, recyclers en verwerkers in beeld. Zij scheiden betonpuin, breken het materiaal, reinigen het en verwerken het tot granulaat dat opnieuw kan worden gebruikt als vervanger van primaire grondstoffen.

Hoewel deze schakels aanwezig zijn, functioneert de keten nog sterk versnipperd. Producenten, recyclers, ontwerpers, aannemers, opdrachtgevers en overheden werken wel aan verduurzaming, maar vaak vanuit hun eigen rol en belang. Hierdoor ontbreekt regelmatig een gezamenlijke strategie voor materiaalstromen, kwaliteitseisen, kostenverdeling en verantwoordelijkheden. De zichtbare onderdelen van de keten, zoals betonrecycling, CO_2-reductie en het toepassen van gerecyclede granulaten, laten daarom maar een deel van het systeem zien. Onderliggend spelen ook economische belangen, vaste routines, bestaande normen en beperkte samenwerking een grote rol.

Rollen van producenten en reducenten

Producenten vormen een centrale schakel binnen de circulaire betonketen. Zij bepalen welke grondstoffen worden gebruikt, hoe beton wordt samengesteld en in hoeverre gerecyclede materialen, alternatieve bindmiddelen of circulaire ontwerpprincipes worden toegepast. Uit het producentenonderzoek blijkt dat bedrijven circulariteit op verschillende manieren invullen.

Sommige producenten richten zich op het sluiten van materiaalkringlopen door betonpuin opnieuw te scheiden in zand, grind en vulstof. Andere producenten passen circulair beton toe binnen bestaande productieprocessen, waardoor circulariteit beter aansluit op de reguliere bouwpraktijk. Grotere producenten richten zich vooral op schaalvergroting, cementreductie, alternatieve bindmiddelen en samenwerking met recyclingbedrijven. Prefab producenten dragen vooral bij door los maakbaar en herbruikbaar te ontwerpen, waardoor betonelementen langer hun waarde behouden.

Naast producenten spelen reducenten een belangrijke rol. Dit zijn materialen, technieken en partijen die het gebruik van primaire grondstoffen en de CO_2-uitstoot verminderen. Op materiaalniveau gaat het bijvoorbeeld om klinkervervanging, gerecyclede toeslagmaterialen en alternatieve bindmiddelen. Op procesniveau gaat het om efficiëntere productie en betonrecycling. Op ontwerpniveau gaat het om materiaalreductie, losmaakbaarheid, hergebruik en levensduurverlenging. Vooral circulair ontwerpen heeft grote invloed, omdat hiermee al aan de voorkant van de keten wordt voorkomen dat onnodig materiaal wordt gebruikt of dat producten aan het einde van de levensduur alleen nog laagwaardig kunnen worden gerecycled.

De huidige keten laat daarmee zien dat circulariteit niet één vaste aanpak heeft. Sommige maatregelen verbeteren vooral het bestaande systeem, zoals efficiëntere productie en CO_2-reductie. Andere maatregelen veranderen de keten fundamenteler, zoals ontwerpen voor hergebruik en het behouden van materiaalwaarde. Juist de combinatie van deze maatregelen is belangrijk om van losse initiatieven naar een samenhangende circulaire keten te komen.

Recycling, regelgeving en innovatie

De huidige recyclingketen richt zich vooral op het verwerken van betonpuin tot circulair granulaat. Betonpuin wordt verzameld, gesorteerd, gebroken, gezeefd, gereinigd en gecontroleerd op kwaliteit. Daarna kan het granulaat opnieuw worden toegepast als vervanger van zand of grind in nieuwe betonproducten. Deze werkwijze laat zien dat betonrecycling technisch uitvoerbaar is en al in de praktijk wordt toegepast. Tegelijkertijd wordt circulariteit hierdoor vaak pas aan het einde van de levensduur georganiseerd. Wanneer betonconstructies worden vermalen tot granulaat, gaat een deel van de oorspronkelijke productwaarde verloren. Hoogwaardiger hergebruik vraagt daarom om selectieve sloop, betere scheiding van materiaalstromen en ontwerpkeuzes die demontage en hergebruik mogelijk maken.

Regelgeving en normen sturen de keten steeds sterker richting circulariteit. Europese en Nederlandse beleidskaders richten zich op CO_2-reductie, transparantie, levenscyclus denken en het gebruik van secundaire grondstoffen. Voorbeelden hiervan zijn milieuprestatie-eisen, productverklaringen, certificering, kwaliteitsnormen en afspraken binnen de betonsector. Deze kaders zorgen voor veiligheid, kwaliteit en vergelijkbaarheid, maar kunnen innovatie ook vertragen wanneer nieuwe materialen of technieken nog niet goed binnen bestaande normen passen. Dit speelt bijvoorbeeld bij alternatieve bindmiddelen en niet-stalen wapening.

Innovatieve toepassingen, zoals geopolymeerbeton en basaltwapening, laten zien dat de keten breder kijkt dan alleen betonrecycling. Geopolymeerbeton kan op projectniveau milieuwinst opleveren, maar kent beperkingen door grondstofbeschikbaarheid, regelgeving en schaalbaarheid. Basaltwapening kan bijdragen aan minder materiaalgebruik en een lagere CO_2-footprint, maar bevindt zich nog in een fase waarin marktacceptatie en normering verder moeten worden ontwikkeld. Deze voorbeelden tonen aan dat innovaties kansrijk zijn, maar pas echt effect hebben wanneer ze passen binnen een betrouwbare ketenstructuur.

Organisatorische knelpunten en systeemdenken

Een belangrijk knelpunt in de huidige inrichting is dat technische oplossingen wel beschikbaar zijn, maar dat brede toepassing achterblijft door organisatorische en systemische factoren. De ketenpartners zijn afhankelijk van elkaar, maar werken nog niet altijd vanuit gedeelde doelen. Producenten hebben betrouwbare secundaire grondstoffen nodig, recyclers hebben voldoende schone materiaalstromen nodig, ontwerpers moeten weten welke hergebruikmogelijkheden bestaan en opdrachtgevers moeten circulariteit actief uitvragen. Wanneer één van deze schakels ontbreekt, blijft circulariteit beperkt tot afzonderlijke projecten.

Vanuit systeemdenken wordt duidelijk dat de keten niet alleen bestaat uit zichtbare processen, maar ook uit onderliggende belangen, gewoontes en overtuigingen. Traditionele werkwijzen blijven bestaan omdat ze bekend, voorspelbaar en vaak economisch aantrekkelijk zijn op korte termijn. Circulaire oplossingen vragen juist om andere afspraken over ontwerp, eigenaarschap, risico's, kosten en opbrengsten over de hele levensduur. Daarom is niet alleen technische innovatie nodig, maar ook verandering in samenwerking, aanbesteding, regelgeving en besluitvorming.
De regionale praktijkinformatie is op dit moment nog beperkt. Het huidige beeld is vooral gebaseerd op onlineonderzoek, theoretische bronnen, vooronderzoek door Module 4 studenten (Zie Bijlage 4 – Rapportage module 4 studenten) en interviews. (Zie Bijlage 1 – Uitgevoerde interviews)

Verdere gesprekken met producenten, gemeenten, slopers en recyclers zijn nodig om te toetsen hoe de keten in de praktijk functioneert. Vooral informatie over beschikbare materiaalstromen, samenwerking, kosten, kwaliteitseisen en knelpunten in uitvoering is belangrijk om de huidige inrichting concreter te maken.

Stakeholders

De kaart, via de link in de bijlage (Zie Bijlage 2 – Stakeholder analyse), toont een stakeholderanalyse van de circulaire waardeketen voor beton binnen regio Twente. De veertien gemeenten, waaronder Enschede, Hengelo, Almelo en Tubbergen, zijn afzonderlijk weergegeven en visueel onderscheiden. Dit biedt een helder overzicht van de geografische spreiding van betrokken partijen en maakt inzichtelijk waar samenwerking binnen de betonketen kan worden versterkt.

Daarnaast zijn diverse betonleveranciers opgenomen, zoals Betoncentrale Twente B.V., Van de Bosch Beton en Geurs Beton B.V. Deze bedrijven zijn voornamelijk geconcentreerd in het stedelijke gebied rond Enschede, Hengelo en Almelo, terwijl landelijke gemeenten minder vertegenwoordigd zijn. Deze ruimtelijke verdeling beïnvloedt transportafstanden, logistieke kosten en de efficiëntie van materiaalstromen binnen de circulaire keten. De kaart maakt het mogelijk om relaties tussen gemeenten en bedrijven te analyseren en biedt inzicht in de locaties waar grondstoffen worden geproduceerd, verwerkt en hergebruikt. Dit draagt bij aan het optimaliseren van materiaalstromen en ondersteunt de ontwikkeling van een circulaire waardeketen.

Daarnaast laat de kaart zien dat belangrijke schakels, zoals sloop- en recyclingbedrijven en kennisinstellingen, nog beperkt zijn opgenomen. Door deze partijen te integreren ontstaat een completer ketenoverzicht en wordt samenwerking versterkt. Daarmee fungeert de kaart niet alleen als visualisatie, maar ook als analytisch hulpmiddel voor het versterken van circulariteit en het reduceren van grondstoffengebruik in de regio Twente.

Planning op objectniveau

Zoals in het vorig hoofdstuk beschreven wordt circulair gebruik van materiaal in een ideale situatie al vanaf de ontwerpfase meegenomen in een project. Dit vraagt echter dat er in deze fase, die meerdere jaren voor de uitvoering kan liggen, al een indicatie is van welke materialen er beschikbaar zijn.

In de huidige situatie worden via services als DuSpot op dit moment beschikbare materialen aangeboden (DuSpot, 2026). Wanneer in een project uitgegaan wordt van gebruik van materiaal van dit soort services zijn er in de praktijk twee opties:

Hopen dat het juiste materiaal beschikbaar komt: In de ontwerpfase wordt uitgegaan van het beschikbaar komen van de juiste materialen op DuSpot op het moment dat deze nodig zijn. Hierbij wordt het risico gelopen dat de materialen niet beschikbaar komen, en dat hier toch nieuwe materialen voor aangeschaft moeten worden.

Enkel nu-beschikbare materialen verwerken in het ontwerp: Tijdens de ontwerpfase wordt rekening gehouden met wat er op dat moment beschikbaar is aan circulaire materialen, en deze worden direct aangeschaft. Dit vereist opslagruimte voor deze materialen, mogelijk voor meerdere jaren voordat ze hergebruikt worden.

Beide opties zijn niet ideaal, en erg afhankelijk van een momentopname van wat er beschikbaar is. Nu is het op basis van de aanwezige gegevens bij gemeenten vaak mogelijk om van een aantal jaar in de toekomst een indicatie te geven van het materiaal dat beschikbaar komt. Lopende projecten, cyclische planningen en technische levensduur geven allen een indicatie van het moment waarop materiaal vrijkomt.

Inschattingsstrategieën

Er zijn meerdere manieren om te bepalen wanneer een object vervangen zou moeten worden.

Technische levensduur

Elke gemeente heeft een eigen inschatting van hoe lang verschillende elementen mee kunnen gaan. Deze inschattingen kunnen intern geregistreerd staan, of gepubliceerd worden via een beheerplan voor het desbetreffende element (Gemeente Enschede , sd). Hiernaast kunnen samenwerkingsverbanden of producenten van materialen ook informatie aanbieden over de levensduur van hun producten (Mobilis | TBI, 2021). Als deze gegevens gecombineerd worden met de areaalgegevens kan berekend worden hoeveel materiaal er gemiddeld per jaar vrijkomt en of hier een patroon in zit.

In het water- en klimaatadaptatieplan van gemeente Enschede kunnen we zien dat het gemiddelde afvalwaterriool in deze gemeente 60 jaar meegaat. Gezien er 273 kilometer afvalwater in de gemeente ligt betekent dit dat er jaarlijks gemiddeld 4.5 kilometer aan afvalwaterriool beschikbaar komt.

De technische levensduur is veelal gebaseerd op materiaal en gebruiksfunctie (Niël, Hardon, Schayk van, & Manders-Maanders, 1991) en kan al bij aanleg van het object bepaald worden. Deze levensduur is voornamelijk gebaseerd op ervaring en statistiek (Niël, Hardon, Schayk van, & Manders-Maanders, 1991) wat betekent dat deze strategie niet gebruikt moet worden om een exact vervangingsjaar te bepalen. Deze strategie is voornamelijk nuttig om een indicatie te hebben van de gemiddelde hoeveelheid materiaal die binnen een areaal beschikbaar komt, en wordt waardevoller en betrouwbaarder naarmate het areaal groter wordt.

Onderhoudscycli en LTAP

(Kennisbank CROW, 2018): Voor een aantal soorten objecten zoals wegvakken is het gebruikelijk om een onderhoudscyclus te beschrijven binnen de organisatie. De inhoud hiervan kan per organisatie verschillen en verschillende mate van detail bevatten, maar het geeft altijd een indicatie van momenten dat er onderhoud aan een object moet worden uitgevoerd. Niet alle activiteiten binnen een cyclus leveren materiaal op, maar acties als gedeeltelijk her bestraten of vervangen geven wel een indicatie van momenten waarop materiaal vrijkomt.

De onderhoudscycli hangen net als de technische levensduur vaak af van materiaal en gebruiksfunctie, maar andere aspecten zoals grondsoort kunnen ook meespelen (Kennisbank CROW, 2018). Op basis van onderhoudscycli is het jaar van het vrijkomend materiaal al te bepalen op het moment dat het object wordt aangelegd.

Jaren die via een onderhoudscyclus aangegeven worden als jaren dat er materiaal vrijkomt hoeven niet overeen te komen met het daadwerkelijke jaar dat dit gebeurt. Een onderhoudscyclus kan worden bepaald op het moment dat een object wordt aangelegd, maar als dit een object is dat tientallen jaren gebruikt wordt is er een kans dat in deze periode budgetten en prioriteiten veranderen. Ook een onderhoudscyclus kan hierdoor beter als indicatie van gemiddeld vrijkomend materiaal gebruikt worden.

Inspectiegegevens

Gemeenten voeren regelmatig inspecties uit van de objecten die ze in beheer hebben (Gemeente Enschede , sd). Deze inspecties kunnen aangeven dat een object in positieve of negatieve zin afwijkt van de ingeschatte kwaliteit, en kunnen invloed hebben op een eventueel gepland vervangingsmoment. Hoe deze inspectieresultaten invloed hebben op de levensduur van een object kan per gemeente en per situatie verschillen (Wateropleidingen, 2025)

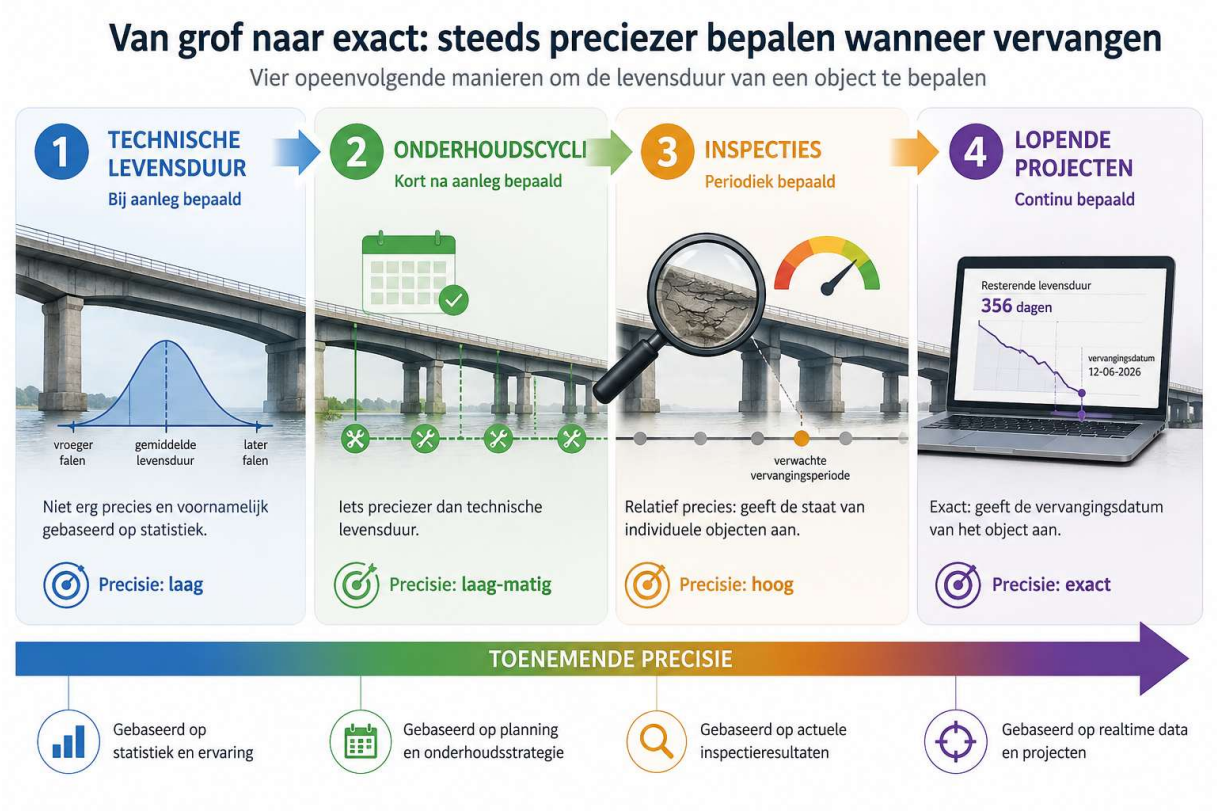
De frequentie van inspecties en de keuzes die op basis hiervan gemaakt worden verschillen per organisatie en zijn afhankelijk van het type object dat geïnspecteerd wordt. Inspecties geven op het moment van beoordeling een indicatie of het geplande vervangingsmoment aangepast moet worden.

Projecten

Wanneer een organisatie de keuze maakt om een object te vervangen of renoveren wordt hier vaak een project van gemaakt (Leidschendam - Voorburg). Deze projecten kunnen intern of extern uitgevoerd worden (TenderNed), en voor deze projecten is een planning aanwezig die naarmate het project vordert steeds nauwkeuriger wordt.

Gebruik van combinaties

Als deze strategieën zijn los van elkaar bruikbaar, maar door ze te combineren kan per object een



Figuur 2: Manieren om levensduur te bepalen

Deze manieren om het vervangingsmoment van een object te bepalen kunnen op verschillende momenten ingezet worden om een steeds duidelijker beeld te krijgen van wanneer materiaal beschikbaar komt. De technische levensduur en cyclische planning kunnen vele tientallen jaren vooruitkijken maar zullen het exacte vervangingsjaar niet exact kunnen bepalen. Dit zijn gereedschappen die gebaseerd zijn op statistiek. De inspecties geven een duidelijker beeld van wanneer de individuele objecten vervangen zullen moeten worden, en binnen een project wordt deze planning vervolgens geformaliseerd.

De vraag is natuurlijk wel of inspecties van individuele objecten veel invloed (moeten) hebben op een gepland vervangingsjaar. Natuurlijk vindt er kapitaalvernietiging plaats wanneer een wegvak vijf jaar te vroeg verwijderd wordt, maar als de wegvakken er omheen en de riolering eronder wel vervangen moeten worden kan het toch een goed idee zijn om dit wegvak te verwijderen.

Data en digitale middelen

Benodigde data

Hieronder zijn voor deze vier strategieën opgenomen op basis waarvan deze bepaald worden, en welke data noodzakelijk is om hier gebruik van te maken.

Strategie	Bepaald op basis van	Benodigde data
Technische levensduur	Specificatie van leveranciers, interne beheerplannen	Materiaal (gedetailleerd)
		Gebruiksfunctie
Cyclische planning	Landelijke standaarden (bijv. CROW), interne beheerplannen	Materiaal
		Gebruiksfunctie
		Leeftijd
		Object specifieke data (bijv. Grondsoort)
Inspectie	Landelijke standaarden (bijv. RIONED), interne beheerplannen, meldingen en calamiteiten	Materiaal
		Gebruiksfunctie
		Leeftijd
		Object specifieke data (bijv. doelkwaliteit)
Projecten	Beschikbare middelen, inspectieresultaten	Materiaal (gedetailleerd)
		Inspectieresultaten

Tabel 3: Bepaling benodigde data per fase

Wat uit deze tabel naar voren komt is dat de manier waarop een datum wordt bepaald per organisatie kan verschillen, maar dat de data die hiervoor nodig is grotendeels hetzelfde is.

Een belangrijke aantekening hierbij is dat de mate van detail die per strategie gevraagd wordt verschilt. Een leverancier kan op basis van een specifiek betonmengsel een betere technische levensduur opstellen dan als hier enkel bekend is dat iets beton is. In interne beheerplannen wordt meestal geen onderscheid gemaakt tussen betonmengsels (Ruijter de & Messelaar, 2017) dus hier is deze mate van detaillering niet nodig.

Digitale middelen

Het bepalen van het vervangingsjaar van één object is op basis van de bovenstaande tekst niet lastig, maar organisaties kunnen duizenden tot miljoenen objecten binnen hun beheer hebben (Gemeente Enschede , 2019). Het is niet realistisch om deze berekeningen met de hand uit te voeren, maar er bestaan meerdere grote beheerpakketten die dit soort functies aanbieden (Groenestein Beheersoftware, sd). Hiernaast is het voor kleinere arealen ook mogelijk om met behulp van Excel of vergelijkbare programma's een gelimiteerde versie van deze berekeningen uit te voeren.

Circulariteit

Nu we hebben bepaald hoe steeds duidelijker kan worden gemaakt wat de vervangingsdatum van een object is kan dit op grote schaal ingezet worden. Door het in kaart brengen van welke materialen er per jaar beschikbaar komen kunnen nieuwe projecten hierop inspelen. Als een inspectie aangeeft

dat er over 5 tot 7 jaar 200 meter aan stoepranden beschikbaar komt kunnen deze in de ontwerpfase van een nieuw project meegenomen worden.



Figuur 3: Voorbeeld levensduur analyse voor hemelwaterriool

Wat hier echter wel direct duidelijk wordt is dat er in dit nieuwe project vertrouwen moet bestaan dat deze objecten werkelijk beschikbaar komen. Een gebrek of overvloed aan middelen kan zorgen dat materialen eerder of later beschikbaar komen dan in de planning stond, maar als deze materialen noodzakelijk zijn voor nieuwe projecten kunnen er problemen ontstaan. Hiernaast is er een kleine kans dat alle benodigde materialen voor een project vrijkomen, of dat alle vrijkomende materialen nodig zijn. Kleinere organisaties hebben een gelimiteerd aantal projecten dat jaarlijks wordt uitgevoerd, en de kans dat er overlap in materialen is, is vrij klein.

Effectiever bij grotere volumes

Deze problemen kunnen voor een groot deel worden opgevangen door samen te werken met andere organisaties. Wanneer een complete regio met elkaar deelt welke materialen in welke jaren beschikbaar komen is er een grotere kans dat de beschikbaar gestelde materialen een tweede leven krijgen, en dat geschikte circulaire materialen gevonden kunnen worden.

Circulariteit is herhaling

Dit stappenplan is niet iets dat maar één keer uitgevoerd wordt, maar wordt als de kwaliteit van de elementen het toelaat herhaaldelijk uitgevoerd. Dit betekent dat alle gegevens over het object en de gebruikte materialen meegenomen moeten worden bij het bepalen van de nieuwe technische levensduur en vervangingsplanning.



Figuur 4: Waardeketen van onderdelen in een Systeem

Materialen zullen echter ooit in een staat terecht komen dat ze niet meer direct te hergebruiken zijn. Op dit moment zullen ze deze keten verlaten en op element- of grondstofniveau behandeld moeten worden. Hoe dit in zijn werk gaat is te lezen in de volgende hoofdstukken: Waardecreatie elementniveau en Waardecreatie grondstofniveau.

Waardecreatie elementniveau

Een onderwerp binnen de circulaire waardeketen van beton is hoe materiaalstromen op het elementniveau het beste georganiseerd kunnen worden.

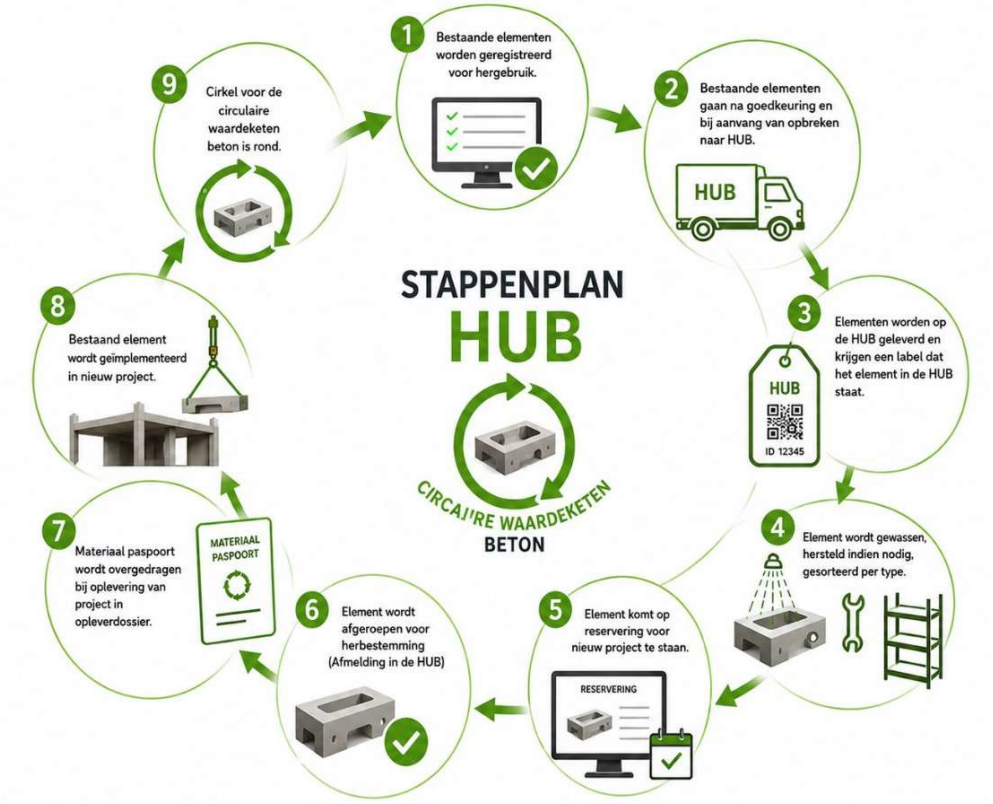
Levenscyclus herbruikbaar betonelement

Binnen de circulaire waardeketen wordt een betonelement niet gezien als afval, maar als een waardevolle grondstof voor toekomstige projecten. Het proces start met een inspectie van bestaande objecten, waarbij wordt beoordeeld of deze technisch geschikt zijn voor hergebruik.

Geschikte objecten worden tijdens het opbreken zorgvuldig verwijderd en naar een HUB gebracht, mocht het niet mogelijk zijn om de elementen direct naar het nieuwe project kunnen. Hier worden de materialen geregistreerd, gelabeld, gereinigd, eventueel hersteld en gesorteerd. Vervolgens worden de objecten opgenomen in de voorraad en kunnen zij worden gereserveerd voor toekomstige projecten.

Wanneer een nieuw project start, worden de gereserveerde materialen uit de HUB geleverd en opnieuw toegepast. De bijbehorende informatie wordt vastgelegd in Materiaalpaspoort, dat bij oplevering wordt overgedragen aan de nieuwe beheerder.

Door deze werkwijze blijven materialen langer in omloop en krijgen betonproducten meerdere levenscycli. Hierdoor worden minder primaire grondstoffen gebruikt, neemt de hoeveelheid afval af en wordt de circulaire waardeketen van beton daadwerkelijk gesloten.



Figuur 5: Waardeketen Element

De inzet van regionale en gemeentelijke HUBS

Een belangrijke vraag binnen de circulaire waardeketen van beton is hoe vrijkomende materiaalstromen het meest effectief kunnen worden georganiseerd. Binnen de huidige ontwikkeling van circulaire bouw- en infraprojecten wordt steeds vaker gesproken over de inzet van HUBS als schakel tussen vrijkomende materialen en nieuwe toepassingen. Hierbij ontstaat een onderscheid tussen gemeentelijke HUBS en regionale HUBS. Beide modellen hebben specifieke voordelen en beperkingen, afhankelijk van het type materiaal, de benodigde verwerkingsstappen, de omvang van projecten en de logistieke afstanden.

Om te bepalen welke HUB-structuur het meest geschikt is, moet worden gekeken naar de verschillende betonstromen die binnen de keten vrijkomen en de manier waarop deze opnieuw kunnen worden ingezet. Daarbij is het van belang om onderscheid te maken tussen direct herbruikbare producten en materialen die eerst een vorm van verwerking of recycling moeten ondergaan.

Gemeentelijke HUBS

Gemeentelijke HUBS richten zich voornamelijk op lokale materiaalstromen binnen één gemeente. Deze HUBS zijn vooral geschikt voor kleinere hoeveelheden betonmateriaal afkomstig uit onderhoudsprojecten, herinrichtingen van de openbare ruimte en lokale sloopwerkzaamheden. De primaire functie van een gemeentelijke HUB is het tijdelijk opslaan, beheren en opnieuw beschikbaar stellen van materialen voor projecten binnen dezelfde gemeente.

Voorbeelden van materiaalstromen die geschikt zijn voor gemeentelijke HUBS zijn:

- Straatstenen;
- Trottoirbanden;
- Betontegels;
- Kleine prefab elementen;
- Licht verontreinigd puin;
- Materialen afkomstig uit klein onderhoud en reconstructies.

Deze materialen hebben als kenmerk dat zij vaak zonder complexe bewerking opnieuw kunnen worden toegepast. Daarnaast zijn de volumes relatief beperkt en vinden vraag en aanbod zich vaak binnen hetzelfde geografische gebied.

Gemeentelijke HUBS bieden verschillende voordelen. Door de korte transportafstanden blijven logistieke kosten beperkt en wordt de uitstoot van CO_2 verminderd. Daarnaast ontstaat er direct inzicht in lokaal beschikbare materialen, waardoor gemeenten en aannemers sneller kunnen inspelen op kansen voor hergebruik. Ook kunnen materialen tijdelijk worden opgeslagen totdat zij binnen een volgend project opnieuw nodig zijn.

Tegenover deze voordelen staan echter ook beperkingen. Gemeentelijke HUBS beschikken vaak over beperkte opslagcapaciteit en verwerken relatief kleine materiaalstromen. Hierdoor zijn hoogwaardige recyclingprocessen minder rendabel en ontbreken vaak specialistische verwerkingsfaciliteiten.

De geschiktheid van gemeentelijke HUBS wordt ondersteund door verschillende praktijkvoorbeelden. Zo heeft de gemeente Haarlem een circulaire grondstoffen hub ontwikkeld waar straatstenen, trottoirbanden en andere herbruikbare materialen uit gemeentelijke projecten worden opgeslagen, gesorteerd en opnieuw beschikbaar worden gemaakt voor toekomstige projecten (Haan, 2024). Ook Bouwkringloop beschrijft hoe lokale bouwkringlopen gemeenten, bedrijven en andere organisaties met elkaar verbinden om materialen langer binnen de regio beschikbaar te houden en verspilling te voorkomen (Bouwkringloop, sd).

Deze voorbeelden laten zien dat gemeentelijke HUBS vooral effectief zijn wanneer materialen zonder uitgebreide bewerking opnieuw kunnen worden toegepast en wanneer vraag en aanbod zich binnen hetzelfde gebied bevinden.

Regionale HUBS

Waar gemeentelijke HUBS zich richten op lokale materiaalstromen, bedienen regionale HUBS meerdere gemeenten tegelijkertijd. Zij functioneren als centrale verzamel, verwerkings- en distributiepunten voor grotere en complexere betonstromen.

Materiaalstromen die bij uitstek geschikt zijn voor regionale HUBS zijn:

- Grote hoeveelheden betonpuin;
- Constructief beton;
- Prefab betonelementen;
- Hoogwaardige secundaire grondstoffen;
- Gerecyclede betonfracties;
- Materialen voor nieuwe circulaire betonproducten.

Deze materialen vereisen vaak specialistische inspecties, kwaliteitscontroles of bewerkingen voordat zij opnieuw kunnen worden ingezet. De benodigde schaalgrootte maakt het lastig om deze activiteiten lokaal te organiseren.

Regionale HUBS bieden belangrijke voordelen. Door grotere volumes te bundelen ontstaan schaalvoordelen in opslag, verwerking en logistiek. Daarnaast kan een hogere kwaliteit van recycling worden gerealiseerd doordat specialistische apparatuur en kennis beschikbaar zijn. Ook wordt de continuïteit van vraag en aanbod vergroot doordat meerdere gemeenten gebruikmaken van dezelfde infrastructuur.

Daar tegenover staan grotere transportafstanden, hogere investeringskosten en een complexere organisatie van eigenaarschap en materiaalbeheer.

Binnen Twente wordt de potentie van regionale HUBS expliciet benoemd. In de onderzoeksopdracht Circulaire Hub Twente wordt aangegeven dat een regionale HUB kan bijdragen aan een betere benutting van vrijkomende materialen en tegelijkertijd ruimte biedt voor kennisuitwisseling tussen ketenpartners (Pioneering, sd). Daarnaast wordt binnen het programma Circulaire Waardeketen van Twente Board gewerkt aan de ontwikkeling van een regionale materialen hub waarin hergebruik van bouw- en inframaterialen centraal staat (Pioneering, 2025).

Ook het Betonakkoord benadrukt dat verduurzaming van de betonketen alleen mogelijk is wanneer voldoende volumes beschikbaar zijn voor hoogwaardige recycling en wanneer intensieve samenwerking plaatsvindt tussen opdrachtgevers, aannemers, producenten en verwerkers (Betonakkoord, sd). Deze voorwaarden sluiten beter aan bij een regionale HUB dan bij afzonderlijke gemeentelijke opslaglocaties.

Een praktijkvoorbeeld hiervan is Grondstoffenbank Agriport. Hier worden grote hoeveelheden betonpuin en bouwafval verwerkt tot grondstoffen zoals granulaat, betonzand en circulaire betonproducten. Dit laat zien dat hoogwaardige recycling afhankelijk is van schaalgrootte, kwaliteitsborging en specialistische verwerking (Grondstoffenbank Agriport, sd)

Gecombineerd HUB-model

Hoewel gemeentelijke en regionale HUBS afzonderlijk waarde toevoegen aan de circulaire betonketen, lijkt een combinatie van beide systemen het meest kansrijk.

In een gecombineerd model fungeren gemeentelijke HUBS als lokale inzamel- en opslagpunten voor direct herbruikbare materialen. Materialen die specialistische verwerking vereisen of waarvoor lokaal onvoldoende vraag bestaat, worden vervolgens doorgezet naar een regionale HUB.

De regionale HUB neemt vervolgens taken op zich zoals:

- Hoogwaardige verwerking;
- Kwaliteitscontrole;
- Certificering;
- Langdurige opslag;
- Her distributie naar nieuwe projecten.

Een dergelijke structuur combineert de voordelen van lokale beschikbaarheid met de voordelen van schaalgrootte. Hierdoor ontstaat:

- Meer inzicht in beschikbare materialen;
- Kortere transportafstanden voor direct herbruikbare producten;
- Hogere kwaliteit van recycling;
- Betere samenwerking tussen ketenpartners;
- Meer continuïteit in vraag en aanbod;
- Hogere hergebruikpercentages van betonproducten.

Deze aanpak sluit aan bij recente circulaire bouwprojecten in Zuid-Holland, waar materialen eerst lokaal worden geoogst en opgeslagen voordat zij via een regionaal netwerk beschikbaar worden gemaakt voor hergebruik in nieuwe projecten (Betonakkoord, 2026).

Materiaalpaspoort

Om hergebruik van betonproducten structureel mogelijk te maken, is betrouwbare informatie over materialen essentieel. Een materiaalpaspoort legt vast welke materialen zijn toegepast, wat hun kwaliteit is, waar zij zich bevinden en welke restwaarde zij vertegenwoordigen. Hierdoor wordt toekomstig hergebruik eenvoudiger en neemt de circulariteit van bouw- en infraprojecten toe (Madaster, sd).

Stappen naar een werkend materiaal paspoort

De ontwikkeling van een materiaalpaspoort kan stapsgewijs worden ingericht:
Betonstromen in kaart brengen – Eerst wordt inzicht verkregen in welke betonproducten vrijkomen, waar zij zich bevinden en wanneer zij beschikbaar komen.
Stakeholders raadplegen – Gemeenten, aannemers, producenten, verwerkers en beheerders worden betrokken om gezamenlijke afspraken te maken.
Data en afspraken vastleggen – Er wordt bepaald welke gegevens minimaal geregistreerd moeten worden, zoals herkomst, kwaliteit, samenstelling en milieuprestaties.
Digitaal systeem inrichten – De gegevens worden opgeslagen in een digitaal systeem waarin materialen traceerbaar en uitwisselbaar zijn.
Pilot in de praktijk – Het materiaalpaspoort wordt getest in een concreet project om de werking en bruikbaarheid te beoordelen.
Brede invoering – Na evaluatie kan het systeem organisatie breed of regionaal worden toegepast.



Figuur 6: Stappenplan voor materieelpaspoort

Meerwaarde van het materiaalpaspoort

Door materialen een digitale identiteit te geven ontstaat inzicht in beschikbare grondstoffen, waardoor materialen minder snel als afval worden beschouwd en langer in omloop blijven. Materialenpaspoorten bevorderen hergebruik op materiaal-, product-, element- en gebouwniveau doordat informatie over kwaliteit, hoeveelheden en toepassingen beschikbaar blijft voor toekomstige projecten.

Daarnaast maken materiaalpaspoorten inzichtelijk welke financiële en circulaire waarde materialen vertegenwoordigen, waardoor restwaarde beter kan worden meegenomen in beheer- en investeringsbeslissingen.

Voorstel voor verbeteringen

Door de volgende verbeteringen door te lopen kan er stapsgewijs tot een beter resultaat worden gekomen.

Duidelijke ambitie en leiderschap - Een succesvolle invoering begint met een gezamenlijke ambitie binnen de hele keten. Daarbij zijn duidelijke regie, eigenaarschap en commitment van alle betrokken partijen noodzakelijk.
Standaardisatie en harmonisatie - Om gegevens uitwisselbaar te maken, moeten uniforme normen, geharmoniseerde datavelden en eenduidige kwaliteitseisen worden afgesproken. Dit voorkomt dat iedere organisatie een eigen systeem ontwikkelt.
Gebruiksvriendelijke digitale oplossing - Het materiaalpaspoort moet eenvoudig in gebruik zijn. Daarom zijn een laagdrempelige invoer, koppelingen met bestaande beheersystemen en een betrouwbare en veilige dataomgeving belangrijk.
Kennis, training en ondersteuning - Naast techniek is ook kennisontwikkeling nodig. Praktische trainingen, ondersteuning en het delen van ervaringen uit pilots helpen organisaties om het materiaalpaspoort daadwerkelijk toe te passen.
Stimuleer en beloon gedrag - Circulair werken vraagt om passende prikkels. Goede voorbeelden kunnen zichtbaar worden gemaakt, samenwerking kan worden beloond en financiële prikkels kunnen hergebruik aantrekkelijker maken.
Monitor, evalueer en verbeter - Tot slot is continue monitoring noodzakelijk. Door prestaties te meten, regelmatig te evalueren en verbeteringen door te voeren, kan het materiaalpaspoort zich verder ontwikkelen en aansluiten op de praktijk.



Figuur 7: Voorstel voor verbeteringen

Waardecreatie grondstofniveau

Naast systeem- en elementniveau wordt in dit hoofdstuk ook gekeken naar het grondstoffenniveau van de betonketen. Hiermee worden kansen voor verdere waardecreatie en het sluiten van de keten inzichtelijk gemaakt.

Waardecreatie binnen de keten

Om de betonketen verder te sluiten, is niet alleen gekeken naar het hergebruik van complete elementen, maar ook naar de mogelijkheden voor hergebruik van grondstoffen binnen de keten. Traditioneel werd het hergebruik van grondstoffen uit beton beschouwd als laagwaardig hergebruik. Dit komt doordat het oorspronkelijke product wordt gedegradeerd naar een toepassing met een lagere functionele waarde. Een veelvoorkomend voorbeeld hiervan is het gebruik van gebroken betongranulaat als puinfundering in weg- en infrastructuurprojecten.

De reden dat dit voorheen als laagwaardig hergebruik werd gezien, ligt in de beperkte mogelijkheden om de vrijgekomen materialen opnieuw in te zetten voor de productie van nieuw beton. Voor het vervaardigen van een nieuw betonmengsel waren namelijk nog aanzienlijke hoeveelheden primaire grondstoffen nodig, zoals nieuwe toeslagmaterialen, vulstoffen en cement. Hierdoor bleef de bijdrage van gerecyclede materialen beperkt. Met de ontwikkeling van cementloos beton ontstonden nieuwe mogelijkheden voor het hergebruik van betongranulaat en aanwezige vulstoffen in nieuwe betonproducten. Hoewel dit een belangrijke stap was richting een circulaire betonketen, werd deze toepassing nog niet volledig beschouwd als hoogwaardig hergebruik, omdat nog niet alle oorspronkelijke materiaaleigenschappen konden worden behouden. In de afgelopen jaren hebben diverse technologische ontwikkelingen plaatsgevonden op het gebied van betonrecycling. Ondanks deze vooruitgang waren de technieken lange tijd economisch onvoldoende aantrekkelijk om op grote schaal toe te passen.

Recente ontwikkelingen binnen de markt laten echter zien dat hoogwaardige recycling van beton steeds beter haalbaar wordt. Zo heeft Renewi (Duurzaam-ondernemen, 2026) een innovatieve verwerkingsmethode ontwikkeld waarbij beton op een dusdanige wijze wordt gebroken dat de reactieve vulstoffen en waardevolle bestanddelen behouden blijven. Hierdoor kan betonpuin worden omgezet in hoogwaardige circulaire grondstoffen die primaire materialen, zoals zand, grind, cement en reactieve vulstoffen, gedeeltelijk kunnen vervangen. Deze ontwikkeling draagt bij aan het verder sluiten van de betonketen en biedt tegelijkertijd aanzienlijke mogelijkheden voor het verminderen van de CO_2-uitstoot binnen de bouw- en infrasector. Uit onderzoek van Walter Speelman, Manager Technology & Sustainability bij Renewi, blijkt dat deze ontwikkeling een belangrijke bijdrage kan leveren aan het verminderen van de vraag naar primaire grondstoffen. In het onderzoek wordt voorspeld dat de vraag naar zandwinning met circa 24% en naar grindwinning met circa 44% kan afnemen.

Een volledige vervanging van primaire grondstoffen is echter niet mogelijk. Dit komt doordat de hoeveelheid nieuw geproduceerd beton groter is dan de hoeveelheid beton die jaarlijks vrijkomt uit bestaande constructies. Uit eerder onderzoek blijkt dat jaarlijks ongeveer 300.000 ton beton vrijkomt, terwijl de jaarlijkse productie circa 800.000 ton bedraagt. Hierdoor blijft er een tekort van ongeveer 500.000 ton aan grondstoffen bestaan dat met primaire materialen moet worden aangevuld om aan de vraag vanuit de keten te voldoen.

Inzicht in huidige keten

In De betonketen in Twente bestaat uit verschillende partijen, zoals betoncentrales, prefab-producenten, grondstoffenleveranciers, sloopbedrijven, recyclingbedrijven, aannemers en publieke opdrachtgevers. Regionale partijen, waaronder Betoncentrale Twente, Orion Beton en Rouwmaat, leveren betonproducten en grondstoffen voor bouw- en infraprojecten. Via Betonketen Twente werken organisaties samen aan kennisdeling, innovatie en verduurzaming van beton. Gemeenten stimuleren deze ontwikkeling door duurzaamheidseisen op te nemen in aanbestedingen. Hierdoor groeit de vraag naar circulaire betonproducten.

Binnen de huidige betonketen worden voornamelijk de eerste drie niveaus van waardecreatie toegepast. Betonpuin wordt hierbij vooral ingezet als funderingsmateriaal, granulaat of als secundaire grondstof voor nieuwe toepassingen. Hoewel deze vormen van hergebruik bijdragen aan het verminderen van het gebruik van primaire grondstoffen, is er veelal sprake van laagwaardig of gelijkwaardig hergebruik. De hogere niveaus van circulariteit, waarbij beton wordt teruggebracht naar oorspronkelijke grondstoffen voor de productie van nieuw beton, bevinden zich nog grotendeels in de ontwikkel- en opschalingsfase.

De huidige keten kent daardoor nog diverse knelpunten. Cementproductie veroorzaakt veel CO_2-uitstoot en hoogwaardig hergebruik vraagt om voldoende secundaire grondstoffen, betrouwbare kwaliteitsinformatie en een efficiënte logistieke inrichting. Daarnaast zijn prijs, regelgeving, certificering en de eisen van opdrachtgevers bepalend voor de marktacceptatie van circulaire betonoplossingen. De keten bevindt zich daarmee in een overgangsfase: er wordt gewerkt aan CO_2-reductie, hergebruik en innovatie, maar verdere samenwerking, opschaling van hoogwaardige recycling en duidelijke randvoorwaarden blijven noodzakelijk om de keten verder te sluiten.

Ideale situatie van de grondstof keten

Omdat in de keten ook veel producten als afkeur beschouwd worden voor de waardeketen is in onderstaande weergave de oplossing samengevat voor het hergebruik van een afgekeurd element. Op deze manier worden de grondstoffen teruggebracht inde keten zonder verlies van materialen. Dit komt ook mede door de innovatie van het niveau 5 in de waarde ladder van het betonakkoord.

Stappenplan:
1: Bestaande objecten worden geïnspecteerd voor hergebruik. (Voldoet niet).
2: Bestaande objecten worden na afkeuring verkocht aan een breker om gebroken te worden tot grondstofmateriaal.
3: Objecten zijn opgebroken tot grondstofmateriaal en worden gesorteerd in de verschillende fracties, zand grind en beton.
4: De vrijgekomen grondstoffen worden hergebruikt in een nieuw betonmengsel (met lagere MKI-waarde als nieuwe geleverde grondstoffen (min 40% MKI reductie)).
5: Productie van het nieuwe object met hergebruikte materialen.
6: Nieuw object wordt ingekocht en vervoerd naar project.
7: Object wordt geleverd en aangebracht in het nieuwe project.
8: Cirkel voor de circulaire waardeketen beton is rond.



Figuur 8: Waardeketen grondstof

Stimuleren van waardecreatie binnen de regio

Door het onderwerp te benaderen vanuit een duidelijke waarde propositie wordt het aantrekkelijker voor bedrijven om actief deel te nemen aan circulaire oplossingen binnen de betonketen. Wanneer aantoonbare CO_2-besparing ten opzichte van een nieuw geproduceerd alternatief wordt gekoppeld aan een financiële prikkel, zoals subsidie of een prestatievergoeding, ontstaat er een concreet economisch voordeel. Hierdoor wordt het voor aannemers, producenten en opdrachtgevers interessanter om bestaande betonproducten zorgvuldig te demonteren, te inspecteren, te certificeren en opnieuw toe te passen in nieuwe projecten. De waarde zit daarmee niet alleen in het verminderen van milieubelasting, maar ook in het behoud van materiaalwaarde en het verlagen van kosten binnen de keten.

Daarnaast stimuleert dit model het toepassen van modulair ontwerp, omdat producten die eenvoudiger demontabel en herbruikbaar zijn in de toekomst een hogere restwaarde kunnen behouden. Op die manier ontstaat er een marktprikkel die zowel hergebruik van bestaande betonproducten als toekomstbestendig ontwerpen bevordert.

Waar zit de waarde propositie:
Aannemerij:
- Lagere aanschafkosten van een betonproduct
- Subsidies op hergebruik
- Betere MKI-scores op een betonproduct als we kijken naar de levenscyclus van het product.
- Hogere kant op gunning bij inschrijvingen van duurzame aanbestedingen

Overheid:
- Lagere $C0_2$ uitstoot (in het kader van klimaat)
- Minder primaire grondstoffen nodig
- Minder betonafval

Eigenaren van vrijkomende producten:
- Restwaarde van bestaand product wordt opgewaardeerd
- Vermindering van sloopkosten

Waardepropositie mechanisme

Om een waarde propositie mechanisme op te stellen moet aan de betonproducten een equivalent gekoppeld worden. Deze vergelijken we vervolgens met het nieuw te maken product. Hieruit volgt een $C0_2$ reductie. Deze reducties bij elkaar optellen aan het eind van een project kom je tot een subsidieformule. Die geldt als volgt:

(Uitstoot $C0_{2\ nieuw}$ – Uitstoot $C0_{2\ besparing}$ = reductie $^{(in\ tonnen)}$)

Als we een prijs per ton voor reductie opstellen krijgen we als volgt:

(Reductie $^{(in\ tonnen}$ * €/ton R = waarde propositie)

Als we dan kijken naar 1 op 1 hergebruik (ultiem hoogwaardig), middelwaardig hergebruik, en laagwaardig hergebruik, dus degradatie van het materiaal zijn hier ook cijfers aan te koppelen. Om de stimulans voor het hergebruik zo hoog mogelijk te maken passen we factoren toe bij het hergebruik van betonproducten. Voorbeeld hiervan is:

- Ultiem hoogwaardig hergebruik: Factor 1,5 (Bonus op functiebewaring)
- Hoogwaardig hergebruik: Factor 1.2 (Bonus op functiebewaring)
- Middelwaardig hergebruik: Factor 1
- Laagwaardig hergebruik Factor 1

Als we hier praktische voorbeelden van gebruiken zien we het volgende:
Ultiem hoogwaardig hergebruik: Keerwand (bij 1 keerwand)

(Uitstoot $C0_{2\ nieuw}$ – Uitstoot $C0_{2\ besparing}$ = reductie $^{(in\ tonnen)}$)
450 kg $C0_2$ - 30 kg $C0_2$ = 420 kg $C0_2$

(Factor * reductie $^{(in\ tonnen}$ * €/ton R = Waardecreatie)
1.5* 0.42g $C0_2$ * €150,00/ton = €94,50

Lokaal of regionaal hergebruik

Transport heeft veel invloed op emissies. Daarom is niet alleen hergebruik belangrijk, maar ook de afstand waarover betonproducten worden vervoerd. Hoe dichter bij de bron een product opnieuw wordt toegepast, hoe groter de milieuwinst. Deze afstand kan als extra factor in de formule worden meegenomen.

- < 10 km + factor 1,3
- < 25 km + factor 1,2
- < 50 km + factor 1,1
- > 50km = factor 1,0

Als volgt krijgen we dan in de formule bij hergebruik binnen 10 km van huidige werkzaamheden

(Regionaal factor * Uitstoot $C0_{2\ nieuw}$ – Uitstoot $C0_{2\ besparing}$ = reductie $^{(in\ tonnen)}$)
1.3 * 450 kg $C0_2$ - 30 kg $C0_2$ = 550 kg C

MKI

Als we kijken naar een circulaire keten willen we niet alleen zoveel mogelijk producten hergebruiken, maar ook zoveel mogelijk voorafgaande uitstoot reduceren. Als we dan kijken naar MKI van hergebruikte producten neemt dat het volgende af voorafgaan aan het produceren van beton:

- Winning van zand en grind 1 – 5%
- Transport van grondstoffen 2 – 10%
- Productie van cement. 50 – 80 %
- Betonfabricage 5 – 15 %
- Wapeningstaal 10 – 25%

Als wij dit op basis van een product bekijken zien we het volgende:
Onderstaande tabel is op basis van keerwand (fictief) met een MKI van €100,00

Nieuw	MKI-aspect	MKI	Hergebruik	MKI-aspect	MKI
	Cement	€65,00		Demonteren	€8,00
	Wapening	€15,00		Inspecteren	€2,00
	Productie	€10,00		Transport	€10,00
	Transport	€5,00		Herplaatsing	€5,00
	Grondstof	€5,00			
	Totaal	€100,00		Totaal	€25,00

Tabel 4: MKI-score op basis van keerwand

Uit de tabel blijkt dat een herbruikbaar product ongeveer 75% van de MKI-score wegneemt ten opzichte van een nieuw product. In samenhang met de uitstoot van C02 zien we dan ook dat er minder productie van nieuw cement en beton nodig is maar ook een lagere score op milieukosten over de levenscyclus van het product.

EMVI

Als we dan kijken naar wat hierin de innovatie kans is, zien we dat er mogelijkheden zijn voor een Certificaat voor $C0_2$ besparing en milieuaspecten. Dit kan inzetbaar kan zijn bij aanbestedingen, als voorbeeld een referentie project als toelating voor aanbestedingen.

Ook kan het opgenomen worden in het kader van het aanbestedingsmodel (EMVI-plannen). Momenteel zien we steeds vaker de inzet van duurzaam materieel, waarbij scores aan het materieel wordt gehangen om de percentage korting er gegeven wordt bij EMVI-plannen.

Voorbeeld:
Minimaal 30% van de toegepaste betonproducten dient te bestaan uit gecertificeerde hergebruikte elementen, tenzij aantoonbaar geen beschikbaar alternatief aanwezig is.
Extra EMVI-punten:

- 20% hergebruik = bonus
- 40% hergebruik = extra bonus
- 60% hergebruik = maximale score

Businessmodel

Als vervolgens alle punten op een rij staan komen we tot het volgende waarde propositie mechanisme binnen de circulaire waardeketen beton, waarbij vanaf systeem, element tot grondstof wordt gekeken naar het verlengen en verduurzamen van de levenscyclus van een betonproduct.

Als er daarbij gekeken wordt naar de werking op de markt zien we op het moment dat voor het hergebruik van beton een waarde propositie mechanisme wordt toegepast, gaan bedrijven op een andere manier naar de betonsector kijken en handelen. Het mechanisme maakt inzichtelijk waar de economische, duurzame en maatschappelijke waarde van hergebruik ligt. Hierdoor wordt het voor betrokken partijen aantrekkelijker om aandacht te besteden aan modulair ontwerpen, selectieve demontage van bestaande objecten en het opnieuw toepassen van vrijkomende betonproducten. Eigenaren van bestaande betonproducten gaan deze materialen niet langer alleen zien als afval of sloopmateriaal, maar als producten met restwaarde en potentieel voor waardecreatie. Aannemers kunnen hierdoor eerder inspelen op duurzame werkzaamheden en circulaire oplossingen meenemen in hun projectaanpak.



Figuur 9: Waardecreatie mechanisme tijdens project

Daarnaast stimuleert dit mechanisme de ontwikkeling van systeemproducten die eenvoudiger te demonteren, te certificeren en opnieuw toe te passen zijn. Voor overheden biedt het waarde propositie mechanisme de mogelijkheid om aantoonbaar bij te dragen aan klimaatdoelen, circulariteitsdoelen en emissiereductie binnen de bouwsector.

Met dit advies kan worden aangetoond hoe het lineaire model van slopen en vervangen kan verschuiven naar een circulair model. Betonproducten krijgen hierdoor een tweede, derde of zelfs vierde levenscyclus. Het waarde propositie mechanisme dient daarbij als tijdelijke marktversneller, totdat hoogwaardig hergebruik economisch kan concurreren met nieuwbouw.

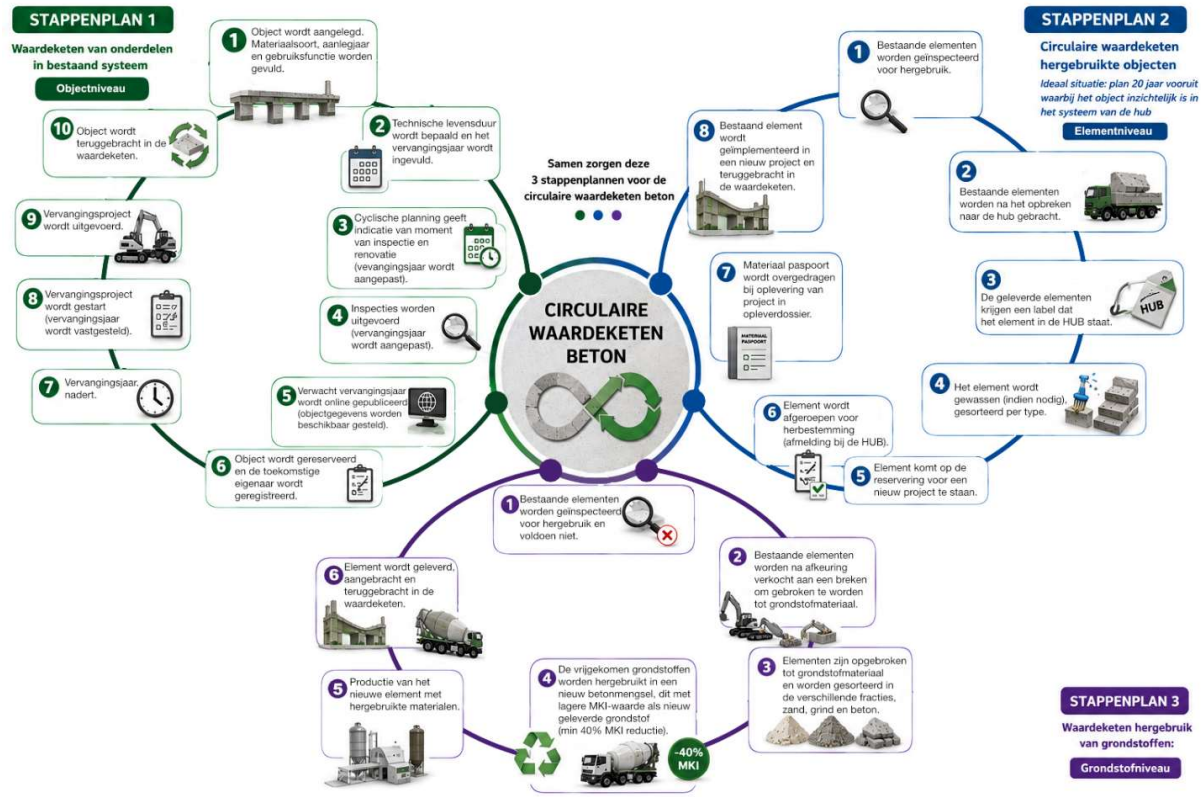
Conclusie: Hoogwaardige recycling is een grote stap vooruit ten opzichte van downcycling, maar direct hergebruik van complete betonproducten levert de hoogste MKI-reductie, de grootste CO_2-besparing en het hoogste behoud van economische waarde op.

Samenvoeging van niveaus

De circulaire waardeketen van beton bestaat uit drie samenhangende processen die gezamenlijk zorgen voor het behoud van materialen en grondstoffen binnen de keten. Waar de voorgaande paragrafen de stappenplannen afzonderlijk hebben behandeld, laat Figuur 10: Samengevoegde circulaire waardeketen van beton, zien hoe deze processen elkaar versterken en samen een sluitend circulair systeem vormen.

Het proces begint bij bestaande objecten, die worden geregistreerd, geïnspecteerd en opgenomen in de meerjarenplanning. Wanneer materialen vrijkomen, wordt beoordeeld of deze geschikt zijn voor direct hergebruik. Geschikte elementen worden via een HUB opgeslagen, gecontroleerd en gekoppeld aan nieuwe projecten, waarbij een materiaalpaspoort zorgt voor inzicht in kwaliteit, herkomst en beschikbaarheid. Elementen die niet geschikt zijn voor direct hergebruik worden verwerkt tot secundaire grondstoffen, die vervolgens kunnen worden toegepast in nieuwe betonproducten.

De combinatie van deze drie stappenplannen zorgt ervoor dat zowel objecten, elementen als grondstoffen zo lang mogelijk binnen de circulaire waardeketen behouden blijven. Hierdoor wordt het gebruik van primaire grondstoffen verminderd, neemt de hoeveelheid afval af en ontstaat een toekomstbestendig systeem waarin betonproducten meerdere levenscycli kunnen doorlopen. Deze integrale aanpak vormt de basis voor een volledig sluitende circulaire waardeketen voor beton.



Figuur 10: Samengevoegde circulaire waardeketen van beton

Conclusie en aanbevelingen

De belangrijkste conclusie van dit onderzoek is dat het hoogwaardig hergebruik van betonproducten haalbaar is, maar alleen als het vroeg in het proces wordt georganiseerd. Het vraagt om een combinatie van 4 voorwaarden: planning, data, logistiek en samenwerking. Pas wanneer deze onderdelen op elkaar aansluiten, ontstaat er een werkbare circulair waardeketen.

Onze aanbeveling is om op verschillende niveaus naar hergebruik en de verschillende gereedschappen zoals de R-ladder te kijken. Zowel op objectniveau, elementniveau en grondstofniveau is winst te behalen, en juist door deze niveaus gezamenlijk te beschouwen wordt het mogelijk om de keten te sluiten.

Op objectniveau moet bij aanleg van een object al ingeschat worden op welk moment de elementen waaruit dit object bestaat weer beschikbaar komen. Deze informatie moet op basis van verschillende strategieën geüpdatet worden, en de informatie hierover moet zowel intern als extern beschikbaar zijn. Dit zorgt dat organisaties vrijkomend materiaal kunnen reserveren om toe te passen in nieuwe objecten.

Op elementniveau moet vrijkomend materiaal verplaatst, gekeurd en opgeslagen worden. Dit vereist fysieke oplossingen zoals lokale en regionale hubs, maar ook standaardisatie op het gebied van materiaalpaspoorten. Wanneer organisaties materialen en gegevens gaan uitwisselen is het van belang om met dezelfde taal over de kwaliteit van elementen te kunnen spreken.

Op grondstofniveau is het mogelijk om elementen die niet hergebruikt kunnen worden terug te brengen naar secundaire grondstoffen die vervolgens tot nieuwe elementen gemaakt kunnen worden. Dit levert minder winst op dan het direct hergebruik van een element maar is een passende oplossing voor elementen die zich hier niet voor lenen. Dit maakt het ook mogelijk een laagwaardig hergebruikt product weer hoogwaardig terug te brengen in de keten.

Als concrete vervolgstap adviseren wij aan gemeentelijke organisaties om aan de slag te gaan met het stappenplan op objectniveau. Elke gemeente zou op basis van materiaal en gebruiksfunctie voor een groot deel van het areaal een inschatting moeten kunnen maken van wanneer dit vrijkomt. In een samenwerkingsverband zou dan onderzocht moeten worden op welke manier deze informatie gedeeld kan worden, en welke informatie deelbaar is.

Verder willen wij in het volgende hoofdstuk een aantal potentiële vervolgonderzoeken voorleggen. In dit onderzoek worden een paar punten in hoofdlijnen aangestipt die in de praktijk een concretere uitwerking nodig hebben dan ze in dit rapport hebben gekregen.

Suggesties voor vervolgonderzoek

De in dit rapport beschreven sluiting van de keten vereist praktische en organisatorische aanpassingen om te worden gerealiseerd. Wij raden daarom aan vervolgonderzoek te verrichten.

Hoe kan het delen van planningsinformatie tussen overheidsorganisaties mogelijk gemaakt en gestimuleerd worden?

Voor het delen van planningsinformatie zou gebruik gemaakt kunnen worden van een digitaal platform. Het beste zou zijn dat dit platform gekoppeld kan worden aan het digitale systeem van de hubs. De planningsinformatie moet volgens een standaard worden vastgelegd. Door het standaardiseren van de planningsinformatie wordt uitwisselen van informatie makkelijker gemaakt en het moet verwarring voorkomen.

Hiernaast moet aan de organisatorische kant uitgezocht worden hoe organisaties gestimuleerd kunnen worden deze informatie uit te wisselen. Inschattingen en planningen komen niet altijd overeen met de realiteit, en organisaties zullen geen informatie willen delen als ze klachten kunnen krijgen over de betrouwbaarheid van deze informatie.

Hoe kan de kwaliteit van circulair materiaal gestandaardiseerd worden?

Er zijn een hoop verschillende materialen en manieren waarop elementen kunnen afwijken van de originele staat. Als er bij ontwerp rekening gehouden moet worden met circulaire materialen moet er echter wel een manier zijn om de kwaliteit van het materiaal te bepalen, en te vatten in een taal die elke organisatie op dezelfde manier interpreteert.

Een aantal aandachtspunten zijn onder andere dat er veel soorten bouwmateriaal bestaan, of de kwaliteit per individueel element of per groep bepaald moet worden, en of deze vraag naar een gezamenlijke taal relevant is in het geval van lokale of regionale samenwerkingsverbanden.

Hoe kan een regionaal depot het beste ingericht worden?

Een regionaal depot is een plek waar materialen en kennis van verschillende organisaties bijeen komen en waar ook meerdere organisaties uit kunnen putten. Hierbij moeten keuzes gemaakt worden over onder andere welke de soorten materiaal die hier verwerkt kunnen worden, hoe de logistiek wordt ingericht, waar het eigenaarschap ligt en hoe de interactie tussen het depot en de organisaties plaatsvindt.

Hoe kan er binnen organisaties beter integraal samengewerkt worden?

Binnen gemeentes zijn er vaak aparte beheerders voor verschillende groepen objecten. Dit betekent dat er aparte budgethouders voor wegen, bomen en riolering kunnen zijn. Voor deze verschillende groepen objecten gelden verschillende prioriteiten, en de data kan verspreid staan in verschillende databronnen.

Dit zorgt dat het zelfs binnen een organisatie lastig kan zijn een gezamenlijke planning op te stellen en deze te volgen, wat vervolgens ook gevolgen heeft voor eventuele samenwerking. Er zou onderzocht moeten worden of dit probleem daadwerkelijk in de regio speelt, en hoe dit aangepakt zou moeten worden.

Welke gedragsverandering strategieën werken het beste om aannemers, ontwikkelaars en leveranciers structureel bij circulaire inkoop te betrekken?

Overheden kunnen wel plannen, maar de uitvoering light bij de private partijen die vaak gewend zijn aan lineaire processen.

Een aantal onderzoeksvragen zouden kunnen zijn:

- Hoe kunnen beoordelingscriteria in aanbestedingen worden aangepast om circulaire keuzenstructuren te belonen zonder prijsdruk te verhogen?
- Welke kennisdeling, pilotprojecten, etc. leiden tot daadwerkelijke marktadaptie?
- Op welke manier kan de rol van de “circulaire adviseur” of “materiaal manager” binnen de opdrachtgevers en aannemers worden geïmplementeerd?

Hoe kunnen milieueffecten van gesloten materiaalstromen eenduidig worden gemeten en gekoppeld aan gemeentelijke duurzaamheidsdoelstellingen?

Zonder gestandaardiseerde impact metrics blijft de meerwaarde van ketensluiting lastig te onderbouwen voor bestuurders.

Een aantal onderzoeksvragen zouden kunnen zijn:

- Welke LCA-methode of indicator sluit het beste aan bij lokale rapportagekaders (bijv. CO2-besparing, grondstofbesparing en /of circulariteitsindex).
- Hoe kunnen meetresultaten worden vertaald worden vertaald naar bestuurlijke KPI’s en jaarverslagen zonder overbelasting van uitvoeringsorganisaties?
- Op welke manier kan monitoring van materiaal stromen worden geautomatiseerd door koppeling met bestaande registraties (BAG, ROM, GEMMA)?

Bibliografie

Betonakkoord. (2026, Februari 6). *Publieke en private opdrachtgevers in Zuid-Holland gaan beton en staal circulair maken*. Opgehaald van Betonakkoord: https://www.betonakkoord.nl/2026/02/06/publieke-en-private-opdrachtgevers-in-zuid-holland-gaan-beton-en-staal-in-de-bu-sector-circulair-maken/

Betonakkoord. (sd). *Het betonakkoord*. Opgehaald van https://www.betonakkoord.nl/het-betonakkoord/

Bouwkringloop. (sd). *Bouwkringloop*. Opgehaald van https://www.bouwkringloop.nl

DuSpot. (2026). *Circulair bouwen begint bij DuSpot*. Opgehaald van https://www.duspot.nl/

Duurzaam-ondernemen. (2026, Mei 26). *Doorbraak voor hoogwaardige recycling in de bouw*. Opgehaald van https://www.duurzaam-ondernemen.nl/doorbraak-voor-hoogwaardige-recycling-in-de-bouw/?utm_source

Gemeente Enschede . (2019). *Wegenbeleidsplan Enschede 2020 - 2023*. Gemeente Enschede.

Gemeente Enschede . (sd). *Klimaatadaptatie*. Opgehaald van Enschede: https://www.enschede.nl/klimaatadaptatie

Groenestein Beheersoftware. (sd). *Software voor het beheren van wegen en verhardingen* . Opgehaald van GBOR: https://gbor.nl/wegbeheer.html

Grondstoffenbank Agriport. (sd). *Van afval naar grond- en bouwstoffen*. Opgehaald van https://grondstoffenbankagriport.nl

Haan, H. d. (2024, September 26). *Gemeente Haarlem bouwt hub voor circulaire bouwmaterialen*. Opgehaald van Bouwproducten: https://bouwproducten.nl/artikelen/gemeente-haarlem-bouwt-hub-voor-circulaire-bouwmaterialen

Kennisbank CROW. (2018, Juli 25). *Beheersystematiek openbare ruimte* . Opgehaald van https://kennisbank.crow.nl/public/gastgebruiker/OR/Beheersystematiek_openbare_ruimte/9.5_Onderhoudscycli_en_LTAP/63169

Leidschendam - Voorburg. (sd). *Projectenboek - leidenschendam centrul*. https://projectenboek.lv.nl/p1126/leidschendam-centrum.

Madaster. (sd). *Madaster*. Opgehaald van https://madaster.nl/madaster-materialenpaspoort/

Mobilis | TBI. (2021). *Viaductbehout - SBIR oproep Circulaire viaducten, Rijkswaterstaat*.

Niël, E., Hardon, J., Schayk van, L., & Manders-Maanders, E. (1991). *Levensduurcatalogus van bouwdelen en bouwmaterialen: empirische gegevens*. Opgehaald van https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/4290582/388135.pdf

Pioneering. (2025). *Circulaire Waardeketens*. Opgehaald van https://pioneering.nl/initiatieven/circulaire-waardeketens/

Pioneering. (sd). *Onderzoeksopdracht Circulaire Hub Twente*. Opgehaald van https://pioneering.nl

Rijksoverheid. (sd). *Nationaal Programma Circulaire Economie 2025*. Opgehaald van https://www.rijksoverheid.nl/documenten/2025/10/13/bijlage-1-bij-kamerbrief-nationaal-programma-circulaire-economie-2025

Ruijter de, J., & Messelaar, J. (2017). *Gemeentelijk Rioleringsplan 2018-2022 - Hoofdplan*.

TenderNed. (sd). *Vervanging riolering Kolenbergstraat* . https://www.tenderned.nl/aankondigingen/overzicht/422337.

Wateropleidingen. (2025). *Onderzoek en toestandsbeoordeling van riolering*. Wateropleidingen.

Bijlagen

Bijlage 1 – Uitgevoerde interviews

Totaaldocument: Interviews Circulair Beton

Wat betekent voor jullie het sluiten van de betonketen?

- **Van de Bosch Beton:** Het volledig sluiten van de betonketen is volgens Den Bosch nu nog niet mogelijk. Het is nu nog vrijwel onmogelijk om beton zonder kwaliteitsverlies te hergebruiken.
- **Gemeente Oldenzaal:** Marnik geeft aan dat circulair voor Oldenzaal betekent dat dingen zo circulair mogelijk moeten zijn. Een volledig circulaire economie zoals geplanned voor 2050 is naar zijn idee een grote uitdaging.
- **Gemeente Enschede:** *Geen directe definitie gegeven in de tekst.*
- Dusseldorp: Wat is 100% de keten sluiten? Het is dom om iets weg te gooien wat je kunt het gebruiken. Kijken wat er ligt en wat hergebruikt kan worden. Bijvoorbeeld een straat vol klinkers wat beschikbaar is.
- **TKI Dinalog:** Überhaupt inzicht krijgen in de betonketen van Twente is al enorm waardevol en lastig. Op termijn is het niet ondenkbaar dat materialen op raken. Dit besef speelt nog niet bij iedereen, maar als dit duidelijker wordt zal er ook meer gedaan worden. Op dat moment is het fijn als de contacten al bestaan.

Wat wordt er door jullie beschouwd als hoogwaardig?

- **Van de Bosch Beton:** Cement productie produceert veel Co2 en wordt nu door hen door Geopolymeer vervangen. Geopolymeer kun je breken en weer hergebruiken. Het is nog niet 100% recycling, meer ~80% want er moet weer zand en stenen bij. Maar het is wel beter dan cement.
- **Gemeente Oldenzaal:** *Geen directe input.*
- **Gemeente Enschede:** Vergruizen is niet per se hoogwaardig, maar wel het meest hoogwaardig wat af en toe mogelijk is. Zeker wegens huidig gebrek aan depot.
- **Dusseldorp:** *Geen directe input.*
- **TKI Dinalog:** *Geen directe input.*

Waarom is de vorige casus die succesvol was gestopt? – Alleen van toepassing bij Enschede

- **Van de Bosch Beton:** *Niet van toepassing/ geen input.*
- **Gemeente Oldenzaal:** *Niet van toepassing/ geen input.*
- **Gemeente Enschede:** Projectleiders willen niet betoncontract. Organisatie is niet goed georganiseerd. Projectleiders zijn ook toezichthouders en directievoerders. Projectleiders schrijven slechte bestekken. Fouten van de verantwoordelijken worden zichtbaar. Vanaf het begin liep het al niet lekker gegaan. Evaluatierapport is gestuurd naar Brian. Wegens lange contracten met leveranciers wordt niet alles wat bij 2R wordt aangeleverd ook daadwerkelijk hergebruikt. (Opmerking uit Van de Bosch Beton over dit betoncontract: Via de gemeente werd het materiaal (beton) ingekocht bij Het is vastgelopen op wanneer het materiaal besteld moet worden, hier zou het opgeklapt zijn).
- **Dusseldorp:** *Niet van toepassing/ geen input.*
- **TKI Dinalog:** *Niet van toepassing/ geen input.*

Realistisch potentieel om beton te sluiten (datagedreven, kijken wat er beschikbaar is)

- **Van de Bosch Beton:** In gesprek met de gemeente Losse. Al het gestorte infra puin gaat naar 2R recycling betongranulaat 48 van. Al het beton gaat naar 2R en wordt daar gerycled. Maar wat er met al dat andere beton gebeurt met beton door de aanemers, kan nog steeds door de aannemer bepaald worden. Wat doen de beton centrales uberhaubt waar komt het vandaan en waar gaat het naar toe?
- **Gemeente Oldenzaal:** De gemeente heeft de data van de objecten redelijk goed op orde. Ze maken gebruik van een BOR-systeem waarin de verschillende objecten en materialen worden geregistreerd, en er bestaat een meerjarenplanning waardoor er vaak 5-10 jaar van tevoren bekend is welke projecten er gaan lopen. Er wordt op dit moment nog geen rekening gehouden met de materialen die dan beschikbaar komen, maar Marnik geeft aan dat dit makkelijk zou kunnen zodra dit relevant wordt.
- **Gemeente Enschede:** In rapport exact duidelijk hoeveel beton exact is afgevoerd naar 2R. Dat was wel een positief resultaat van het betoncontract. Daar wordt nu ook een nieuwe afspraak voor opgesteld. Duspot realistisch voor waardeketen beton: Trekken aan een dood paard. Voor 2 jaar financiering geregeld en geïmplementeerd. Erg lastig te implementeren. Iedereen zet dingen erop, niemand haalt dingen er af, want er wordt pas op gekeken als het bestek klaar is. Moet zo vroeg in het proces mogelijk gebruik worden, en verplicht worden. Grote vraag of je binnen tijdsbestek de materialen kan vinden.
- **Dusseldorp:** De opdrachtgever weten vaak niet wat er ligt, hoelang, status en uitstoot. Verplicht stellen dat totaal verbruik van het beton bij te houden in een algemene database. Inventarisatie: wat heb ik? (Assetmanagement niveau) ArcGis. Bijhouden van informatie van bijvoorbeeld de riolering. Je wilt zo veel mogelijk doen met het beschikbare geld door slim met de data om te gaan. Beoordeling: wat? Hoeveel? Kleur? Kwaliteit? Je kunt het Co2 verbruik berekenen. Hierdoor weet je wat je bespaart op nieuwe producten. Validatie: heeft het zin gehad? Klopt het? Is alles uiteindelijk wel hergebruikt?
- **TKI Dinalog:** Er is niet inzichtelijk welk materiaal er op welk moment beschikbaar komt. Wat er ligt is vaak wel bekend bij de eigenaar zelf, maar landelijk beschikbare data zoals de BGT is vaak niet gedetailleerd genoeg, en de elke eigenaar heeft gegevens op een andere manier opgeslagen, er wordt te weinig gebruik gemaakt van standaarden. Naast het wat is ook de hoeveelheid materiaal relevant. Zorg dat je een beeld hebt van de hoeveelheid materiaal die je moet verwerken.

Wat betekent de keten sluiten voor de werkgroep? Is het einddoel dat 100% herbruikt wordt? Hoeveel materiaal mag de regio in? – Alleen van toepassing voor werkgroep pioneering.
Dit specifieke onderdeel is niet direct beantwoord door de geïnterviewde partijen buiten de algemene opmerkingen over circulariteit.

Welke rol ziet u voor jullie in de overgang van de waardeketen?

- **Van de Bosch Beton:** Het is aan de gemeente om te zorgen dat alles vloed verloopt. Voor het beton bedrijf is het hergebruik negatief. Kosten nu meer hogere

kosten voor hergebruikt beton en het opnieuw maken van beton. Er moet een goede reden te zijn om te beginnen met het hergebruiken.

- **Gemeente Oldenzaal:** Marnik geeft aan dat dit een regelmatig terugkerend thema is; Oldenzaal is een kleine gemeente met gelimiteerde middelen, dus het is niet realistisch om voor circulariteit zelf veel op te zetten. Ook zijn ze een relatief kleine klant voor leveranciers, wat het lastig maakt om volledig eigen eisen op te stellen en uitgevoerd te krijgen. Wat hier ook meespeelt is dat ze als gemeente niet makkelijk een afspraak met een enkele aannemer kunnen maken over circulariteit omdat aanbestedingen etc. openbaar moeten zijn.
- **Gemeente Enschede:** Innovatiemanager – brug slaan tussen beleid en uitvoering. Komt vanuit techniek. Sommige dingen moeten, maar daarin staat niet hoe dat gedaan moet worden. Soms vragen vanuit de praktijk over hoe beleid vertaald moet worden. Overheid moet eigenlijk afspraak maken met leverancier (Schagen) om op lange termijn steeds circulairder te weren (in hun gemeente). Gemeentes van grootte Enschede zouden dit kunnen, maar voor kleinere gemeentes duurt dit langer of is samenwerking vereist door meerdere gemeentes.
- **Dusseldorp:** De opdrachtgever heeft vaak de lead. De opdrachtgever is de eigenaar van het materiaal. De opdrachtgever geeft nog wel is aan dat het afvoer door de Opdrachtnemer wordt afhandelt. Graag actie ondernemen in de praktijk in plaats van steeds nadenken.
- **TKI Dinalog:** TKI dinalog is medefinancier van het onderzoek bij universiteit Twente, vanuit die positie houden ze een vinger aan de pols als het over re:match:d gaat bijvoorbeeld. Verder zie je dat er binnen een regio een paar touwtrekkers zijn, en werkgroepen als deze kunnen deze een podium geven, of de andere organisaties motiveren om ook iets te gaan doen. Een kleine organisatie heeft hier geen middelen voor, maar dit is juist iets waar Dinalog bij kan helpen. Dinalog hoopt dat een van de resultaten van het re:match:d programma een set handreikingen is voor kleinere organisaties om circulair aan de slag te gaan.

Mechanismen

Duidelijkheid over beschikbaarheid materialen

- **Van de Bosch Beton:** Het zou vrijwel nooit voorkomen dat bijvoorbeeld klinkers direct van de ene locatie naar de nieuwe locatie gaan zonder hub.
- **Gemeente Oldenzaal:** Er bestaat een meerjarenplanning waardoor er vaak 5-10 jaar van tevoren bekend is welke projecten er gaan lopen. Er wordt op dit moment nog geen rekening gehouden met de materialen die dan beschikbaar komen, maar Marnik geeft aan dat dit makkelijk zou kunnen zodra dit relevant wordt.
- **Gemeente Enschede:** Grote vraag of je binnen tijdsbestek de materialen kan vinden. Iedereen zet dingen er op [Duspot], niemand haalt dingen er af, want er wordt pas op gekeken als het bestek klaar is.
- **Dusseldorp:** Distributie: Bijvoorbeeld klinkers direct van A naar B leggen is vaak niet mogelijk. De distributie is de belangrijkste stap.
- **TKI Dinalog:** Er is niet inzichtelijk welk materiaal er op welk moment beschikbaar komt. Wat er ligt is vaak wel bekend bij de eigenaar zelf, maar landelijk beschikbare data zoals de BGT is vaak niet gedetailleerd genoeg…

Duidelijkheid over kwaliteit van materiaal

- **Van de Bosch Beton:** Slechte kwaliteit producten horen eigenlijk bij de poort al afgekeurd te worden als ze mogelijk nooit meer gebruikt kunnen worden. Wanneer minder kwaliteit nodig is, kan men goed restbeton verwerken. Als er wapening in zit, wordt recycling nog een stuk moeilijker. In Utrecht staat een hub met een robot. Deze robot ziet niet of er een stukje van een klinker ontbreekt.
- **Gemeente Oldenzaal:** Hiernaast bestaat er binnen de gemeente te weinig kennis over verschillende circulariteitsstandaarden om goed te kunnen beoordelen of eraan voldaan wordt.
- **Gemeente Enschede:** *Geen directe input*.
- **Dusseldorp:** Beoordeling: wat? Hoeveel? Kleur? Kwaliteit?
- **TKI Dinalog:** Er zijn geen standaarden voor herbruikbaarheid van materiaal, dit is een gemis.

Kosten en beschikbaarheid van materiaal als drempel om het daadwerkelijk door te voeren

- **Van de Bosch Beton:** Hergebruiken van klinkers vraagt mogelijk om een compleet nieuwe fabriek, en dan is nog de vraag of de kwaliteit hetzelfde of beter is. Hoe zorg je dat de afspraken die je maakt 100% worden opgevolgd?
- **Gemeente Oldenzaal:** Een interessante opmerking was dat de gemeente soms ook gelimiteerd wordt door wetgeving. Het hergebruiken van betonklinkers zou bijvoorbeeld erg makkelijk moeten zijn, maar de arbo-regels zeggen dat een werknemer maar 1 uur per dag deze klinkers handmatig uit de straat mag halen. Dit zorgt dat dit soort acties veel geld kunnen kosten. Er wordt binnen Oldenzaal vooral gekeken naar circulariteit en MVI bij grote projecten, maar bij kleinere (standaard)projecten is hier helaas weinig tijd voor.
- **Gemeente Enschede:** Duurzaamheid moet je niet uitvragen in concurrentie.
- **Dusseldorp:** De aannemer wil niet meer werk hebben dan het product nieuw in te kopen. De bedrijven onderling en de overheid moeten elkaar meer vertrouwen om dingen voor elkaar te krijgen. Niet door alleen maar te blijven vergaderen, maar gewoon te doen en elkaar te vertrouwen in het vinden van oplossingen.
- **TKI Dinalog:** Naast de betonketen zijn er nog heel veel meer ketens binnen Nederland, en deze ketens raken elkaar op verschillende plekken. Zodra er tussen ketens raakvlak is, worden gerelateerde projecten veel complexer.

Hoe ziet u het voordeel van hergebruikt beton tegenover nieuw te leveren beton, op basis van kosten?

- **Van de Bosch Beton:** Voor het betonbedrijf is hergebruik negatief. Het brengt nu hogere kosten met zich mee voor hergebruikt beton en het opnieuw maken van beton. Er moet een goede reden zijn om te beginnen met hergebruiken.
- **Gemeente Oldenzaal:** *Geen directe input over de exacte kostenafweging oud versus nieuw beton*.
- **Gemeente Enschede:** *Geen directe input*.
- **Dusseldorp:** De kosten. Bijvoorbeeld een betonbandje: eruit halen, vervoer naar de centrale, schoonmaken, inwikkelen, weer vervoeren.
- **TKI Dinalog:** *Geen directe input*.

Voorwaarden

3 niveaus? Hoogwaardig, lineair en downcycling? (Hoe ziet de klant dit voor zich?)

- **Algemeen:** *Dit specifieke 3-niveaus-model is niet expliciet besproken in de interviewverslagen*.

Afhankelijk van mechanismen, bijvoorbeeld een depot om minder afhankelijk te zijn van beschikbaarheid van materialen (bouwteams)

- **Van de Bosch Beton:** Hubs: wie wordt de eigenaar? Vergunningen. Wat gaat erin? Heeft het wel zin om bepaalde goederen erin te stoppen? Opnieuw opwarmen van teer geeft giftige stoffen. Teerhoudend asfalt wil men voorkomen en je hebt een vergunning nodig. Teer heb je liever niet in een hub. Verzakking van huizen door kanaal; daardoor kunnen ze geen goederen meer laten aanvaren via het kanaal.
- **Gemeente Oldenzaal:** Oldenzaal is in theorie klant bij Duspot, maar maakt hier in de praktijk geen gebruik van. De gemeente heeft een eigen gronddepot en een steendepot waar al jaren goede ervaringen mee zijn, maar deze zijn enkel bedoeld voor gebruik binnen de gemeente. "Duurzaamheid bij gemak": wanneer er mooie en simpele opties zijn om circulair bezig te zijn, zoals een steendepot of een standaard stuk in een moederbestek, is dat goed bruikbaar, maar daar houdt het dan snel op.
- **Gemeente Enschede:** Gronddepot wordt gemaakt. Bemonsteren en opslag. Tweedehands materialen, die direct al een eindbestemming hebben. Circulaire bouwhub. Goed kijken naar welke producten daar terechtkomen.
- **Dusseldorp:** 1 centraal depot (per gemeente) met sorteringslijnen en schoonmaaksystemen. Bij afgifte aangeven hoeveel procent CO2 je hebt bespaard; dit is bijvoorbeeld relevant voor subsidie.
- **TKI Dinalog:** Er zijn enorme hoeveelheden terrein nodig om bouwmaterialen op te slaan en de logistiek hieromheen te regelen. Rijkswaterstaat heeft een schiereiland in de buurt van Dordrecht voor het opslaan van brugpijlers bijvoorbeeld. Kijk of iedereen op termijn nog dezelfde rollen moet vervullen. De eigenaar van materiaal is op dit moment vaak de gemeente of woningvereniging. Dit eigenaarschap moet misschien belegd worden bij een partij die op dit moment de rol van betonbreker heeft of iets vergelijkbaars.

Welke technische onzekerheden of kwaliteitsvraagstukken zijn van belang bij dit onderwerp (indien nodig)?

- **Van de Bosch Beton:** Bij het repareren van bijvoorbeeld klinkers heb je wel een certificaat nodig, maar niet voor het gebruiken ervan.
- **Gemeente Oldenzaal:** *Geen directe input*.
- **Gemeente Enschede:** *Geen directe input*.
- **Dusseldorp:** *Geen directe input*.
- **TKI Dinalog:** *Geen directe input*.

Interventies

De markt werkt in deze situatie niet goed vanwege het feit dat gemeentes kleine klanten zijn. Zelfs in samenwerking met betoncentrales is dit lastig omdat die ook geld moeten verdienen. Zoeken naar samenwerkingen tussen de 14 gemeentes.

- **Van de Bosch Beton:** *Geen directe input*.
- **Gemeente Oldenzaal:** Marnik geeft aan dat dit een regelmatig terugkerend thema is; Oldenzaal is een kleine gemeente met gelimiteerde middelen, dus het is niet realistisch om voor circulariteit zelf veel op te zetten. Ook zijn ze een relatief kleine klant voor leveranciers, wat het lastig maakt om volledig eigen eisen op te stellen en uitgevoerd te krijgen.
- **Gemeente Enschede:** Gemeentes van grootte Enschede zouden dit kunnen, maar voor kleinere gemeentes duurt dit langer of is samenwerking vereist door meerdere gemeentes.
- **Dusseldorp:** De gemeentes mogen onderling geen spullen uitwisselen.
- **TKI Dinalog:** Het is mooi als er een paar touwtrekkers zijn die met goede en werkende ideeën komen, maar als iedereen zijn eigen idee bedenkt wordt het voor uitvoerende partijen erg lastig. Standaardisatie is erg belangrijk. Kleinere organisaties kunnen inderdaad gebrek hebben aan kennis en kunde; deze kunnen zich het best aansluiten bij samenwerkingsverbanden zoals re:match:d. Werkende projecten opschalen heeft de voorkeur boven nieuwe projecten bedenken. Standaardiseer waar mogelijk.

Contact met grotere afnemers zoals Rijkswaterstaat, of moederbestekken op elkaar afstemmen en hierover de betoncentrales informeren. Tijdspad opstellen.

- **Van de Bosch Beton:** *Geen directe input*.
- **Gemeente Oldenzaal:** Oldenzaal neemt circulariteit en recycling mee in het moederbestek. De inhoud hiervan is deels tot stand gekomen in samenwerking met de betonketen Twente en het convenant duurzaam beton, wat het makkelijk maakt voor een kleine gemeente om toch aan te sluiten.
- **Gemeente Enschede:** *Geen directe input over moederbestekken*.
- **Dusseldorp:** Voorstel: zorg dat een x% van het materiaal hergebruikt wordt om zo CO2 te besparen.
- **TKI Dinalog:** Eigen doelen stellen boven op de landelijke wetgeving is mooi, maar zorgt ook voor onduidelijkheid bij opdrachtnemers. Zorg dat je als regio voldoet aan de landelijke eisen, en als je als gemeente hogere eisen wil stellen, kun je dat het best eerst afstemmen met de andere partijen in je regio.

Staat de gemeente ervoor open om het stimuleren van hoogwaardig hergebruik van beton op te pakken en daadwerkelijk de regie in handen te nemen?

- **Van de Bosch Beton:** De gemeente wil circulariteit, dus het is aan de gemeente om te zorgen dat alles vlot verloopt.
- **Gemeente Oldenzaal:** Als laatste gaf Marnik aan dat de manier waarop met duurzaamheid wordt omgegaan het beste omschreven kan worden als "duurzaamheid bij gemak". De gemeente wil graag veel doen, maar als kleine gemeente met gelimiteerde kennis en middelen is het steeds een afweging wat je wel en niet doet. Marnik geeft verder aan dat als er iets moet gebeuren qua

circulariteit, er serieus tijd voor moet worden gemaakt in de verschillende lagen van de organisatie, en niet enkel bij beleid.

- **Gemeente Enschede:** [Duspot of circulariteit] moet zo vroeg in het proces mogelijk gebruikt worden, en verplicht worden.
- **Dusseldorp:** *Geen directe input.*
- **TKI Dinalog:** *Geen directe input.*

Bijlage 2 – Stakeholder analyse

Link naar stakeholder analyse:
https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=13CCNCki8n8Odk223AXI2uxHF5h18hZk&usp=sharing

Bijlage 3 – Eindpresentatie

CIRCULAIRE WAARDEKETEN BETON

Hergebruik op basis van aanbestedingsplanning, data en logistiek

Inhoud

- Aanleiding en centrale vraag
- Planningen op objectniveau
- Hubs en materiaalpaspoorten
- Hergebruik stimuleren op grondstofniveau
- Conclusie en aanbevelingen

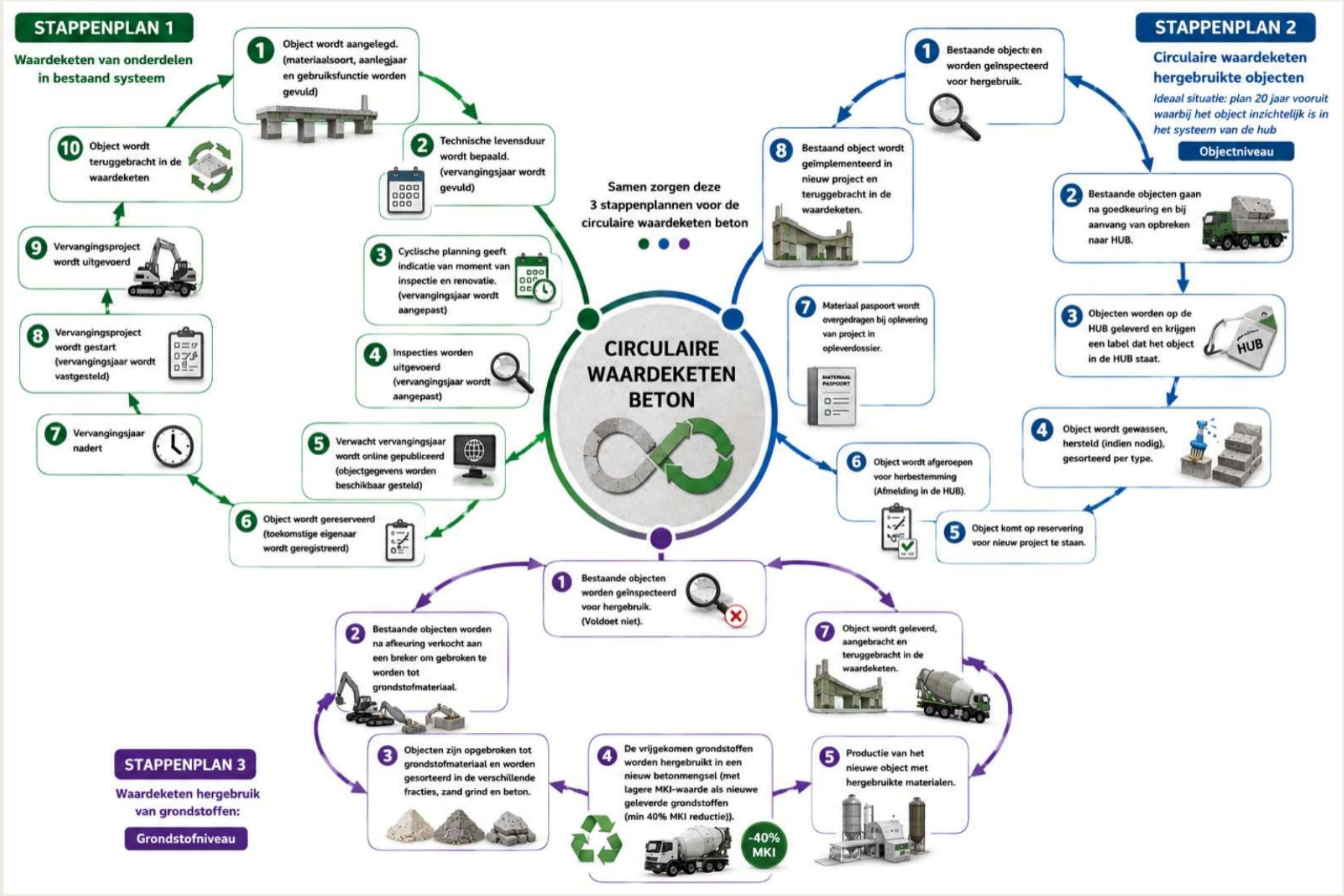
Aanleiding

- Nog veel beton producten worden verwijderd en afgevoerd
- Technisch nog geschikt zijn voor een nieuwe toepassing
- Verlies van materiaalwaarden, energie en milieuwinsten
- Kansen binnen beheer en onderhoud voor hergebruik van materialen
- Planning en organisatorische factoren kunnen bijdragen om dit mogelijk te maken

Centrale Vraag

- Hoe kan hergebruik van betonproducten zodanig worden ingericht dat vrijkomende materialen tijdig in beeld komen, gereserveerd kunnen worden en opnieuw worden ingezet binnen een circulaire waardeketen?

		PROGRAMMADOELSTELLINGEN			
NIVEAU	**FASE**	**CIRCULARITEIT**	**KLIMAATNEUTRALITEIT**	**GEZONDHEID**	**KLIMAATADAPTATIE**
OBJECT (weg, cruising, rotonde)	**GEBRUIK**	Maatregelen die de levensduur verlengen	Rolweerstand, energiewinning	Geluidsreductie, trillingen, fijnstof door slijtage, biodiversiteit	Afwatering, opslag water, hittestress
ELEMENT (deklaag, tussenlaag)	**PRODUCTIE EN VERWERKING**	Losmaakbaarheid, modulariteit	Uitstoot CO2 bij productie, transport en verwerking	Uitstoot bij productie en verwerking (CO2, Nox, fijnstof)	Afwatering, opslag water, hittestress
GRONDSTOF (aggregaat, zand, vulstof, bitumen)	**WINNING**	Niet-destructief terugwinning oorspronkelijke grondstoffen, op grondstofniveau oneindig hergebruik	Uitstoot CO2 bij winning en transport	Uitstoot bij winning grondstoffen	Afwatering, opslag water, hittestress


STAPPENPLAN 1
Waardeketen van onderdelen in bestaand systeem
1 Object wordt aangelegd. (materiaalsoort, aanlegjaar en gebruiksfunctie worden gevuld)
2 Technische levensduur wordt bepaald. (vervangingsjaar wordt gevuld)
3 Cyclische planning geeft indicatie van moment van inspectie en renovatie. (vervangingsjaar wordt aangepast)
4 Inspecties worden uitgevoerd (vervangingsjaar wordt aangepast)
5 Verwacht vervangingsjaar wordt online gepubliceerd (objectgegevens worden beschikbaar gesteld)
6 Object wordt gereserveerd (toekomstige eigenaar wordt geregistreerd)
7 Vervangingsjaar nadert
8 Vervangingsproject wordt gestart (vervangingsjaar wordt vastgesteld)
9 Vervangingsproject wordt uitgevoerd
10 Object wordt teruggebracht in de waardeketen
Samen zorgen deze 3 stappenplannen voor de circulaire waardeketen beton
CIRCULAIRE WAARDEKETEN BETON
STAPPENPLAN 2
Circulaire waardeketen hergebruikte objecten
Ideaal situatie: plan 20 jaar vooruit waarbij het object inzichtelijk is in het systeem van de hub
Objectniveau
1 Bestaande objecten worden geïnspecteerd voor hergebruik.
2 Bestaande objecten gaan na goedkeuring en bij aanvang van opbreken naar HUB.
3 Objecten worden op de HUB geleverd en krijgen een label dat het object in de HUB staat.
HUB
4 Object wordt gewassen, hersteld (indien nodig), gesorteerd per type.
5 Object komt op reservering voor nieuw project te staan.
6 Object wordt afgeroepen voor herbestemming (Afmelding in de HUB).
7 Materiaal paspoort wordt overgedragen bij oplevering van project in opleverdossier.
MATERIAAL PASPOORT
8 Bestaand object wordt geïmplementeerd in nieuw project en teruggebracht in de waardeketen.
STAPPENPLAN 3
Waardeketen hergebruik van grondstoffen:
Grondstofniveau
1 Bestaande objecten worden geïnspecteerd voor hergebruik. (Voldoet niet).
2 Bestaande objecten worden na afkeuring verkocht aan een breker om gebroken te worden tot grondstofmateriaal.
3 Objecten zijn opgebroken tot grondstofmateriaal en worden gesorteerd in de verschillende fracties, zand grind en beton.
4 De vrijgekomen grondstoffen worden hergebruikt in een nieuw betonmengsel (met lagere MKI-waarde als nieuwe geleverde grondstoffen (min 40% MKI reductie)).
-40% MKI
5 Productie van het nieuwe object met hergebruikte materialen.
7 Object wordt geleverd, aangebracht en teruggebracht in de waardeketen.

Data & Beheersystemen

- Om circulaire materialen mee te nemen in de ontwerpfase moet bekend zijn welke materialen beschikbaar zijn.
- Reservering op basis van toekomstig vrijkomend materiaal minimaliseert langdurige opslag.
- Inschatting van restlevensduur begint met lage precisie, maar wordt steeds concreter.
- Weinig data nodig om een start te maken.

Vervangingsjaar bepalen



Benodigde data

- Materiaal, gebruiksfunctie en leeftijd
- Automatische berekeningen en beheerpakketten
- Gegevens overdragen tussen beheerders
- Uitwisseling van planningsgegevens
- Standaardisatie zorgt voor betere samenwerking tussen organisaties

Strategie	Bepaald op basis van	Benodigde data
Technische levensduur	Specificatie van leveranciers, interne beheerplannen	Materiaal (gedetailleerd)
		Gebruiksfunctie
Cyclische planning	Landelijke standaarden (bijv. CROW), interne beheerplannen	Materiaal
		Gebruiksfunctie
		Leeftijd
		Objectspecifieke data (bijv. Grondsoort)
Inspectie	Landelijke standaarden (bijv. RIONED), interne beheerplannen, meldingen en calamiteiten	Materiaal
		Gebruiksfunctie
		Leeftijd
		Objectspecifieke data (bijv. doelkwaliteit)
Projecten	Beschikbare middelen, inspectieresultaten	Materiaal (gedetailleerd)

Verschillende Strategieën



Van Inventarisatie naar Hergebruik

- Aannames en inschattingen zijn niet exact.
- Inspecties geven daadwerkelijke kwaliteit van materiaal weer.
- Vervangingsplanning maakt concreet.

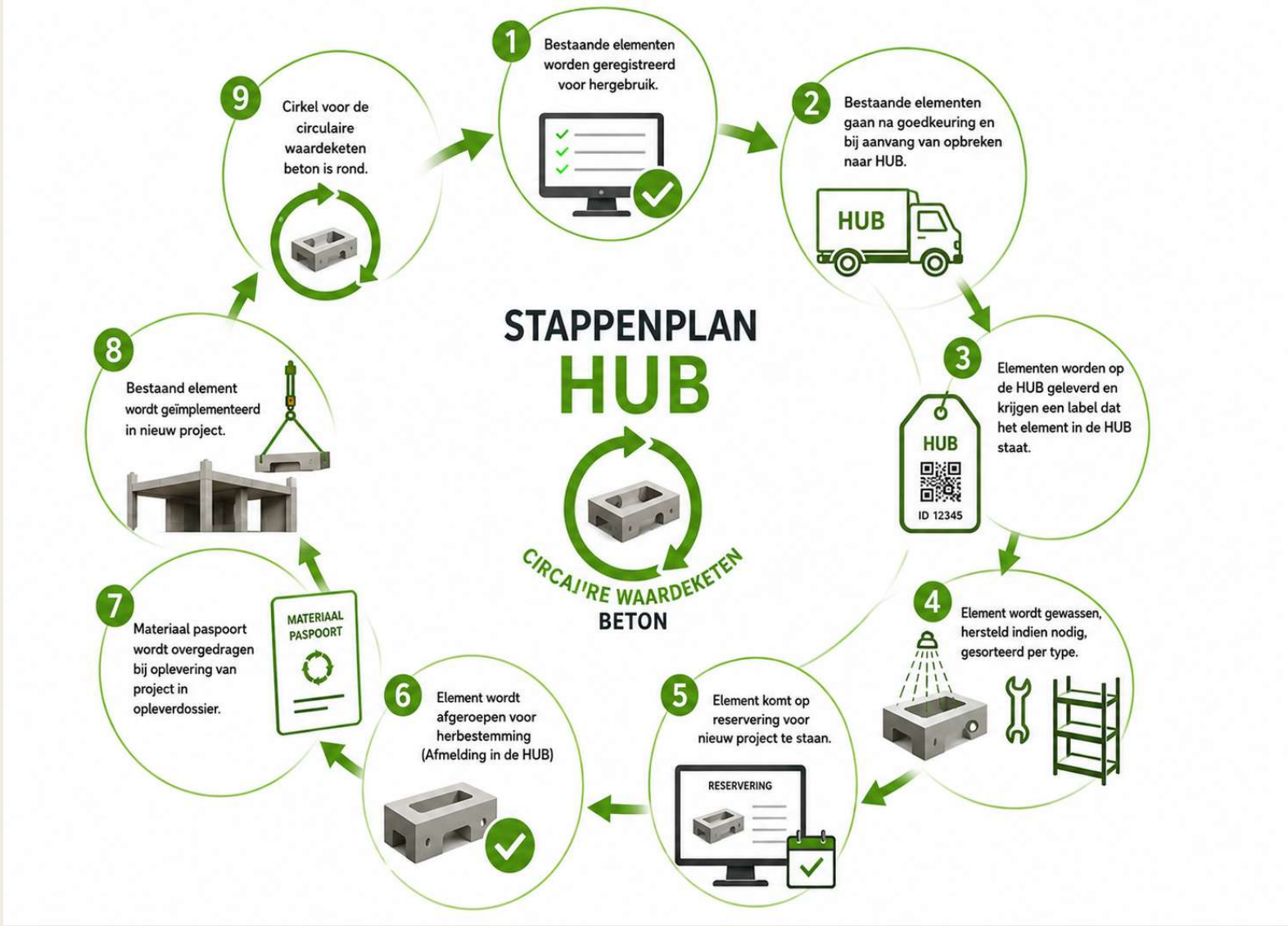
- Opbreektekeningen en ontwerpkeuzes sturen hergebruik.
- Bouwteam varianten kunnen nu al aan de slag met bij opdrachtgever beschikbare data

- Er komt nog niet genoeg materiaal vrij om volledig circulair te werken.

Hergebruik is geen toeval



Stappenplan Elementniveau



Rol van de HUB

- Centrale HUB verbindt vraag en aanbod van vrijkomende betonmaterialen.
- Tijdelijke opslag, inspectie, reiniging, herstel en sortering van materialen.
- Maakt hergebruik mogelijk in projecten die op een later moment starten.
- Duidelijke afspraken over aanlevering, afname en reservering zijn essentieel.

Regionale vs Gemeentelijke Hubs

- Organisatie van materiaalstromen is cruciaal in de circulaire betonketen
- Onderscheid tussen regionale en gemeentelijke HUBs
- Keuze hangt af van materiaal, schaal en afstand

Gemeentelijke HUBS

- Gemeentelijke HUBs verwerken lokale, kleine betonstromen (o.a. straatstenen, tegels, licht puin)
- Voordelen: korte transporten, lagere CO_2-uitstoot, snelle lokale samenwerking en inzicht in materialen
- Nadelen: beperkte capaciteit, kleine volumes en minder specialistische verwerkingsmogelijkheden

Regionale HUBS

- Regionale HUBs bedienen meerdere gemeenten en verwerken grote betonstromen
- Voordelen: schaalvoordelen, hogere recyclingkwaliteit en betere ketensamenwerking
- Nadelen: langere transporten, hogere kosten en complexere organisatie

Gecombineerd HUB-model

- Combinatie van gemeentelijke (inzameling) en regionale HUBs (verwerking en distributie)
- Combineert lokaal overzicht met schaalvoordelen en specialistische recycling
- Resultaat: efficiënter transport, hogere recyclingkwaliteit en sterkere ketensamenwerking

Materiaalpaspoort



Materiaal paspoort



Stappenplan Grondstofniveau



Businessmodel

- Hergebruik levert waarde voor meerdere partijen
- Aannemers en overheden
- Stimuleren in mogelijkheden van EMVI criteria

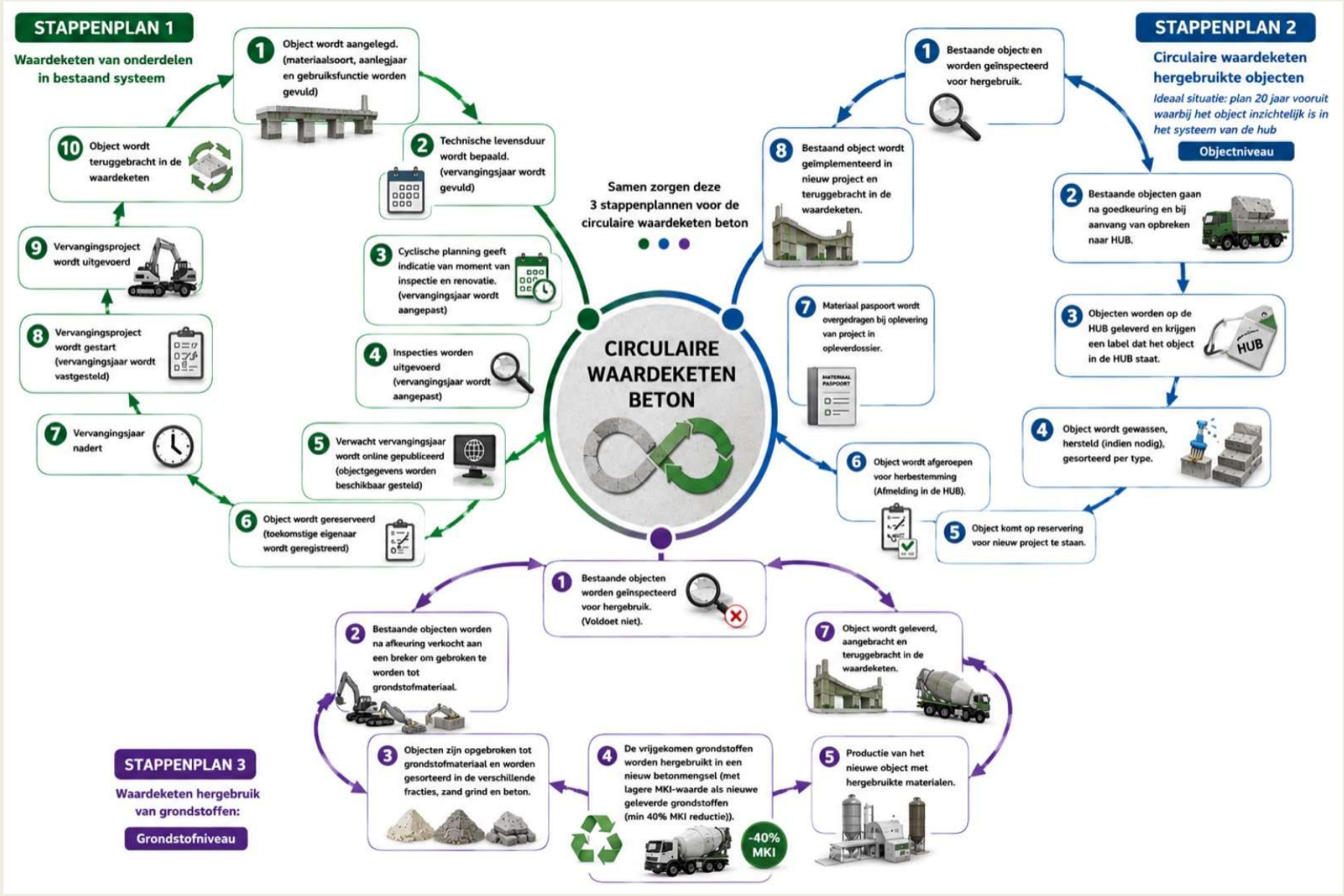


Regionale & Landelijke Inpassing

- Regionale en landelijke ambities op gebied van circulariteit
- Ondersteuning van data gedreven assetmanagement
- Aanpak voor een concrete stap naar een circulaire bouw en infrasector

Eigenaarschap

- Duidelijke afspraken zijn noodzakelijk binnen de keten
- Te beantwoorden:
    - Wie is eigenaar tijdens opslag en herplaatsing?
    - Wie controleert de kwaliteit?
    - Wie registreert de materiaalgegevens?


STAPPENPLAN 1
Waardeketen van onderdelen in bestaand systeem
1 Object wordt aangelegd. (materiaalsoort, aanlegjaar en gebruiksfunctie worden gevuld)
2 Technische levensduur wordt bepaald. (vervangingsjaar wordt gevuld)
3 Cyclische planning geeft indicatie van moment van inspectie en renovatie. (vervangingsjaar wordt aangepast)
4 Inspecties worden uitgevoerd (vervangingsjaar wordt aangepast)
5 Verwacht vervangingsjaar wordt online gepubliceerd (objectgegevens worden beschikbaar gesteld)
6 Object wordt gereserveerd (toekomstige eigenaar wordt geregistreerd)
7 Vervangingsjaar nadert
8 Vervangingsproject wordt gestart (vervangingsjaar wordt vastgesteld)
9 Vervangingsproject wordt uitgevoerd
10 Object wordt teruggebracht in de waardeketen
Samen zorgen deze 3 stappenplannen voor de circulaire waardeketen beton
CIRCULAIRE WAARDEKETEN BETON
STAPPENPLAN 2
Circulaire waardeketen hergebruikte objecten
Ideaal situatie: plan 20 jaar vooruit waarbij het object inzichtelijk is in het systeem van de hub
Objectniveau
1 Bestaande objecten worden geïnspecteerd voor hergebruik.
2 Bestaande objecten gaan na goedkeuring en bij aanvang van opbreken naar HUB.
3 Objecten worden op de HUB geleverd en krijgen een label dat het object in de HUB staat.
HUB
4 Object wordt gewassen, hersteld (indien nodig), gesorteerd per type.
5 Object komt op reservering voor nieuw project te staan.
6 Object wordt afgeroepen voor herbestemming (Afmelding in de HUB).
7 Materiaal paspoort wordt overgedragen bij oplevering van project in opleverdossier.
MATERIAAL PASPOORT
8 Bestaand object wordt geïmplementeerd in nieuw project en teruggebracht in de waardeketen.
STAPPENPLAN 3
Waardeketen hergebruik van grondstoffen:
Grondstofniveau
1 Bestaande objecten worden geïnspecteerd voor hergebruik. (Voldoet niet).
2 Bestaande objecten worden na afkeuring verkocht aan een breker om gebroken te worden tot grondstofmateriaal.
3 Objecten zijn opgebroken tot grondstofmateriaal en worden gesorteerd in de verschillende fracties, zand grind en beton.
4 De vrijgekomen grondstoffen worden hergebruikt in een nieuw betonmengsel (met lagere MKI-waarde als nieuwe geleverde grondstoffen (min 40% MKI reductie)).
-40% MKI
5 Productie van het nieuwe object met hergebruikte materialen.
7 Object wordt geleverd, aangebracht en teruggebracht in de waardeketen.

Conclusie en aanbevelingen

Conclusie

- Hoogwaardig hergebruik is haalbaar, en er zijn al grote stappen te zetten zonder het systeem ingrijpend te veranderen
- Hergebruik van beton wijkt op de meeste niveaus niet af van hergebruik van ander materiaal
- Succes hangt af van 4 voorwaarden: planning, data, logistiek en samenwerking

Aanbevelingen

- Hergebruik verankeren in de planfase
- Beschikbare gegevens gebruiken om inzicht te krijgen in vervangingsjaren
- Werken met een HUB-structuur voor opslag en het hergebruiken van materialen
- Gebruik van financiële prikkels om de markt te stimuleren

Suggesties voor vervolgonderzoek

- Hoe kan het delen van langetermijnsplanning ondersteund en gestimuleerd worden?
- Hoe kan de kwaliteit van gebruikt materiaal gestandaardiseerd worden?
- Hoe kan een publieke depot tussen gemeentes het beste ingericht worden?
- Hoe kan het maken van integrale planning binnen organisaties verbeterd worden?

Bedankt voor uw aanwezigheid, tijd voor vragen!

Opgesteld door:

- Jeremy van den Anker
- Willem Lock
- Brian Snijder
- Wim Voorrips

Bijlage 4 – Rapportage module 4 studenten

CIRCULAIRE WAARDEKETEN BETON

“Van betonstroom naar bouwsteen voor de toekomst”

Bo van de Groes(2127736), Hosam el Halougy(2156697), Stef Hennissen(2155861), Noud van den Hurk(2132719), Nawar Kanafani(2130703), Melle Melis(2146413), Nout Peelen(2150856), Janniek Pool(2157994), Matthijs Rebel(2143732), Stef Runderkamp(2164289), Wicher Smelt(2123497), Freek Spithoven(2144257), Pim Vunderink(1620793), Sven Wammes(2153808), Rami Wasteen(2170971), Aaron Wildhagen(2159726), Gerald Korevaar(2126749)

8 juni 2026

CC BY

HAN_UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

COLOFON

Titel:	Circulaire waardeketen beton
Auteurs:	Bo van de Groes(2127736), Hosam el Halougy(2156697), Stef Hennissen(2155861), Noud van den Hurk(2132719), Nawar Kanafani(2130703), Melle Melis(2146413), Nout Peelen(2150856), Janniek Pool(2157994), Matthijs Rebel(2143732), Stef Runderkamp(2164289), Wicher Smelt(2123497), Freek Spithoven(2144257), Pim Vunderink(1620793), Sven Wammes(2153808), Rami Wasteen(2170971), Aaron Wildhagen(2159726), Gerald Korevaar(2126749)
Uitgever:	HAN University of Applied Sciences
Plaats:	Arnhem
Afdeling:	Civiele techniek
Publicatiedatum:	8 juni 2026
Versie:	[x.x]
Taal:	Nederlands
Omschrijving:	Circulaire betonketen

Gebruik de volgende referentie bij hergebruik van (delen van) deze publicatie:
Bo van de Groes(2127736), Hosam el Halougy(2156697), Stef Hennissen(2155861), Noud van den Hurk(2132719), Nawar Kanafani(2130703), Melle Melis(2146413), Nout Peelen(2150856), Janniek Pool(2157994), Matthijs Rebel(2143732), Stef Runderkamp(2164289), Wicher Smelt(2123497), Freek Spithoven(2144257), Pim Vunderink(1620793), Sven Wammes(2153808), Rami Wasteen(2170971), Aaron Wildhagen(2159726), Gerald Korevaar(2126749) (2026). Circulaire waardeketen beton. HAN University of Applied Sciences, Arnhem .

INHOUDSOPGAVE

1 INLEIDING 6

2 INZICHT CREËREN 7

2.1 Omvang bestaande betonvoorraad 7
2.2 Leeftijd van gebouwde omgeving 7
2.3 Beton in de Nederlandse infrastructuur 8
2.4 Betonstromen en recycling 8
2.5 Kansen voor circulaire betonketen 9
2.6 Uitdagingen binnen de betonketen 9
2.7 Conclusie 10

3 MARKT RAADPLEGEN: HOE ZIET HET LANDSCHAP VAN CIRCULAIR BETON ERUIT? 11

3.1 Inleiding 11
3.2 Regelgevend kader 11
3.2.1 Europees niveau 11
3.2.2 Nationaal niveau 12
3.3 Producenten in de markt 12
3.3.1 Grondstofrecycling 12
3.3.2 Opschaling 12
3.3.3 Industriële systeemverandering 13
3.3.4 Circulair ontwerp 13
3.4 Reducenten: technieken en hun impact 13
3.4.1 Productieniveau: CO_2-reductie 13
3.4.2 Procesniveau: betonrecycling 14
3.4.3 Ontwerpniveau: circulair ontwerpen 14
3.4.4 Alternatieve bindmiddelen: geopolymeerbeton 14
3.5 Innovatie: basaltwapening 15
3.6 Praktijk: resultaten uit Enschede 15
3.7 Systeemanalyse 16
3.8 Conclusie 16

4 AFSPRAKEN MAKEN 17

4.1 Waarom afspraken nodig zijn 17
4.2 Behoefte aan duidelijkheid in de keten 17
4.3 Vastleggen van data in het materiaalpaspoort 18

4.4 Rol van IMBOR en GIS bij standaardisatie 18
4.5 Borgen van afspraken in werkwijzen en contracten 19
4.6 Praktijkvoorbeeld Enschede 20
4.7 Deelconclusie 20

5 PROCES INRICHTEN 21
5.1 Registreren van bestaande betonvoorraden 21
5.2 Vastleggen van data in materiaalpaspoorten 22
5.3 Centrale opslag en delen van informatie 22
5.4 Koppelen van vraag en aanbod 22
5.5 Logistieke organisatie van materiaalstromen 23
5.6 Monitoring en continue verbetering 23
5.7 Deelconclusie 23

6 PILOT UITVOEREN 24
6.1 Waarom een pilot nodig is 24
6.2 Opzet van de pilot 24
6.3 Wat wordt getest in de pilot? 25
6.4 Rollen van betrokken partijen 26
6.5 Monitoring en evaluatie 26
6.6 Deelconclusie 27

7 LOKAAL INVOEREN EN OPSCHALEN 28
7.1 Van pilot naar structurele werkwijze 28
7.2 Lokaal invoeren binnen gemeenten en provincies 28
7.3 Regionale samenwerking in de betonketen 29
7.4 Opschalen via standaardisatie en contracten 29
7.5 Randvoorwaarden voor opschaling 30
7.6 Deelconclusie 30

8 DISCUSIE EN CONCLUSIE 31
8.1 Discusie 31
8.2 Conclusie 33

9 VERWIJZINGEN 35

BASALTWAPENING. (Z.D.). INFORMATIE OVER BASALTWAPENING ALS ALTERNATIEF VOOR STAALWAPENING. 35

10 BIJLAGE LIJST 37

10.1 ArcGIS in de circulaire betonketen v4 37
10.2 Circulaire waardeketen beton - Arcgis - Def. - 05-06-2026 37
10.3 Concrete Stories - Battle of Concepts 37
10.4 Eindverslag data-analyse (1) 37
10.5 Onderzoek naar resultaten Enschede 37
10.6 Onderzoek regel- en wetgeving beton 37
10.7 Online onderzoek 37
10.8 Oriënterend online onderzoek producenten 37
10.9 Oriënterend online onderzoek reducenten 37
10.10 Presentatie 2e concept 37
10.11 Presentatie Creative Cross-over 37
10.12 Resultaten 1e concept 37
10.13 Verslag Concrete Stories 37
10.14 Werkdocument opzet mogelijkheden GIS (3) 37
10.15 Wrap-Up 37

1 INLEIDING

Dit verslag vormt een samenvatting van de onderzoeken die zijn uitgevoerd voor eindopdracht 4. Binnen deze opdracht stond de circulaire waardeketen van beton centraal. Het doel was om te onderzoeken hoe betonstromen beter inzichtelijk gemaakt kunnen worden en hoe hoogwaardig hergebruik van beton in de praktijk gestimuleerd kan worden.

Voor deze opdracht hebben vier studentengroepen ieder een eigen onderdeel onderzocht:

Groep 1: ArcGIS en IMBOR

Deze groep heeft onderzocht hoe GIS-systemen en datastandaarden kunnen helpen om betonconstructies, materiaalstromen en vervangingsmomenten inzichtelijk te maken.

Groep 2: Data van de betonketen

Deze groep heeft gekeken naar de beschikbare data over betonvoorraden, vrijkomende betonstromen en de kansen voor hergebruik.

Groep 3: Storytelling

Deze groep heeft onderzocht hoe de resultaten van het onderzoek vertaald kunnen worden naar een duidelijke verhaallijn en roadmap voor de circulaire betonketen.

Groep 4: Organisatie en systeemdenken

Deze groep heeft onderzocht waarom circulaire oplossingen in de praktijk nog beperkt worden toegepast, ondanks dat er technisch al veel mogelijk is.

Door de resultaten van deze vier groepen samen te brengen, ontstaat een breed beeld van de circulaire betonketen. In dit verslag wordt stap voor stap uitgewerkt hoe inzicht, data, afspraken, procesinrichting, pilots en opschaling kunnen bijdragen aan een meer circulaire betonketen.

2 INZICHT CREËREN

Beton is één van de belangrijkste bouwmaterialen binnen Nederland en wordt op grote schaal toegepast in zowel gebouwen als infrastructuur. Volgens gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) wordt jaarlijks ongeveer 23 miljoen ton beton toegepast binnen de Nederlandse bouw- en infrasector. Hiermee vormt beton de grootste materiaalstroom binnen de Nederlandse gebouwde omgeving (Centraal Bureau voor de Statistiek [CBS], 2023a).

De grote toepassing van beton heeft geleid tot een omvangrijke nationale betonvoorraad. Deze voorraad bevindt zich in woningen, utiliteitsgebouwen, bedrijfshallen, wegen, bruggen, viaducten, sluizen en andere civieltechnische constructies. Deze bestaande betonvoorraad vertegenwoordigt niet alleen economische waarde, maar vormt ook een potentiële bron van secundaire grondstoffen voor de circulaire economie (Kanafani, 2026).

2.1 Omvang bestaande betonvoorraad

Uit de analyse van de regio Twente blijkt dat 345.560 verblijfsobjecten zijn onderzocht. Deze gebouwen vertegenwoordigen gezamenlijk een oppervlakte van 75.371.266 m². Op basis van een gemiddelde constructiedikte van 0,3 meter wordt het aanwezige betonvolume geschat op 22.611.379,8 m³ beton (Kanafani, 2026).

Hoewel deze cijfers specifiek betrekking hebben op Twente, illustreren zij de omvang van de betonvoorraad die aanwezig is in de Nederlandse gebouwde omgeving. Naar verwachting geldt een vergelijkbaar beeld voor andere regio's binnen Nederland, al kunnen regionale verschillen ontstaan door bouwjaar, gebouwtype, dichtheid en infrastructuur.

2.2 Leeftijd van gebouwde omgeving

De bouwjaaranalyse laat zien dat een groot deel van de gebouwen relatief oud is. Van de onderzochte gebouwen is 36% gebouwd vóór 1970, 41% tussen 1970 en 2000 en 23% na 2000. Hieruit blijkt dat ongeveer 77% van de gebouwen ouder is dan 26 jaar (Kanafani, 2026).

Deze verouderende gebouwvoorraad zal in de komende decennia leiden tot een toenemende hoeveelheid vrijkomend beton door renovatie, herontwikkeling en sloop. Daarmee ontstaat een belangrijke bron van secundaire grondstoffen voor de bouwsector. Om deze betonstromen hoogwaardig te kunnen hergebruiken, is het belangrijk dat tijdig inzicht ontstaat in de locatie, kwaliteit, hoeveelheid en verwachte vrijkomstdatum van deze materialen.

2.3 Beton in de Nederlandse infrastructuur

Naast gebouwen wordt beton op grote schaal toegepast binnen de Nederlandse infrastructuur. In de analyse van Twente zijn onder andere 109.988 ton betonstraatstenen, 7.309 ton cementbetonverhardingen, 4.463 ton betonelementen, 3.875 bruggen, 657 viaducten en 9.461 stuwen geïdentificeerd (Kanafani, 2026).

Deze cijfers laten zien dat beton niet alleen een belangrijke rol speelt binnen gebouwen, maar ook een essentieel onderdeel vormt van de openbare ruimte en infrastructurele netwerken. Vooral infrastructurele objecten, zoals bruggen, viaducten en stuwen, zijn interessant voor circulair hergebruik. Deze objecten hebben vaak een lange levensduur en kunnen waardevolle betonnen onderdelen bevatten die bij vervanging mogelijk opnieuw toepasbaar zijn.

2.4 Betonstromen en recycling

Uit landelijke analyses blijkt dat jaarlijks in Nederland ongeveer 10 miljoen ton beton vrijkomt door sloop- en vervangingswerkzaamheden (CBS, 2023b).
Van deze hoeveelheid wordt naar schatting:

- 12% hoogwaardig hergebruikt;
- 87% laagwaardig hergebruikt;
- 1% afgevoerd als afval.

(Betonakkoord, 2021; Betonhuis, 2022; CBS, 2023b).

Hieruit blijkt dat vrijwel al het vrijkomende beton opnieuw wordt toegepast. Toch gebeurt dit vooral in laagwaardige toepassingen, zoals funderingen, wegconstructies en ophoogmateriaal. Hierdoor blijft de oorspronkelijke materiaalwaarde van beton beperkt behouden. De belangrijkste opgave ligt daarom niet alleen in het verhogen van het recyclingpercentage, maar vooral in het vergroten van het aandeel hoogwaardig hergebruik.

2.5 Kansen voor circulaire betonketen

Hoewel Nederland reeds hoge recyclingpercentages behaalt, ligt de grootste kans in het vergroten van het aandeel hoogwaardig hergebruik. Direct hergebruik van prefab betonelementen, adaptief hergebruik van bestaande constructies en innovatieve closed-loop recyclingtechnieken bieden mogelijkheden om de oorspronkelijke materiaalwaarde beter te behouden en tegelijkertijd het gebruik van primaire grondstoffen te verminderen (Küpfer et al., 2023; Xiong, 2024).

Volgens recente onderzoeken kan met name het hergebruik van prefab betonelementen aanzienlijke reducties opleveren in zowel materiaalgebruik als CO_2-uitstoot (ETH Zürich & KTH Royal Institute of Technology, 2026). Dit vraagt wel om vroegtijdig inzicht in welke onderdelen beschikbaar komen, welke kwaliteit deze onderdelen hebben en binnen welke projecten ze opnieuw kunnen worden toegepast.

2.6 Uitdagingen binnen de betonketen

Ondanks de technische mogelijkheden bestaan er nog verschillende knelpunten binnen de circulaire betonketen. Transportkosten vormen hierbij een belangrijke factor. Volgens het onderzoek bedragen de kosten voor betontransport gemiddeld €120 tot €140 per uur, terwijl puintransport gemiddeld €70 tot €90 per uur kost. Daarnaast wordt vanaf juli 2026 een kilometerheffing ingevoerd van gemiddeld €0,191 per kilometer voor vrachtverkeer (Bouwend Nederland, 2026; Panteia, 2025).

Naast transportkosten spelen ook kwaliteitsborging, certificering, logistieke afstemming en terughoudendheid bij opdrachtgevers een belangrijke rol bij de toepassing van hoogwaardig gerecycled beton (CROW, 2023; Rijkswaterstaat, 2024). Hierdoor ontstaat een verschil tussen wat technisch mogelijk is en wat in de praktijk daadwerkelijk wordt toegepast.

2.7 Conclusie

Op basis van de beschikbare gegevens kan worden geconcludeerd dat Nederland beschikt over een zeer grote betonvoorraad in zowel gebouwen als infrastructuur. Jaarlijks wordt in Nederland ongeveer 23 miljoen ton beton toegepast, waarvan naar schatting ongeveer 805.000 ton in regio Twente. Tegelijkertijd komt jaarlijks ongeveer 10 miljoen ton beton vrij door sloop en vervanging van bestaande constructies (CBS, 2023a; CBS, 2023b). Omgerekend naar het bewonersaandeel van de regio Twente, circa 3,5% van Nederland, komt dit neer op ongeveer 350.000 ton vrijkomend beton per jaar.

Hoewel vrijwel al het vrijkomende beton opnieuw wordt toegepast, gebeurt dit momenteel voornamelijk in laagwaardige toepassingen. De belangrijkste opgave voor de komende jaren ligt daarom in het vergroten van het aandeel hoogwaardig hergebruik. Door innovatieve recyclingtechnieken, betere registratie van materiaalstromen en nauwere samenwerking tussen overheden en marktpartijen kan de Nederlandse betonketen verder worden ontwikkeld richting een circulaire economie (Betonakkoord, 2021; Rijkswaterstaat, 2024).

3 MARKT RAADPLEGEN: HOE ZIET HET LANDSCHAP VAN CIRCULAIR BETON ERUIT?

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk brengt samen welke partijen, technieken, regelgeving en praktijkervaringen het speelveld van circulair beton vormgeven. Op basis hiervan wordt een beeld geschetst van waar de markt nu staat en welke factoren de verdere ontwikkeling beïnvloeden.
De markt voor circulair beton is in ontwikkeling. Er zijn verschillende technische oplossingen beschikbaar, maar de toepassing in de praktijk blijft nog beperkt. Daarom is het belangrijk om niet alleen naar producten en technieken te kijken, maar ook naar regelgeving, producenten, ketenpartners, praktijkvoorbeelden en onderliggende systeemfactoren.

3.2 Regelgevend kader

Het landschap van circulair beton wordt in toenemende mate bepaald door regelgeving op Europees en nationaal niveau.

3.2.1 Europees niveau

De herziene Bouwproductenverordening (CPR) verplicht producenten tot meer transparantie over de milieuprestaties van hun producten. Digitale productpaspoorten spelen hierin een steeds belangrijkere rol (Europese Raad, 2024). De Europese Green Deal en het Circular Economy Action Plan richten zich op het verminderen van grondstoffengebruik en het stimuleren van hergebruik (Europese Raad, 2025; Buildwise, z.d.). Environmental Product Declarations (EPD's) worden steeds vaker gevraagd bij aanbestedingen en maken het mogelijk om betonproducten onderling te vergelijken op milieu-impact (Betonhuis, z.d.).

3.2.2 Nationaal niveau

In Nederland stelt de Milieuprestatie Gebouwen (MPG) grenzen aan de milieubelasting van bouwmaterialen. Deze normen worden naar verwachting de komende jaren verder aangescherpt (Betonakkoord, 2024). Het Betonakkoord, een samenwerking tussen overheid en sector, formuleert concrete doelstellingen voor CO_2-reductie en circulariteit (Betonakkoord, 2024). Certificeringssystemen zoals BRL-richtlijnen en KOMO-keurmerken waarborgen de kwaliteit bij het gebruik van gerecyclede materialen (Nederland Recycling, z.d.). Richtlijnen van organisaties als CROW worden in de praktijk vaak als standaard gehanteerd (CROW, z.d.).

De regelgeving stimuleert verduurzaming, maar kan tegelijkertijd innovatie vertragen. Nieuwe technieken passen namelijk niet altijd direct binnen bestaande normen, certificeringen en beoordelingssystemen. Hierdoor ontstaat een spanningsveld tussen innovatie en zekerheid.

3.3 Producenten in de markt

Producenten vormen een cruciale schakel in de circulaire betonketen. Hun rol verschuift van verwerkers van primaire grondstoffen naar regisseurs van materiaalstromen. Uit het onderzoek komen vier producenten naar voren die elk een andere strategie hanteren.

3.3.1 Grondstofrecycling

NXT Concrete richt zich op het scheiden van oud beton in grind, zand en vulstof. Deze materialen worden opnieuw ingezet in circulair beton, waardoor minder primaire grondstoffen en minder cement nodig zijn. De productie is KOMO-gecertificeerd, wat laat zien dat circulair beton kan voldoen aan bestaande kwaliteitseisen (NXT Building, z.d.).

3.3.2 Opschaling

Van de Haterd Beton integreert circulair beton in de reguliere betonproductie. Hierdoor wordt circulair beton toegankelijker voor aannemers en opdrachtgevers. Deze aanpak laat zien dat circulariteit niet alleen mogelijk is bij gespecialiseerde bedrijven, maar ook kan worden opgenomen in bestaande productieprocessen (Van de Haterd Beton, 2024).

3.3.3 Industriële systeemverandering

Heidelberg Materials Benelux investeert in gerecyclede toeslagmaterialen, alternatieve bindmiddelen en samenwerking met recyclers. Door de schaalgrootte van dit type producent kan systeemverandering op industriële schaal worden gestimuleerd (Betonakkoord, 2023).

3.3.4 Circulair ontwerp

Voorbij Prefab richt zich vooral op losmaakbaarheid, levensduurverlenging en hergebruik van prefab betonelementen. Hiermee draagt het bedrijf bij aan circulariteit op productniveau, omdat onderdelen later eenvoudiger opnieuw kunnen worden toegepast (Betonhuis, 2023).
Deze voorbeelden laten zien dat circulariteit niet op één uniforme manier wordt ingevuld. Zowel gespecialiseerde circulaire bedrijven als traditionele producenten zijn nodig om circulariteit op te schalen (NXT Building, z.d.; Van de Haterd Beton, 2024; Betonakkoord, 2023; Betonhuis, 2023).

3.4 Reducenten: technieken en hun impact

Reducenten zijn technologieën, materialen en partijen die bijdragen aan het verminderen van grondstoffengebruik en CO_2-uitstoot. Zij opereren op verschillende niveaus in de betonketen.

3.4.1 Productieniveau: CO_2-reductie

Op productieniveau gaat het om maatregelen zoals klinkervervanging, alternatieve brandstoffen en efficiëntieverbeteringen. Deze maatregelen kunnen op korte termijn bijdragen aan emissiereductie. Tegelijkertijd blijven ze grotendeels binnen een lineair systeem, omdat de nadruk ligt op het verminderen van negatieve impact in plaats van het volledig sluiten van kringlopen (Betonhuis, z.d.-b).

3.4.2 Procesniveau: betonrecycling

Op procesniveau wordt betonpuin verwerkt tot gerecycled granulaat dat primaire grondstoffen deels kan vervangen. Een belangrijk aandachtspunt is downcycling. Hierbij wordt beton wel opnieuw gebruikt, maar neemt de oorspronkelijke materiaalwaarde af. Selectieve sloopmethoden kunnen bijdragen aan hoogwaardiger hergebruik, omdat onderdelen of zuivere materiaalstromen beter gescheiden blijven (Kerkhoven, 2023).

Bedrijven zoals Gubbels optimaliseren dit proces door betonpuin te upcyclen tot granulaat met korrelgroottes van 4–16 mm of 4–22 mm. Dit granulaat kan dienen als circulaire grindvervanger bij de productie van nieuw beton (Gubbels, 2026). De Europese normen EN 12620 en NBN EN 206 vormen samen met de Belgische norm NBN B 15-001 het kader voor het gebruik van gerecyclede granulaten in beton (Circular Concrete Center, z.d.).

3.4.3 Ontwerpniveau: circulair ontwerpen

Circulair ontwerpen wordt gezien als één van de meest effectieve strategieën, omdat al in de ontwerpfase wordt gestuurd op materiaalreductie, losmaakbaarheid en herbruikbaarheid. Door constructies demontabel en gestandaardiseerd te ontwerpen, kunnen onderdelen later eenvoudiger worden hergebruikt. Platform CB’23 biedt hiervoor nationale leidraden en afspraken (Platform CB’23, 2023).

3.4.4 Alternatieve bindmiddelen: geopolymeerbeton

Alternatieve bindmiddelen, zoals geopolymeerbeton, worden vaak genoemd als kansrijke innovatie. Op projectniveau kunnen deze materialen leiden tot een lagere MKI-score. Op systeemniveau is de bijdrage echter beperkter wanneer vooral gebruik wordt gemaakt van grondstoffen die al in de cement- en betonindustrie worden toegepast. In dat geval ontstaat vooral een verschuiving van grondstoffen in plaats van een daadwerkelijke reductie van de totale CO_2-uitstoot (Cement en Beton Centrum, z.d.).

3.5 Innovatie: basaltwapening

Een opvallende ontwikkeling binnen het landschap van circulair beton is basaltwapening. Dit composietmateriaal is gebaseerd op vulkanisch gesteente. Basaltwapening is lichter dan staal, roest niet en heeft een lagere CO_2-footprint. De treksterkte kan oplopen tot 1.100 MPa, wat ongeveer 2,5 keer hoger is dan die van staal. Daarnaast is het materiaal bestand tegen vocht, chemicaliën en temperaturen tot ongeveer 700 °C (Lingen, 2024).

De kosten van basaltwapening liggen ongeveer 20–30% hoger per ton dan staal. Daar staat tegenover dat lagere transport-, arbeids- en onderhoudskosten deze meerkosten op langere termijn deels kunnen compenseren. De betonregelgeving is echter nog niet volledig afgestemd op het gebruik van niet-stalen wapening. Hierdoor blijft grootschalige toepassing voorlopig beperkt (Basaltwapening, z.d.).

3.6 Praktijk: resultaten uit Enschede

De gemeente Enschede biedt een concreet voorbeeld van circulair betonbeheer in de praktijk. De gemeente hanteert drie hoofddoelen: CO_2-reductie, verlaging van MKI-waarden en bevordering van circulariteit.
In de praktijk wordt betonpuin regionaal verwerkt, vindt transport plaats met HVO en worden materialen hergebruikt via een 70/30-fractieverdeling. In 2024 leidde deze werkwijze tot een besparing van circa €10.000 op de afvoer van betonpuin en circa €66.000 op de inkoop van materialen. De totale besparing bedroeg daarmee ongeveer €76.000. Per productgroep ging het om inkoopbesparingen van 8,4% bij banden, 8,1% bij stenen en 7,8% bij tegels (Resultaten onderzoek Enschede, 2026).
Voor 2025 wordt verwacht dat bij ongeveer 5.850 ton vrijkomend materiaal een besparing van circa €100.000 mogelijk is (Resultaten onderzoek Enschede, 2026).
Tegelijkertijd laat de praktijkcase zien dat het proces nog niet volledig gesloten is. Een deel van het materiaal gaat nog steeds naar de stort. Daarnaast ontstaat spanning tussen de wens om materialen via de aannemer te laten leveren en de eigen duurzaamheidsdoelstellingen van de gemeente. Enschede zoekt hiervoor naar oplossingen in standaard besteksposten, zodat circulaire eisen duidelijker kunnen worden opgenomen in contracten en aanbestedingen.

3.7 Systeemanalyse

Met behulp van het ijsbergmodel wordt duidelijk waarom de transitie naar circulair beton trager verloopt dan technisch mogelijk is.
Boven de waterlijn zijn zichtbare onderdelen aanwezig, zoals betonrecycling, CO_2-reductiedoelen, gerecyclede granulaten, naleving van regelgeving en financiële besparingen.
Onder de waterlijn liggen de minder zichtbare factoren die het systeem daadwerkelijk sturen. Hierbij gaat het om economische belangen, gevestigde werkwijzen, versnipperde verantwoordelijkheden, beperkte ketensamenwerking en informele afspraken. Deze factoren houden het bestaande systeem in stand.
De kloof tussen beschikbare technische oplossingen en daadwerkelijke toepassing in de praktijk is daardoor aanzienlijk. Kostenstructuren, fragmentatie in de keten en regelgeving die niet altijd aansluit op innovatie remmen de voortgang (Melis et al., 2026).

3.8 Conclusie

Het landschap van circulair beton is volop in beweging. De markt kent een groeiend aantal producenten en technieken die circulariteit op verschillende manieren invullen. Regelgeving duwt de sector in de richting van meer transparantie, CO_2-reductie en hergebruik. Praktijkvoorbeelden zoals Enschede tonen aan dat financieel en ecologisch voordeel hand in hand kunnen gaan. Innovaties zoals basaltwapening, circulair granulaat en demontabel ontwerpen verbreden het speelveld verder.

Tegelijkertijd blijft de keten versnipperd en zijn onderliggende belangen en werkwijzen hardnekkig. De grootste winst zit daarom niet in één afzonderlijke technologie, maar in een integrale benadering. Circulair ontwerpen vormt daarbij een belangrijk fundament, ondersteund door ketensamenwerking, hoogwaardige recycling, datadeling en een regelgevend kader dat innovatie mogelijk maakt.

Deze analyse laat zien dat de markt voldoende technische mogelijkheden biedt, maar dat verdere ontwikkeling vooral afhankelijk is van gezamenlijke afspraken over data, kwaliteit, verantwoordelijkheden en toepassing.

4 AFSPRAKEN MAKEN

4.1 Waarom afspraken nodig zijn

Om de circulaire betonketen in Nederland verder tot ontwikkeling te laten komen, zijn duidelijke afspraken nodig. Deze afspraken zijn belangrijk om materiaalpaspoorten, standaardisatie en hoogwaardig hergebruik daadwerkelijk in de praktijk toe te passen. Alle betrokken partijen moeten met dezelfde informatie werken en moeten weten wie waarvoor verantwoordelijk is. Zonder deze duidelijkheid blijft de waardeketen afhankelijk van losse projecten, tijdelijke initiatieven en de inzet van individuele personen.

Uit de uitgevoerde onderzoeken blijkt dat de betonketen niet vooral vastloopt op technische mogelijkheden, maar op de manier waarop de keten is georganiseerd. Er zijn al verschillende technieken beschikbaar om beton te recyclen, opnieuw toe te passen of circulairder te ontwerpen. De grootste uitdaging zit vooral in het gebrek aan inzicht, de versnipperde verantwoordelijkheden en het ontbreken van gezamenlijke afspraken tussen ketenpartners. In het onderzoek naar organisatie en systeemdenken wordt dit ook benoemd als een belangrijk knelpunt: beperkte samenwerking, versnipperde verantwoordelijkheden en kostenstructuren gericht op de korte termijn vertragen de toepassing van circulaire oplossingen (Melis et al., 2026).

4.2 Behoefte aan duidelijkheid in de keten

De belangrijkste behoefte binnen de keten is duidelijkheid. Partijen moeten weten welke betonstromen vrijkomen, welke kwaliteit deze materialen hebben, waar ze beschikbaar komen en op welk moment. Daarnaast moet duidelijk zijn wie eigenaar is van het materiaal, wie verantwoordelijk is voor opslag en transport, wie de kwaliteit beoordeelt en welke partij de gegevens aanlevert. Ook moet worden afgesproken wie verantwoordelijk is voor het actueel houden van deze informatie.

Deze behoefte aan duidelijkheid geldt voor de hele keten. Gemeenten en provincies hebben inzicht nodig in hun bestaande assets en geplande vervangingen. Aannemers hebben informatie nodig over beschikbaarheid, kwaliteit en toepasbaarheid van vrijkomende materialen. Producenten en verwerkers moeten weten welke materiaalstromen beschikbaar komen en of deze voldoen aan de eisen voor hergebruik of verwerking. Zonder deze gedeelde informatie ontstaat er geen structurele koppeling tussen vraag en aanbod.

4.3 Vastleggen van data in het materiaalpaspoort

Voor het materiaalpaspoort betekent dit dat vooraf moet worden bepaald welke gegevens minimaal worden vastgelegd. Hierbij kan worden gedacht aan de herkomst van het beton, de hoeveelheid, de kwaliteit, de locatie, de verwachte vrijkomstdatum en de mogelijke toepassingen. Deze gegevens moeten op een vaste en vergelijkbare manier worden geregistreerd. Alleen dan kunnen gemeenten, aannemers, producenten en verwerkers de informatie gebruiken om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen.

In de roadmap van Concrete Stories wordt deze stap ook benoemd. Daarin staat dat bij het maken van afspraken moet worden bepaald welke data in het materiaalpaspoort wordt opgenomen, waar deze data wordt geborgd en wie verantwoordelijk is voor de actualiteit ervan. Het materiaalpaspoort is daarmee niet alleen een registratiemiddel, maar ook een hulpmiddel om verantwoordelijkheden en informatieafspraken binnen de keten concreet te maken (Concrete Stories, 2026).

4.4 Rol van IMBOR en GIS bij standaardisatie

Om gegevens eenduidig vast te leggen, kunnen bestaande datastandaarden en digitale systemen helpen. IMBOR, het Informatiemodel Beheer Openbare Ruimte, kan hierbij een belangrijke rol spelen. IMBOR zorgt ervoor dat objecten in de openbare ruimte, zoals bruggen, wegen, riolering en andere assets, op een uniforme manier worden beschreven. Daarbij gaat het bijvoorbeeld om objecttype, materiaal, afmetingen, bouwjaar, onderhoudstoestand en vervangingsmoment. Door dit soort gegevens volgens een vaste standaard vast te leggen, wordt informatie beter vergelijkbaar en uitwisselbaar tussen gemeenten, provincies, aannemers en andere ketenpartijen (Wat is IMBOR?, 2026).

GIS, bijvoorbeeld ArcGIS, kan vervolgens worden gebruikt om deze data ruimtelijk inzichtelijk te maken. Waar IMBOR vooral helpt bij het structureren van gegevens, helpt GIS bij het visualiseren, koppelen en analyseren van deze informatie. Hierdoor kan op kaart worden weergegeven waar betonconstructies liggen, wanneer ze vervangen worden, welke materialen vrijkomen en waar mogelijke hergebruiklocaties of verwerkingslocaties aanwezig zijn (Werkdocument opzet mogelijkheden GIS, 2026).

In het onderzoek naar ArcGIS wordt beschreven dat data over assetinformatie, verwachte vervangingsdata, opslaglocaties, verwerkingsbedrijven en nieuwbouwlocaties ruimtelijk gecombineerd kan worden. Hierdoor ontstaat een integraal overzicht van vraag en aanbod binnen de betonketen. Dit

vormt een belangrijke basis voor het identificeren van kansen voor hergebruik en het optimaliseren van materiaalstromen (Werkdocument opzet mogelijkheden GIS, 2026).

Daarmee ondersteunen IMBOR en GIS niet alleen het verzamelen van data, maar ook het maken en vastleggen van afspraken. In plaats van dat elke organisatie zelf bepaalt welke informatie wordt geregistreerd, kan gezamenlijk worden afgesproken welke minimale datavelden nodig zijn. Denk hierbij aan materiaalsoort, afmetingen, constructieve toestand, verwachte vrijkomstdatum en locatie. Deze afspraken kunnen vervolgens worden opgenomen in beheerprocessen, aanbestedingen en projectdocumenten. Zonder een gedeelde datastandaard blijft informatie tussen organisaties moeilijk vergelijkbaar en blijft hergebruik afhankelijk van losse inschattingen.

4.5 Borgen van afspraken in werkwijzen en contracten

De afspraken moeten niet alleen technisch worden vastgelegd, maar ook worden geborgd in bestaande werkwijzen. Dit kan bijvoorbeeld via aanbestedingsleidraden, contracteisen, EMVI-criteria, normen, richtlijnen of financiële stimulansen. Op die manier wordt het materiaalpaspoort geen vrijblijvend hulpmiddel, maar een vast onderdeel van projecten binnen de betonketen.

De overheid kan hierin een belangrijke rol spelen. Gemeenten, provincies en Rijkswaterstaat kunnen circulaire eisen opnemen in aanbestedingen en contracten. Ook kunnen zij stimuleren dat ketenpartijen data delen en materiaalpaspoorten gebruiken bij nieuwbouw-, onderhouds- en vervangingsprojecten. In het onderzoek naar wet- en regelgeving komt naar voren dat er steeds meer aandacht is voor transparantie, productpaspoorten, milieuprestaties en de volledige levenscyclus van beton (Pool, 2026).

Door afspraken vast te leggen in contracten en aanbestedingen wordt circulariteit minder vrijblijvend. Het wordt dan niet alleen een ambitie, maar een concrete eis binnen het projectproces. Dit is belangrijk omdat marktpartijen niet altijd vanzelf investeren in extra registratie, kwaliteitscontrole of datadeling. Wanneer deze onderdelen vooraf worden opgenomen in de projectafspraken, ontstaat er meer zekerheid over rollen, kosten en verantwoordelijkheden.

4.6 Praktijkvoorbeeld Enschede

Ook uit de praktijkcase Enschede blijkt dat duidelijke afspraken nodig zijn. De gemeente wil materialen graag opnieuw toepassen, maar in de praktijk ontstaat spanning tussen de gemeentelijke duurzaamheidsdoelen en de manier waarop materialen door aannemers worden geleverd. In deze case wordt gewerkt met CO_2-reductie, verlaging van MKI-waarden en circulariteit, maar blijkt ook dat de werkwijze nog niet volledig gesloten is (Resultaten onderzoek Enschede, 2026).

Daarom wordt gezocht naar standaard besteksposten, zodat circulaire eisen duidelijker als contractuele eis kunnen worden opgenomen. Dit voorbeeld laat zien dat circulaire ambities pas waarde krijgen wanneer ze worden vertaald naar concrete afspraken in bestekken, contracten en projectdocumenten. Zolang niet duidelijk is welke materialen moeten worden hergebruikt, wie verantwoordelijk is voor de levering en hoe kwaliteit wordt beoordeeld, blijft circulariteit moeilijk uitvoerbaar. Standaard besteksposten kunnen helpen om deze afspraken op een herkenbare en herhaalbare manier toe te passen binnen projecten.

4.7 Deelconclusie

Afspraken maken is een noodzakelijke stap om van losse circulaire ambities naar een werkbare ketenaanpak te gaan. Het materiaalpaspoort kan hierbij dienen als centraal hulpmiddel, maar alleen wanneer helder is welke data nodig is, wie verantwoordelijk is en hoe de afspraken worden geborgd.

IMBOR en GIS kunnen deze afspraken ondersteunen door data op een vaste manier te structureren, vast te leggen en ruimtelijk inzichtelijk te maken. Contracten, aanbestedingen en bestekken zorgen er vervolgens voor dat deze afspraken ook daadwerkelijk onderdeel worden van de projectpraktijk. Daarmee vormt deze stap de verbinding tussen inzicht, samenwerking en daadwerkelijke uitvoering.

5 PROCES INRICHTEN

Onderstaand hoofdstuk vormt de brug tussen de algemene informatie uit de voorgaande hoofdstukken en de pilot die wordt beschreven in hoofdstuk 7. In de eerdere hoofdstukken is inzicht gecreëerd in de omvang van de betonvoorraad, de betrokken stakeholders en de behoefte aan afspraken rondom data-uitwisseling en materiaalpaspoorten. In dit hoofdstuk wordt stapsgewijs beschreven hoe het proces en de ondersteunende systemen ingericht kunnen worden om de circulaire betonketen zo efficiënt mogelijk te laten functioneren.

Uit de verschillende onderzoeken blijkt dat de grootste uitdaging niet ligt in de techniek, maar in de organisatie van de keten. Technische oplossingen voor hergebruik zijn grotendeels beschikbaar, maar worden nog beperkt toegepast doordat data versnipperd is, verantwoordelijkheden niet altijd duidelijk zijn en vraag en aanbod onvoldoende op elkaar worden afgestemd (Melis et al., 2026). Een goede procesinrichting vormt daarom een belangrijke voorwaarde voor een succesvolle circulaire betonketen.

5.1 Registreren van bestaande betonvoorraden

De eerste stap binnen een circulaire betonketen is het inzichtelijk maken van de bestaande betonvoorraad. Uit de uitgevoerde data-analyse blijkt dat grote hoeveelheden beton aanwezig zijn in zowel gebouwen als infrastructuur. Door gegevens uit bestaande registratiesystemen, zoals de BAG, BGT en gemeentelijke beheersystemen, te combineren, ontstaat inzicht in de locatie, omvang, leeftijd en verwachte vervangingsmomenten van betonconstructies (Kanafani, 2026).

Naast gebouwen kunnen ook kunstwerken, betonverhardingen, bruggen, viaducten en andere infrastructurele objecten worden opgenomen. Hierdoor ontstaat een regionaal overzicht van toekomstige betonstromen en potentiële hergebruikslocaties. Een dergelijke inventarisatie vormt de basis voor alle vervolgstappen binnen de circulaire betonketen.

5.2 Vastleggen van data in materiaalpaspoorten

Nadat objecten zijn geïnventariseerd, moet relevante informatie worden vastgelegd in materiaalpaspoorten. Binnen de roadmap die door de groep Concrete Stories is opgesteld, wordt het materiaalpaspoort gezien als één van de belangrijkste hulpmiddelen voor het organiseren van de circulaire betonketen. Hierin worden gegevens vastgelegd over onder andere herkomst, afmetingen, constructieve eigenschappen, kwaliteit, hoeveelheden en verwachte beschikbaarheid van materialen (Concrete Stories, 2026).

Door gebruik te maken van een uniforme datastructuur ontstaat een betrouwbare informatiebasis voor alle betrokken partijen. Hierdoor wordt voorkomen dat informatie verloren gaat wanneer objecten worden vervangen of gesloopt.

5.3 Centrale opslag en delen van informatie

Om de verzamelde gegevens bruikbaar te maken, moeten deze centraal beschikbaar worden gesteld. Hierbij kunnen GIS-systemen zoals ArcGIS een belangrijke rol vervullen. ArcGIS maakt het mogelijk om data te visualiseren, beheren, koppelen en analyseren. Hierdoor ontstaat inzicht in zowel vrijkomende betonstromen als toekomstige projecten waarin deze materialen mogelijk opnieuw kunnen worden toegepast (Werkdocument opzet mogelijkheden GIS, 2026).

Voor een goede werking van het systeem is standaardisatie noodzakelijk. Het Informatiemodel Beheer Openbare Ruimte (IMBOR) kan hierbij worden gebruikt als uniforme datastructuur. IMBOR beschrijft welke gegevens van objecten worden vastgelegd en op welke wijze deze worden geregistreerd. Hierdoor wordt data beter uitwisselbaar tussen gemeenten, aannemers, beheerders en andere betrokken partijen (Wat is IMBOR?, 2026).

5.4 Koppelen van vraag en aanbod

Wanneer voldoende informatie beschikbaar is, kan actief worden gezocht naar koppelingen tussen vrijkomende betonstromen en nieuwe projecten. Uit meerdere onderzoeken blijkt dat de huidige betonketen vooral gericht is op het registreren van aanbod, terwijl de vraagzijde nog beperkt wordt meegenomen. Hierdoor blijft hoogwaardig hergebruik vaak afhankelijk van toeval (Conclusie en aanbevelingen, 2026).

Door toekomstige vervangingsprojecten, opslaglocaties en nieuwbouwprojecten gezamenlijk in beeld te brengen, kan beter worden bepaald waar materialen opnieuw kunnen worden toegepast. Hierbij spelen factoren zoals kwaliteit, planning, hoeveelheid en transportafstand een belangrijke rol.

5.5 Logistieke organisatie van materiaalstromen

Na het koppelen van vraag en aanbod moet worden bepaald hoe materialen worden opgeslagen, getransporteerd en verwerkt. Hierbij kunnen regionale opslaglocaties fungeren als tijdelijke buffer tussen sloop- en nieuwbouwprojecten.
Transport vormt één van de belangrijkste kostenposten binnen de circulaire betonketen. Daarom is het van belang om materiaalstromen zoveel mogelijk regionaal te organiseren. Door transportafstanden te beperken, kunnen zowel kosten als CO_2-uitstoot worden gereduceerd. Daarnaast ontstaat meer flexibiliteit wanneer vraag en aanbod niet exact gelijktijdig beschikbaar zijn.

5.6 Monitoring en continue verbetering

De laatste stap binnen het proces bestaat uit het monitoren van de resultaten. Hierbij wordt geregistreerd hoeveel beton vrijkomt, hoeveel materiaal hoogwaardig wordt hergebruikt en welke milieuwinst wordt gerealiseerd.
Door deze gegevens periodiek te evalueren, ontstaat inzicht in de werking van de keten en kunnen knelpunten worden geïdentificeerd. Naarmate meer projecten worden uitgevoerd, zal ook de beschikbare dataset groeien. Hierdoor worden analyses betrouwbaarder en kunnen toekomstige materiaalstromen steeds nauwkeuriger worden voorspeld.

5.7 Deelconclusie

Uit de uitgevoerde onderzoeken blijkt dat de techniek voor een circulaire betonketen grotendeels beschikbaar is. De grootste uitdaging ligt in het organiseren van data, samenwerking en informatie-uitwisseling tussen de verschillende ketenpartners. Door betonvoorraden te registreren, gegevens vast te leggen in materiaalpaspoorten, gebruik te maken van gestandaardiseerde datastructuren zoals IMBOR en deze informatie te koppelen binnen GIS-systemen, ontstaat een basis voor hoogwaardig hergebruik van beton. Hiermee verschuift de betonketen van een voornamelijk lineair systeem naar een systeem waarin materialen gedurende meerdere levenscycli kunnen worden benut.

6 PILOT UITVOEREN

6.1 Waarom een pilot nodig is

Na het creëren van inzicht, het raadplegen van de markt, het maken van afspraken en het inrichten van het proces is een pilot nodig. De eerdere stappen zijn vooral gericht op voorbereiding en organisatie. In deze fases wordt bepaald welke data nodig is, welke partijen betrokken zijn en hoe afspraken worden vastgelegd. Een pilot is vervolgens nodig om te toetsen of deze aanpak ook in de praktijk werkt.

Het materiaalpaspoort kan op papier een goede oplossing lijken, maar pas in een concreet project wordt duidelijk of de werkwijze uitvoerbaar is. In de praktijk kunnen namelijk knelpunten ontstaan die vooraf lastig te voorspellen zijn. Denk hierbij aan ontbrekende data, onduidelijke verantwoordelijkheden, extra administratieve lasten, kosten voor opslag en transport of onzekerheid over de kwaliteit van vrijkomend beton.

In de roadmap van Concrete Stories wordt de pilot ook benoemd als noodzakelijke stap. De eerste vier stappen zijn vooral voorbereidend en organisatorisch. In de pilot wordt getest of de afspraken, het digitale proces en de samenwerking in de praktijk werken. Zonder pilot blijft het materiaalpaspoort vooral een theoretisch concept (Concrete Stories, 2026).

6.2 Opzet van de pilot

Een pilot kan het beste worden uitgevoerd binnen een concreet civiel project waarin beton vrijkomt of opnieuw toegepast kan worden. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gekozen voor een gemeentelijk project waarbij een brug, duiker, kademuur, betonverharding of ander betonnen object wordt vervangen. Vooraf wordt het object geïnventariseerd en wordt vastgelegd welke betonnen onderdelen aanwezig zijn, welke kwaliteit ze hebben en wanneer ze vrijkomen.

De pilot moet klein genoeg zijn om overzichtelijk te blijven, maar groot genoeg om waardevolle lessen op te leveren. Een geschikt voorbeeld is het in kaart brengen van enkele betonnen bruggen die binnen vijf jaar vervangen moeten worden. Van deze objecten kan een decompositie worden gemaakt, waarbij de belangrijkste betonnen onderdelen worden beschreven. Denk hierbij aan liggers, dekplaten, funderingselementen of andere constructieve onderdelen. Op deze manier wordt zichtbaar welke onderdelen mogelijk geschikt zijn voor hergebruik.

Binnen de pilot wordt het materiaalpaspoort gebruikt om deze informatie op een vaste manier vast te leggen. Hierbij worden gegevens opgenomen zoals materiaalsoort, afmetingen, constructieve toestand, locatie, verwachte vrijkomstdatum en mogelijke toepassing. Deze informatie kan vervolgens worden gekoppeld aan GIS, zodat ruimtelijk zichtbaar wordt waar materiaal vrijkomt en waar mogelijk vraag naar betononderdelen bestaat. In de aanbevelingen over GIS wordt ook voorgesteld om gemeenten te laten starten met het in kaart brengen van vijf betonnen bruggen die binnen vijf jaar vervangen moeten worden (Conclusie en aanbevelingen, 2026).

6.3 Wat wordt getest in de pilot?

In de pilot moet niet alleen worden gekeken of beton technisch herbruikbaar is. Het doel is vooral om te testen of de volledige werkwijze rondom het materiaalpaspoort functioneert. Daarbij worden verschillende onderdelen beoordeeld.

Ten eerste wordt getest of de juiste data beschikbaar is. Er moet worden onderzocht of gegevens over materiaalsoort, kwaliteit, afmetingen, locatie en vervangingsmoment eenvoudig uit bestaande systemen kunnen worden gehaald. Wanneer data ontbreekt, moet duidelijk worden welke extra inventarisatie nodig is.

Ten tweede wordt getest of de gemaakte afspraken duidelijk genoeg zijn. Alle betrokken partijen moeten weten wie de data aanlevert, wie de kwaliteit controleert, wie eigenaar is van het materiaal en wie verantwoordelijk is voor opslag, transport en toepassing. Wanneer hierover onduidelijkheid ontstaat, moet de werkwijze worden aangepast.

Ten derde wordt gekeken of vraag en aanbod daadwerkelijk gekoppeld kunnen worden. Het is niet voldoende om alleen te weten welk beton vrijkomt. Er moet ook worden onderzocht of er binnen een haalbare afstand een project is waar het materiaal opnieuw toegepast kan worden. Hierbij kan GIS helpen om locaties, afstanden en logistieke mogelijkheden inzichtelijk te maken. ArcGIS kan worden ingezet om materiaalstromen, locaties en logistieke verbanden ruimtelijk te analyseren en daarmee kansen voor hergebruik zichtbaar te maken (Werkdocument opzet mogelijkheden GIS, 2026).

Ten slotte moet worden getest of de werkwijze praktisch uitvoerbaar is voor de betrokken partijen. Het materiaalpaspoort mag niet leiden tot een te grote administratieve belasting. De data moet eenvoudig kunnen worden ingevoerd, beheerd en gedeeld. Alleen dan is de kans groot dat partijen het systeem ook na de pilot blijven gebruiken.

6.4 Rollen van betrokken partijen

Een pilot kan alleen slagen wanneer de rollen van de betrokken partijen duidelijk zijn. De gemeente of provincie kan optreden als opdrachtgever en aanjager van de pilot. Deze partij bepaalt het project, stelt circulariteitseisen en zorgt ervoor dat het materiaalpaspoort onderdeel wordt van de opdracht.

De aannemer speelt een belangrijke rol bij de uitvoering. Deze partij kan informatie aanleveren over de daadwerkelijke sloop, demontage, verwerking en logistiek. Ook kan de aannemer aangeven welke eisen en knelpunten er in de praktijk ontstaan.

Producenten en verwerkers zijn nodig om te beoordelen of het vrijkomende beton opnieuw kan worden toegepast. Zij hebben kennis van kwaliteitseisen, productieprocessen en mogelijke toepassingen. Uit het onderzoek naar producenten blijkt dat producenten een belangrijke schakel vormen in de circulaire betonketen, omdat zij bepalen welke grondstoffen worden gebruikt en in welke mate hergebruik of recycling mogelijk is (Wammes, 2026).

Daarnaast kan een data- of GIS-specialist worden betrokken. Deze partij ondersteunt bij het vastleggen, koppelen en visualiseren van de gegevens. Hierdoor kan de pilot niet alleen technisch, maar ook datagedreven worden uitgevoerd.

6.5 Monitoring en evaluatie

Om van de pilot te leren, moeten vooraf meetbare doelen worden opgesteld. Zonder monitoring blijft onduidelijk of de pilot daadwerkelijk heeft bijgedragen aan hoogwaardig hergebruik. Mogelijke indicatoren zijn de hoeveelheid beton die opnieuw is toegepast, de hoeveelheid vermeden afval, de vermeden CO_2-uitstoot, de kwaliteit van de vastgelegde data en de mate waarin vraag en aanbod aan elkaar gekoppeld konden worden.

Ook moet worden geëvalueerd hoe de samenwerking tussen partijen is verlopen. Daarbij kan worden gekeken of rollen en verantwoordelijkheden duidelijk waren, of de contractuele afspraken voldoende houvast boden en of het materiaalpaspoort praktisch bruikbaar was. In de aanbevelingen over GIS en data wordt benoemd dat pilots structureel gemonitord en geëvalueerd moeten worden. Daarbij kunnen meetbare doelen worden gebruikt, zoals de hoeveelheid hergebruikt beton in tonnen, de vermeden CO_2-uitstoot en de nauwkeurigheid van de GIS-analyses ten opzichte van de werkelijke situatie (Conclusie en aanbevelingen, 2026).

De uitkomsten van de pilot moeten worden gebruikt om de werkwijze verder aan te scherpen. Wanneer blijkt dat bepaalde datavelden ontbreken, kunnen deze worden toegevoegd aan de minimale datastandaard. Wanneer blijkt dat bepaalde afspraken onduidelijk zijn, kunnen deze scherper worden opgenomen in contracten of aanbestedingen. Op die manier wordt de pilot niet alleen een testproject, maar ook een leerstap richting structurele invoering.

6.6 Deelconclusie

Een pilot is noodzakelijk om het materiaalpaspoort van theorie naar praktijk te brengen. In deze fase wordt getest of de data beschikbaar en bruikbaar is, of afspraken duidelijk genoeg zijn en of partijen daadwerkelijk kunnen samenwerken binnen een circulaire betonketen.

De pilot maakt zichtbaar welke onderdelen van de aanpak werken en welke onderdelen moeten worden verbeterd. Daarmee vormt de pilot een belangrijke tussenstap tussen het inrichten van het proces en het lokaal invoeren en opschalen van de werkwijze. Alleen door de aanpak in de praktijk te testen, kan worden bepaald of het materiaalpaspoort geschikt is voor bredere toepassing binnen de betonketen.

7 LOKAAL INVOEREN EN OPSCHALEN

7.1 Van pilot naar structurele werkwijze

Wanneer de pilot is uitgevoerd, moet worden bepaald welke onderdelen van de aanpak goed hebben gewerkt en welke onderdelen moeten worden verbeterd. De pilot is daarmee niet het eindpunt, maar een leerstap richting structurele invoering. De ervaringen uit de pilot kunnen worden gebruikt om het materiaalpaspoort, de datavelden, de rolverdeling en de contractuele afspraken verder aan te scherpen.

Het is belangrijk dat de resultaten van de pilot worden vastgelegd en geëvalueerd. Daarbij moet niet alleen worden gekeken naar de hoeveelheid beton die opnieuw is toegepast, maar ook naar de samenwerking tussen partijen, de kwaliteit van de data, de uitvoerbaarheid van het proces en de logistieke haalbaarheid. Alleen wanneer duidelijk is wat wel en niet werkt, kan de aanpak verantwoord worden opgeschaald.

In de roadmap van Concrete Stories wordt opschaling gezien als de laatste stap. Na een succesvolle pilot kan de werkwijze eerst lokaal of regionaal worden toegepast. Daarna kan het systeem worden opgenomen in aanbestedingen, projectprocessen en bestaande werkwijzen binnen de betonketen (Concrete Stories, 2026).

7.2 Lokaal invoeren binnen gemeenten en provincies

De eerste stap na de pilot is lokale invoering. Gemeenten en provincies kunnen hierbij een belangrijke rol spelen, omdat zij eigenaar en beheerder zijn van veel civiele objecten in de openbare ruimte. Denk hierbij aan bruggen, viaducten, duikers, kademuren, betonverhardingen en andere betonconstructies. Juist bij deze objecten kan vroegtijdig worden bepaald wanneer beton vrijkomt en of onderdelen opnieuw toepasbaar zijn.
Lokale invoering betekent dat het materiaalpaspoort onderdeel wordt van de normale projectaanpak. Bij nieuwe projecten, onderhoudsprojecten en vervangingsopgaven moet vooraf worden vastgelegd welke materialen aanwezig zijn, welke kwaliteit ze hebben en wanneer ze vrijkomen. Ook moet bij nieuwbouwprojecten worden vastgelegd welke materialen worden toegepast, zodat deze informatie later opnieuw gebruikt kan worden.
Gemeenten en provincies kunnen dit opnemen in hun beheerprocessen en projectdocumenten. Hierbij kunnen bestaande systemen, zoals beheerprogramma's, IMBOR en GIS, worden gebruikt om data op een vaste manier vast te leggen en te actualiseren. Hierdoor ontstaat niet alleen inzicht in één project, maar stap voor stap ook in de bredere materiaalvoorraad binnen de openbare ruimte.

7.3 Regionale samenwerking in de betonketen

Hoewel lokale invoering belangrijk is, vraagt een circulaire betonketen ook om regionale samenwerking. Betonstromen houden namelijk niet op bij gemeentegrenzen. Een brug die in de ene gemeente wordt vervangen, kan mogelijk materiaal opleveren voor een project in een andere gemeente. Daarom is het belangrijk dat gemeenten, provincies, aannemers, producenten, verwerkers en opslaglocaties informatie met elkaar delen.
Regionale samenwerking maakt het mogelijk om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Wanneer bekend is waar beton vrijkomt, waar opslag mogelijk is en waar nieuwe projecten plaatsvinden, kunnen materiaalstromen gerichter worden gekoppeld. GIS kan hierbij helpen door vrijkomende materialen, hergebruiklocaties, verwerkingsbedrijven en transportafstanden ruimtelijk inzichtelijk te maken.
Voor regionale samenwerking is wel een gezamenlijke werkwijze nodig. Partijen moeten dezelfde datavelden gebruiken en afspraken maken over eigenaarschap, kwaliteit, transport, opslag en aansprakelijkheid. Zonder deze gezamenlijke basis blijft hergebruik afhankelijk van toevallige contacten of losse projecten.

7.4 Opschalen via standaardisatie en contracten

Opschaling is alleen mogelijk wanneer de werkwijze wordt gestandaardiseerd. Dit betekent dat het materiaalpaspoort, de minimale datavelden en de afspraken over rollen en verantwoordelijkheden op dezelfde manier worden toegepast in meerdere projecten. Hierdoor wordt het voor gemeenten, aannemers en producenten duidelijk wat er van hen wordt verwacht.
Een belangrijke manier om dit te bereiken is het opnemen van circulaire eisen in aanbestedingen, contracten en bestekken. Denk hierbij aan eisen over het aanleveren van materiaaldata, het gebruiken van een materiaalpaspoort, het toepassen van herbruikbare materialen of het aantonen van de milieuwinst. Ook EMVI-criteria kunnen worden gebruikt om marktpartijen te belonen wanneer zij bijdragen aan hergebruik en datadeling.
Daarnaast kunnen standaard besteksposten helpen om circulaire afspraken op een herkenbare manier vast te leggen. Hierdoor hoeft niet elk project opnieuw zelf uit te zoeken hoe hergebruik contractueel moet worden opgenomen. Dit verkleint de kans op onduidelijkheid en maakt het eenvoudiger om de werkwijze breder toe te passen.

7.5 Randvoorwaarden voor opschaling

Voor succesvolle opschaling zijn meerdere randvoorwaarden nodig. Ten eerste moet de data betrouwbaar, actueel en vergelijkbaar zijn. Wanneer gegevens ontbreken of op verschillende manieren worden vastgelegd, wordt het moeilijk om vraag en aanbod te koppelen. Een minimale datastandaard is daarom noodzakelijk.
Ten tweede moet duidelijk zijn wie verantwoordelijk is voor het beheer van de informatie. Het materiaalpaspoort moet actueel blijven gedurende de levensduur van een object. Dit vraagt om duidelijke afspraken over wie data invoert, wie data controleert en wie wijzigingen bijhoudt.
Ten derde is een digitaal platform nodig waarin materiaalinformatie kan worden opgeslagen, gedeeld en geanalyseerd. Dit platform moet eenvoudig te gebruiken zijn, zodat het geen extra drempel vormt voor projectteams en marktpartijen. Een combinatie van IMBOR voor de datastructuur en GIS voor de ruimtelijke analyse kan hierbij een sterke basis vormen.
Ten vierde zijn financiële en organisatorische prikkels nodig. Marktpartijen zullen niet vanzelf investeren in extra registratie, opslag of kwaliteitscontrole wanneer daar geen duidelijke meerwaarde tegenover staat. Daarom moeten opdrachtgevers nadenken over beloning via aanbestedingen, gedeelde voordelen of duidelijke contractuele eisen.
Tot slot blijft monitoring belangrijk. Ook na de pilot moet worden gemeten hoeveel beton daadwerkelijk opnieuw wordt toegepast, welke CO_2-reductie wordt behaald en welke knelpunten blijven bestaan. Op basis hiervan kan de werkwijze steeds verder worden verbeterd.

7.6 Deelconclusie

Lokaal invoeren en opschalen is de stap waarin het materiaalpaspoort onderdeel wordt van de normale werkwijze binnen de betonketen. Een succesvolle pilot heeft pas echte waarde wanneer de geleerde lessen worden vertaald naar beheerprocessen, aanbestedingen, contracten en regionale samenwerking.

Gemeenten en provincies kunnen hierin een aanjagende rol spelen door materiaalpaspoorten en circulaire eisen op te nemen in hun eigen projecten. Door vervolgens regionaal samen te werken en data via standaarden zoals IMBOR en GIS te delen, kan vraag en aanbod beter aan elkaar worden gekoppeld.

Opschaling vraagt daarom niet alleen om techniek, maar vooral om structurele afspraken, betrouwbare data, duidelijke verantwoordelijkheden en blijvende samenwerking tussen ketenpartijen. Alleen dan kan het materiaalpaspoort bijdragen aan een circulaire betonketen die niet afhankelijk is van losse projecten, maar onderdeel wordt van de standaard werkwijze.

8 DISCUSIE EN CONCLUSIE

8.1 Discusie

Uit het onderzoek blijkt dat de circulaire betonketen technisch gezien al veel mogelijkheden heeft. Beton kan worden gerecycled, betongranulaat kan opnieuw worden toegepast en er zijn ontwikkelingen op het gebied van prefab hergebruik, circulair ontwerpen, alternatieve bindmiddelen en basaltwapening. Toch worden deze mogelijkheden in de praktijk nog niet op grote schaal hoogwaardig toegepast. Dit laat zien dat de grootste uitdaging niet alleen technisch is, maar vooral organisatorisch van aard.

Een belangrijk discussiepunt is dat Nederland al hoge recyclingpercentages behaalt, maar dat dit niet automatisch betekent dat de betonketen circulair is. Het grootste deel van het vrijkomende beton wordt namelijk laagwaardig hergebruikt, bijvoorbeeld als granulaat in funderingen of wegconstructies. Hierdoor blijft de oorspronkelijke materiaalwaarde beperkt behouden. Hoogwaardig hergebruik vraagt om meer dan alleen recycling. Het vraagt om vroegtijdig inzicht in welke materialen vrijkomen, welke kwaliteit deze materialen hebben en waar ze opnieuw toegepast kunnen worden.

Daarbij speelt data een belangrijke rol. Uit het onderzoek blijkt dat er veel informatie beschikbaar is in bronnen zoals BAG, BGT en gemeentelijke beheersystemen. Tegelijkertijd is deze informatie vaak versnipperd, onvolledig of niet specifiek genoeg om direct hergebruik mogelijk te maken. Voor hoogwaardig hergebruik is meer gedetailleerde informatie nodig, zoals materiaalsoort, afmetingen, constructieve kwaliteit, onderhoudstoestand en verwachte vrijkomstdatum. Zonder deze informatie blijft het lastig om vraag en aanbod goed aan elkaar te koppelen.

Het materiaalpaspoort kan hiervoor een oplossing bieden, maar alleen wanneer vooraf duidelijk wordt afgesproken welke gegevens worden vastgelegd en wie verantwoordelijk is voor het actueel houden van deze gegevens. Een materiaalpaspoort is dus niet alleen een technisch registratiemiddel, maar ook een middel om afspraken en verantwoordelijkheden binnen de keten vast te leggen. Wanneer deze afspraken ontbreken, bestaat het risico dat het materiaalpaspoort een losstaand document wordt dat in de praktijk weinig wordt gebruikt.

Ook standaardisatie is een belangrijk discussiepunt. IMBOR kan helpen om gegevens over objecten in de openbare ruimte op een uniforme manier vast te leggen. GIS, bijvoorbeeld ArcGIS, kan deze gegevens vervolgens ruimtelijk inzichtelijk maken. Samen kunnen IMBOR en GIS bijdragen aan een beter overzicht van waar beton vrijkomt, waar vraag ontstaat en welke transportafstanden haalbaar zijn. Toch is het gebruik hiervan alleen effectief wanneer gemeenten, provincies, aannemers en producenten bereid zijn om op dezelfde manier data vast te leggen en te delen.

Daarnaast blijkt uit de praktijkcase Enschede dat circulaire ambities pas echt waarde krijgen wanneer ze worden vertaald naar concrete afspraken in bestekken, contracten en aanbestedingen. Zolang circulariteit alleen als ambitie wordt benoemd, blijft de uitvoering afhankelijk van losse initiatieven en betrokken personen. Door circulaire eisen op te nemen in contracten, EMVI-criteria en standaard besteksposten kan circulariteit beter worden geborgd in de projectpraktijk.

Een beperking van dit onderzoek is dat een deel van de gegevens is gebaseerd op deskresearch, online bronnen en regionale data uit Twente. Hierdoor geven de resultaten een goed beeld van de kansen en knelpunten, maar nog geen volledig gevalideerd beeld van de praktijk in heel Nederland. Ook zijn aannames gedaan over betonvolumes, vrijkomende materiaalstromen en hergebruikspotentie. Deze aannames zijn bruikbaar voor een eerste analyse, maar moeten in vervolgonderzoek worden getoetst met praktijkdata.

Daarom is een pilot noodzakelijk. In een pilot kan worden getest of de voorgestelde werkwijze rondom materiaalpaspoorten, datastandaarden, GIS en ketensamenwerking daadwerkelijk werkt. Daarbij moet niet alleen worden gekeken naar de technische herbruikbaarheid van beton, maar ook naar de praktische uitvoerbaarheid. Denk hierbij aan administratieve belasting, eigenaarschap, kwaliteitscontrole, transport, opslag en samenwerking tussen partijen.

De discussie laat daarmee zien dat de transitie naar een circulaire betonketen niet afhankelijk is van één oplossing. Het vraagt om een combinatie van technische mogelijkheden, betrouwbare data, duidelijke afspraken, standaardisatie, contractuele borging en samenwerking tussen ketenpartners. Zonder deze integrale aanpak blijft circulair beton vooral afhankelijk van losse projecten en tijdelijke initiatieven.

8.2 Conclusie

Uit dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat Nederland beschikt over een grote betonvoorraad in gebouwen en infrastructuur. Jaarlijks wordt een grote hoeveelheid beton toegepast en komt tegelijkertijd veel beton vrij door sloop, renovatie en vervanging. Deze vrijkomende betonstromen bieden kansen voor de circulaire economie, maar worden op dit moment vooral laagwaardig hergebruikt.
De belangrijkste opgave ligt daarom niet in het verhogen van het totale hergebruikpercentage, maar in het vergroten van het aandeel hoogwaardig hergebruik. Hiervoor is vroegtijdig inzicht nodig in welke betonstromen vrijkomen, welke kwaliteit deze materialen hebben, waar ze beschikbaar komen en wanneer ze opnieuw toegepast kunnen worden. Zonder dit inzicht blijft hergebruik afhankelijk van toeval, losse projecten en individuele initiatieven.

Het materiaalpaspoort kan een belangrijke rol spelen in het organiseren van deze informatie. Door gegevens over herkomst, hoeveelheid, kwaliteit, locatie, afmetingen en verwachte vrijkomstdatum op een vaste manier vast te leggen, ontstaat een betere basis voor het koppelen van vraag en aanbod. Het materiaalpaspoort moet daarbij niet worden gezien als doel op zich, maar als hulpmiddel om data, verantwoordelijkheden en afspraken binnen de keten concreet te maken.

Om het materiaalpaspoort goed te laten werken, zijn duidelijke afspraken nodig tussen gemeenten, provincies, aannemers, producenten, verwerkers en andere ketenpartijen. Deze afspraken moeten gaan over welke data wordt vastgelegd, wie eigenaar is van het materiaal, wie de kwaliteit beoordeelt, wie verantwoordelijk is voor opslag en transport en hoe informatie actueel wordt gehouden. IMBOR kan hierbij helpen door data op een uniforme manier te structureren. GIS kan vervolgens worden gebruikt om materiaalstromen, hergebruiklocaties en transportafstanden ruimtelijk inzichtelijk te maken.

Daarnaast moet circulariteit worden geborgd in de praktijk. Dit kan door materiaalpaspoorten en circulaire eisen op te nemen in aanbestedingen, contracten, EMVI-criteria en standaard besteksposten. Hierdoor wordt circulariteit minder vrijblijvend en ontstaat meer duidelijkheid voor marktpartijen. De overheid heeft hierin een belangrijke aanjagende rol, omdat gemeenten, provincies en Rijkswaterstaat veel invloed hebben via hun projecten, beheerdata en aanbestedingen.

Een pilot is nodig om de voorgestelde werkwijze in de praktijk te toetsen. In deze pilot kan worden onderzocht of de juiste data beschikbaar is, of het materiaalpaspoort bruikbaar is, of vraag en aanbod gekoppeld kunnen worden en of de samenwerking tussen partijen goed verloopt. De resultaten van de pilot moeten worden gemonitord en gebruikt om de werkwijze verder te verbeteren.

De eindconclusie is dat de circulaire betonketen niet vooral vastloopt op technische mogelijkheden, maar op organisatie, data, samenwerking en afspraken. Een materiaalpaspoort, ondersteund door IMBOR, GIS en contractuele borging, kan helpen om deze knelpunten te verminderen. Wanneer gemeenten en provincies starten met concrete pilots en deze werkwijze vervolgens lokaal en regionaal opschalen, kan de betonketen stap voor stap verschuiven van laagwaardig hergebruik naar hoogwaardig en structureel hergebruik. Daarmee ontstaat een stevigere basis voor een circulaire betonketen in Nederland.

9 VERWIJZINGEN

Basaltwapening. (z.d.). Informatie over basaltwapening als alternatief voor staalwapening.

Betonakkoord. (2021). Hergebruik en recycling van beton in Nederland.

Betonakkoord. (2023). Circulair beton in de praktijk. https://www.betonakkoord.nl

Betonakkoord. (2024). Wettelijke milieuregelgeving in voorbereiding. https://www.betonakkoord.nl

Betonhuis. (z.d.). EPD: De betonindustrie van verplichting naar strategisch voordeel. https://www.betonhuis.nl

Betonhuis. (z.d.-b). Beton en CO_2-reductie. https://www.betonhuis.nl

Betonhuis. (2022). Betonstromen en recycling in Nederland. https://www.betonhuis.nl\

Betonhuis. (2023). De waarde van circulair beton. https://www.betonhuis.nl

Bouwend Nederland. (2026). Kostenontwikkeling transport en vrachtverkeer in de bouw. https://www.bouwendnederland.nl

Buildwise. (z.d.). Milieu-impact en circulaire economie. https://www.buildwise.be
Cement en Beton Centrum. (z.d.). Geopolymeerbeton en de bijdrage aan CO_2-reductie.
Centraal Bureau voor de Statistiek. (2023a). Materiaalstromen in de Nederlandse bouwsector. https://www.cbs.nl

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2023b). Vrijkomende betonstromen uit sloop en vervanging. https://www.cbs.nl

Circular Concrete Center. (z.d.). Normen voor gerecyclede granulaten in beton.
Concrete Stories. (2026). Verslag Concrete Stories: Module 4 Circulaire Waardeketen Beton.
Conclusie en aanbevelingen. (2026). Conclusie en aanbevelingen ArcGIS en circulaire betonketen.

CROW. (z.d.). Beton en betonconstructies. https://www.crow.nl

CROW. (2023). Richtlijnen voor hergebruik en kwaliteitsborging van beton. https://www.crow.nl

ETH Zürich, & KTH Royal Institute of Technology. (2026). Reuse of precast concrete elements and environmental reduction potential.
Europese Raad. (2024). Bouwproductenverordening. https://www.consilium.europa.eu
Europese Raad. (2025). Europese Green Deal en Circular Economy Action Plan. https://www.consilium.europa.eu

Gubbels. (2026). Productie van circulair granulaat uit betonpuin.

Kanafani, A. (2026). Data-analyse betonconstructies Twente: Circulaire waardeketen beton.
Kerkhoven, R. (2023). Wat is circulair beton?

Küpfer, C., Bastien-Masse, M., & Fivet, C. (2023). Design and reuse of structural concrete elements in circular construction.

Lingen, van. (2024). Basaltwapening als alternatief voor staalwapening in betonconstructies.
Melis, M., Pool, J., Wammes, S., & Van de Groes, B. (2026). Resultaten 1e concept: CTH4.3 Eindopdracht uitvoering.

Nederland Recycling. (z.d.). Certificering en normen voor gerecyclede materialen. https://www.nederlandrecycling.nl

NXT Building. (z.d.). NXT Concrete: Circulair beton uit gerecycled betonpuin. https://www.nxtbuilding.nl

Panteia. (2025). Effecten van kilometerheffing voor vrachtverkeer.

Platform CB'23. (2023). Leidraad circulair ontwerpen. https://platformcb23.nl

Pool, J. (2026). Onderzoek regel- en wetgeving betonproductie.

Resultaten onderzoek Enschede. (2026). Resultaten onderzoek Enschede: Eindopdracht module 4.

Rijkswaterstaat. (2024). Circulair bouwen en hoogwaardig hergebruik van beton. https://www.rijkswaterstaat.nl

Van de Haterd Beton. (2024). Circulair beton in reguliere betonproductie. https://www.vandehaterdbeton.nl

Wammes, S. (2026). Oriënterend onderzoek naar producenten in de circulaire waardeketen van beton.

Wat is IMBOR (2026). Toelichting op het Informatiemodel Beheer Openbare Ruimte.
Werkdocument opzet mogelijkheden GIS. (2026). Mogelijkheden binnen ArcGIS voor de circulaire betonketen.

Xiong, W. (2024). Closed-loop recycling and high-value reuse of concrete materials.

10 BIJLAGE LIJST

10.1 ArcGIS in de circulaire betonketen v4

10.2 Circulaire waardeketen beton - Arcgis - Def. - 05-06-2026

10.3 Concrete Stories - Battle of Concepts

10.4 Eindverslag data-analyse (1)

10.5 Onderzoek naar resultaten Enschede

10.6 Onderzoek regel- en wetgeving beton

10.7 Online onderzoek

10.8 Oriënterend online onderzoek producenten

10.9 Oriënterend online onderzoek reducenten

10.10 Presentatie 2e concept

10.11 Presentatie Creative Cross-over

10.12 Resultaten 1e concept

10.13 Verslag Concrete Stories

10.14 Werkdocument opzet mogelijkheden GIS (3)

10.15 Wrap-Up