

De weg naar de circulaire economie is de betonweg.

Dick Eerland

ZOCO Innovations BV

Samenvatting

De bijdrage van de wegenbouw aan de circulaire economie staat volop in de belangstelling. Asfaltbetongranulaat uit een opgebroken asfaltweg blijkt uitstekend geschikt te zijn voor toepassing als component in nieuw asfalt tot een vervangingspercentage van 20% tot 50% [m/m]. Opgebroken cementbeton wordt bewerkt tot betongranulaat en toegevoegd aan nieuwe betonmortel. Het grof toeslagmateriaal, doorgaans grind in Nederland, wordt van 20% tot 50% vervangen door betongranulaat. Bij dat bewerkingsproces ontstaat ook nog 30% tot 40% betongranulaat 0/4 mm, dat niet geschikt is voor hergebruik in beton. Dat verdwijnt dus uit de betonketen!

Sinds korte tijd is er nieuwe technologie beschikbaar, slimbreken genoemd, die beton 100% circulair maakt. De opgebroken betonverharding wordt weer zand, grind en cementsteenpoeder. Stuk voor stuk componenten voor nieuwe betonmortel. Met een gereduceerde hoeveelheid vers cement wordt met deze componenten een nieuw betonmengsel samengesteld. Ook staalvezels worden vrijgemaakt in dit proces, waardoor moderne verhardingsconstructies van staalvezelbeton eveneens 100% circulair worden.

In deze bijdrage wordt onderbouwd, dat zonder kostenverhoging van de grondstoffen voor beton en met een CO₂ reductie van meer dan 50% de betonindustrie 100% circulair kan worden.

Steekwoorden: betonweg, circulaire economie, slimbreken, betongranulaat

1. Inleiding.

De bijdrage van de wegebouw aan de circulaire economie staat volop in de belangstelling. Asfaltbetongranulaat uit een opgebroken asfaltweg blijkt uitstekend geschikt te zijn voor toepassing als component in nieuw asfalt tot een vervangingspercentage van 20% tot 50% [m/m]. Opgebroken cementbeton wordt bewerkt tot betongranulaat en toegevoegd aan nieuwe betonmortel. Het grof toeslagmateriaal, doorgaans grind in Nederland, wordt van 20% tot 50% vervangen door betongranulaat. Bij dat bewerkingsproces ontstaat ook nog 30% tot 40% betongranulaat 0/4 mm, dat niet geschikt is voor hergebruik in beton. Dat verdwijnt dus uit de betonketen!

Sinds korte tijd is er nieuwe technologie beschikbaar, slimbreken genoemd, die beton 100% circulair maakt. De opgebroken betonverharding wordt weer zand, grind en cementsteenpoeder. Stuk voor stuk componenten voor nieuwe betonmortel. Met een gereduceerde hoeveelheid vers cement wordt met deze componenten een nieuw betonmengsel samengesteld.

Ook staalvezels worden vrijgemaakt in dit proces, waardoor moderne verhardingsconstructies van staalvezelbeton eveneens 100% circulair worden. CO₂ besparingen tot 50% lijken tot de mogelijkheden te behoren.

Inmiddels is met prototype 1.0 ervaring opgedaan. Op grond hiervan is prototype 2.0 ontwikkeld, die waarschijnlijk in 2016 op de markt komt. Met deze introductie zal de betonweg moeiteloos haar positie in de circulaire economie opeisen.

2. De slimbreker.

De slimbreker is een uitvinding van betontechnoloog Koos Schenk uit Oss. Hij besepte, dat de composiet beton uit componenten bestaat met uiteenlopende sterkten. Enkele voorbeelden:

- Graniet 300 – 400 N/mm²
- Porfier 250 – 300 N/mm²
- Grind 200 – 350 N/mm²
- Kalksteen 100 – 200 N/mm²
- Cementsteen 14 N/mm²

Als verhard beton gegraneerd moet worden, zullen drukkrachten moeten worden uitgeoefend groter dan 14 N/mm². Om te vermijden dat daarbij ook het toeslagmateriaal breekt zullen de drukkrachten lager moeten zijn dan de druksterkte van het toeslagmateriaal.

Op dit principe is de ontwikkeling van de slimbreker gebaseerd.

Prototype 2.0 bestaat uit een rechthoekige, verticale, stalen koker met bewegende wanden. De koker wordt aan de bovenkant gevoed met grof gebroken betonpuin via een transportband. Aan de onderkant van de koker verlaat het fijn “gekauwde” materiaal het maalproces eveneens op een transportband. De bewerking van betonpuin vindt plaats in een continu proces met een capaciteit van, naar verwachting 40 ton per uur.

Het product van de slimbreker bestaat uit:

- Schoon geschuurd grof toeslagmateriaal [meestal betongrind]
- Schoon geschuurd fijn toeslagmateriaal [betonzand]
- Cementsteenpoeder [cementhydraat ofwel gehydrateerde cement]
- Cement zonder bindtijd regelaar [zonder binding vertragend gips]

Met behulp van zift- en zeeftechnologie wordt de bewerkte stroom uit elkaar gehaald. Het grof toeslagmateriaal kan eventueel worden gebroken met een conventionele breker als behoefte is aan toeslagmateriaal met een korrelmaat kleiner dan 31,5 mm.

Grof en fijn toeslagmateriaal zijn direct inzetbaar bij de productie van nieuwe betonmortel. Cementhydraat is een kalksteenachtige fijne vulstof met een mediaan van 15 µm. De cement is inzetbaar voor productie van cementgebonden materialen.

De producten van de slimbreker kunnen dus zonder omwegen terug naar de productie van nieuw beton.

3. De producten uit de slimbreker.

3.1. Grof en fijn toeslagmateriaal.

Het grof en fijn toeslagmateriaal uit de slimbreker zijn veranderd tijdens het eerdere contact met de cementsteen. Het basische cementsteen heeft het zure oppervlak van het toeslagmateriaal geëtt. Hierdoor is dat oppervlak ruwer geworden dan het was aan het begin van de eerdere toepassing.

Het gevolg daarvan is, dat de hechting van de cementsteen in de nieuwe toepassing beter is, dan in de oude toepassing [lit.1]. Dit heeft tot gevolg dat de druksterkte van het nieuwe mengsel, bij overeenkomstige receptuur als het oude mengsel, met 25% toeneemt. Bij ontwikkeling van een mengsel dezelfde druksterkte kan bij gebruikmaking van het vrijgemaakte toeslagmateriaal het cementgehalte met 15% [m/m] worden teruggebracht.

3.2. Cementsteen poeder [lit.2].

Cementsteen bestaat uit cement, dat met water heeft gereageerd. Dat wordt ook wel cementhydraat genoemd. Cementhydraat zit als een schil om een cementkorrel. Aan de binnenzijde bestaat de korrel uit niet gehydrateerd cement. De mate van hydratatie van het cement is afhankelijk van de water/cement factor van het betonmengsel en de ouderdom van het beton.

Het cementsteen is vergeleken met de harde en dichte cementkorrel een zwak en poreus materiaal. Bij hydratatie bindt cement ongeveer 25% van zijn gewicht aan water en ook nog 15% gelwater. Dat gelwater is niet gebonden aan de cementsteen maar wel verbonden, waardoor het zich minder beweeglijk gedraagt dan poriën water. Het poriëngehalte van cementsteen bedraagt dus in ieder geval 40% van het cementgewicht.

De cementkorrels omhullen het toeslagmateriaal en vullen de ruimten tussen het toeslagmateriaal. Bij bewerking van betonpuin in de slimbreker de cementsteen de zwakke schakel. Onder druk bezwijkt het poreuze gesteente en door de geringe laagdikte van de cementsteenschil ontstaat een fijn poeder met een lage soortelijke dichtheid. De korrelmaat van het cementsteen beweegt zich rond de 15 µm.

Het fijne en lichte poeder wordt een ziftechniek van de materiaalstroom in de slimbreker afgescheiden.

Het fijne poeder lijkt een uitstekende vulstof voor de asfalt en betonindustrie. Onderzoek naar de homogeniteit moet nog uitwijzen of het met materiaal direct inzetbaar is of eerst gehomogeniseerd moet worden.

Lit.3 bespreekt de inzet van de fijne fractie uit slimbreken als grondstof voor de productie van een nieuw soort cement.

3.3.Cement.

In het slimbreker proces breekt de gehydrateerde schil van de niet gehydrateerde cement kern.

Het door de slimbreker vrijgemaakte cement onderscheidt zich van de gangbare cementsoorten door dat de bindtijd regelaars ontbreken. Deze zijn opgenomen in het cementhydraat. Hierdoor lijkt het cement geschikt voor processen met een korte verwerkingstijd in de prefab betonindustrie.

Ook hier moet een homogeniteitsonderzoek uitwijzen of het materiaal geschikt is voor directe toepassing. Zo nodig wordt het materiaal gehomogeniseerd in grote silo's.

4. De investering en de kosten.

De investering in een slimbrekerinstallatie wordt begroot op € 1,2 miljoen. Dat is zonder terreininrichting en terreinbeheer. Bij een afschrijfperiode van 5 jaar levert dat aan jaarlijkse kosten voor afschrijving € 240.000 op. Inclusief rente en vaste onderhoudskosten bedragen de vaste kosten circa € 300.000 per jaar.

De variable kosten voor energie, bediening, opslag, slijtage worden bij vol bedrijf begroot op globaal € 400.000 per jaar. Uitgaande van een capaciteit van 40 t/uur en 1800 draaiuren per jaar ontstaat een jaarcapaciteit van 72.000 ton.

Bij totale jaarlijkse kosten van € 700.000 en een jaarcapaciteit van 72.000 ton resulteert een kostprijs van ongeveer € 10 per ton product. Dit bedrag ligt ruim onder de kosten voor toeslagmaterialen in Nederland.

5. De milieuprestatie [lit.3].

De productie van 1 ton cement type CEM I [portlandcement, wereldwijd de meest geproduceerde cementsoort] is verantwoordelijk voor het ontstaan van 0,9 ton CO₂.

Door inzet van de fijne fractie van de slimbreker als grondstof voor de productie van calciumsulpho-aluminaat cement is de CO₂-emissie 55% tot 65% lager dan die van de productie van CEM I.

6. Perspectief voor circulaire betonwegenbouw.

Het betonpuin van een op te breken betonverharding bestaat geheel uit beton. Deze hoge mate van zuiverheid maakt dit materiaal uitermate geschikt voor bewerking met de slimbreker. De werkwijze is dan als volgt:

- De oude betonplaten worden gebeukt tot handelbare schollen.
- De brokken worden geladen en vervoerd naar een conventionele breker;
- De breker bewerkt het betonpuin tot grof granulaat bijvoorbeeld tot de korrelfractie 0/90 mm, met aandacht voor:
 - Het afzeven van aanhangende zand en grond.
 - Het verwijderen van eventuele wapening en deuvels.
 - Het verwijderen van verontreinigingen.
 - De aanwezigheid van staalvezels is geen probleem voor de slimbreker.
- De vrijkomende korrelfractie 0/90 mm wordt gevoed aan de slimbreker.
- De producten van de slimbreker gaan naar de betonmenginstallatie voor de productie van nieuwe betonmortel.
 - Grof en fijn toeslagmateriaal zijn direct inzetbaar in het nieuwe mengsel.
 - Cementsteenpoeder is inzetbaar als vulstof in het nieuwe mengsel of afgevoerd als grondstof voor de productie van cement.
 - Vrijkomend cement is direct inzetbaar en wordt aangevuld met primair cement.

Kortom, het vrijkomende betonpuin van een oude betonverharding is door inzet van de slimbreker voor 100% bruikbaar te maken voor de productie van nieuwe betonmortel. Hierbij worden geen concessies gedaan aan sterkte en/of duurzaamheid van het nieuw geproduceerde beton.

7. Conclusies.

De volgende conclusies worden getrokken:

1. De slimbreker is een machine die betonpuin granuleert tot grof en fijn toeslagmateriaal, cementsteen en cement.
2. De producten van de slimbreker zijn voor 100% toepasbaar in de cement- en betonindustrie.
3. De slimbreker draagt bij aan het volledig circulair maken van de betonverharding.
4. Door inzet van de fijne fractie van de slimbreker als grondstof voor de productie van cement is de CO₂-emissie meer dan 50% lager dan die van de productie van CEM I.
5. Zonder kostenverhoging van de grondstoffen en met een CO₂ reductie van meer dan 50% kan de betonindustrie 100% circulair worden.

8. Literatuur.

Deze publicatie is mede gebaseerd op volgende bronnen:

1. **Secondary materials applied in cement-based products.** Treatment, modelling and environmental interaction. Proefschrift van Miruna Florea, verdedigd op 29 april 2014 aan de Technische Universiteit Eindhoven.
2. **Hoe poreus is beton?** Betoniek 6/3, maart 1983.
3. **Prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen.** Concept van 5-9-2013. Rapport in opdracht van Rijkswaterstaat opgesteld door CE-Delft.