

---

# Geen alternatief voor beton

Redactie *Cement* in gesprek met prof. Jos Brouwers  
over ontwikkeling materiaal beton



*Beton is allang niet meer het eenvoudige bouw materiaal dat het tot een aantal decennia geleden nog was. Meer en meer wordt het een hightech materiaal, met een enorme diversiteit aan grondstoffen en toepassingsmogelijkheden.*

*Dat blijkt ook wel uit het brede onderzoeksprogramma dat **prof. Jos Brouwers**, hoogleraar bouwmaterialen aan de TU Eindhoven, onder zijn hoede heeft. Beton speelt daarin een belangrijke rol. Niet in het minst omdat het eenvoudigweg niet uit onze samenleving is weg te denken.*

**Beton is als bouw materiaal nog altijd sterk in ontwikkeling.**

Het aantal bindmiddelen neemt toe, net als andere bestanddelen zoals toeslagmateriaal (aggregaten), hulpstoffen en vulstoffen. Onderwerpen die de laatste tijd de meeste aandacht vragen in die ontwikkeling zijn CO<sub>2</sub>-reductie en circulariteit. “Door te variëren in de samenstelling is men steeds beter in staat beton op maat te maken, dus precies geschikt voor de betreffende toepassing. Snel hardend, langzaam hardend, sterk, duurzaam, zwaar, licht”, aldus Jos Brouwers. “Vroeger moesten we het doen met slechts enkele typen cement en rivierzand en -grind. Nu zijn daar veel meer materialen bij gekomen, voor een groot deel geïmporteerd uit het buitenland. Dit maakt het mogelijk om *mass-customated*, ofwel beton op maat, te produceren, mede dankzij automatisering.

Bij de toeslagmaterialen kun je denken aan kalksteen, graniet, basalt, kwarts of betongranulaat (foto 1). De keuze voor deze materialen zijn niet zozeer ingegeven door schaarste. Het traditionele zand en grind zijn er feitelijk in overvloed. Reden voor toepassing van veel van de eerdergenoemde ag-



**PROF. JOS BROUWERS**

1986  
Afgestudeerd Technische  
Mechanica TU/e  
1986 – 1992  
Research Engineer en  
projectleider Akzo Nobel  
1990  
Promotie TU/e  
1992 – 2009  
Universitair Hoofddocent  
Bouwmaterialen Civiele  
Techniek UT (Enschede)  
sinds 2009  
Hoogleraar  
Bouwmaterialen  
Bouwkunde TU/e

gregaten ligt eerder in het beter laten aansluiten van de eigenschappen van beton op de specifieke toepassing. Basalt voor hoge sterkte, graniet voor extra slijtvastheid.

Ook secundaire materialen worden op steeds bredere schaal toegepast. Dat afvalstromen almaar beter zijn te scheiden, draagt daar in belangrijke mate aan bij. Betongranulaat is daar een voorbeeld van. Maar ook in bindmiddelen kunnen secundaire materialen een belangrijke rol spelen. “Hoogovenslak en vliegas zijn al heel lang niet uit de Nederlandse betonindustrie weg te denken. Ons land loopt al lange tijd voorop in het gebruik van deze reststoffen ten opzichte van de rest van de wereld. Momenteel wordt er veel onderzoek gedaan naar andersoortige slakken die vrijkomen bij metallurgische processen waaronder staalbereiding. Er is ook al de nodige ervaring met diverse assen die vrijkomen bij verbranding van bijvoorbeeld afval, biomassa of papier-slib (foto 3). Vaak hebben die assen bindende eigenschappen of zijn ze geschikt als vulstof in beton.”

Uitgangspunt bij de toepassing van nieuwe grondstoffen moet zijn dat het beton zich niet slechter gedraagt dan traditioneel be-

*“Het is niet  
realistisch om  
te denken dat  
we zonder  
klinker  
kunnen”*

ton. “Er mogen geen concessies worden gedaan ten aanzien van veiligheid, esthetiek, levensduur, sterkte of verwerkbaarheid. Maar dat hoeft ook helemaal niet. Sommige eigenschappen kunnen er zelfs baat bij hebben. In die zin passen al deze grondstoffen heel goed in het plaatje van beton op maat.”

### **Circulair**

Al deze mogelijkheden helpen bij het streven naar een circulaire economie. Dankzij circulariteit hoeven er niet alleen minder primaire grondstoffen te worden gewonnen, er hoeft ook minder te worden verbrand en er worden stortplaatsen voorkomen die ruimte in beslag nemen of op lange termijn misschien wel risico's voor het milieu kunnen betekenen. Hoewel je met beton kunt helpen andere sectoren circulair te maken – denk aan hoogovenslak en vlieg-as –, is het volgens Brouwers het beste om te streven naar monostromen. Dat geldt voor papier, glas en metalen, maar zeker ook voor beton. “We moeten zo hoogwaardig mogelijk recycelen. Dat begint bij selectief slopen. In de sloopfase (foto 2) zijn we prima in staat betonpuin te ontdoen van andere materialen zoals metalen. Het puin dat je overhoudt, dat op brede schaal wordt hergebruikt als granulaat, zou je al kunnen zien als een monostroom. Maar je kunt nog een stap verder gaan door beton te scheiden in al zijn componenten en zo een aggregaatstroom en een poederstroom te creëren. Zelfs de poederstroom is wellicht weer op te splitsen. Het deel dat niet is gehydrateerd, kun je opnieuw gebruiken. Het gehydrateerde deel kan na een lichte thermische behandeling weer reactief worden. Maar het is ook in te zetten als vulstof of als activator bij toepassing van hoogovenslak. Wij zijn er nog niet helemaal, maar op die manier zijn we wel voortdurend op zoek naar win-winsituaties. Wij noemen dat *waste engineering*. Door reststromen te combineren met andere reststromen kun je ervoor zorgen dat één plus één drie is.”

### **Alternatieve bindmiddelen**

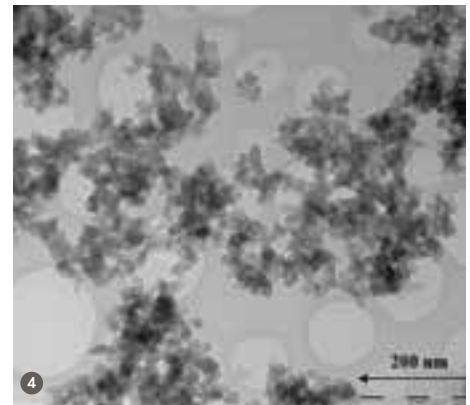
Op het gebied van alternatieve bindmiddelen is er ook van alles in beweging. Een interessante ontwikkeling is de toepassing van

geopolymeren, als alternatief voor cement (foto 5). Geopolymeren zijn bindmiddelen op basis van reactieve aluminium- en siliciumhoudende hoofdbestanddelen (bijv. vlieg-as of hoogovenslak) met een sterke alkalische activator. Brouwers ziet wel mogelijkheden voor het materiaal, hoewel hij de verwachtingen ook direct wil temperen. “Wereldwijd gebruiken we zo'n 4,2 miljard ton cement per jaar. In totaal wordt er zo'n 360 miljoen ton hoogovenslak geproduceerd. Er zou dus sowieso niet meer dan 10% van het cement vervangen kunnen worden. Voor vlieg-as ligt dat percentage op ongeveer 25%, maar dat zal door het sluiten van kolencentrales nog wel gaan zakken. Het is dus niet realistisch om te denken dat we zonder klinker kunnen. De enige manier om het gebruik van klinker te voorkomen, is in feite niet bouwen. Maar dat is natuurlijk helemaal niet wenselijk, zeker in landen als China en India. Je zou de vraag natuurlijk wel kunnen proberen te reduceren, bijvoorbeeld door slim te ontwerpen. Maar er zal altijd een grote hoeveelheid beton nodig zijn.”

En er zijn zeker wel interessante toepassingsgebieden voor geopolymeren. Brouwers noemt onder meer beton in een agressief milieu, zoals bij riolerings-, of vuurvast beton. En zeker voor toepassing in betonwaren, waaraan minder hoge constructieve eisen worden gesteld, is toepassing geschikt (foto 4). “Sowieso is het verstandig innovaties eerst uit te proberen in de betonwarenindustrie. Het afbreukrisico voor een stoeprand is nou eenmaal veel kleiner dan voor een kolom.”

### **Hout en staal**

Beton vervangen door staal of hout is in de ogen van Brouwers niet realistisch. “Deze materialen zijn voor tal van toepassingen lang niet altijd geschikt. Bovendien zijn de energie-inhoud (embodied energy) en de CO<sub>2</sub>-footprint van beton lager dan die van hout en staal, onder meer dankzij het hoge gehalte aan aggregaten. De milieubelasting van beton is eigenlijk helemaal niet zo hoog, zo blijkt uit verschillende gerenommeerde internationale onderzoeken. En dan heb ik het nog niet eens over de lange en onderhoudsarme levensduur van beton. Andere



4 Met nanosilica kunnen diverse eigenschappen van beton, zoals de verwerkbaarheid en duurzaamheid, worden verbeterd, foto: TU Delft  
5 Fietspad in Zeewolde, gemaakt van beton waarvan het cement volledig is vervangen door geopolymere, foto: Cementbouw / Paul Poels



6

*“Je moet je best  
doen zo veel  
mogelijk  
newtonstehalen  
uit elke korrel  
cement”*

materialen moeten bijvoorbeeld worden geverfd. Ook dat moet je meenemen in het duurzaamheidsplaatje. Er is dus eigenlijk geen goed alternatief voor beton.”

Beton heeft misschien wel het eeuwige leven benadrukt Brouwers. “Als je de ontwerpregels goed toepast, bijvoorbeeld de juiste dekking en juiste hoeveelheid cement, en de uitvoering klopt, kan er niet zoveel misgaan. Aantasting door bijvoorbeeld carbonatatie, chloride of ASR, dat hebben we goed in de vingers. Het probleem is hooguit de toename van belastingen in de loop van de tijd. Dat is er nu aan de hand bij veel bruggen en viaducten uit de jaren zestig en zeventig. Nog een geluk dat we die niet zo scherp hebben ontworpen als dat we dat nu zouden doen. Er zit daardoor behoorlijk wat marge in.”

### **Mengselontwerp**

Winst is er nog te halen in het mengselontwerp. Pas niet meer bindmiddel toe dan nodig, is het adagium van Brouwers. “Daar zijn we al heel goed in. Door goed gebruik te ma-

ken van fijn materiaal met een ideale korrelopbouw, kunnen we mengsels ontwerpen die met behoud van prestaties met minimaal 20 kg minder cement toekunnen. En soms zijn die prestaties zelfs beter. Voor die optimalisatie is er eigen software beschikbaar. Vaak zetten we die in om andere bedrijven te helpen. Want eenvoudig is deze materie niet, het meten van korrelgrootteverdelingen luistert heel nauw. Voor veel bedrijven loont het vaak niet de benodigde apparatuur aan te schaffen. Wij adviseren hen dan over hoe de proporties zijn te wijzigen of als het beter is een ander type grondstof toe te voegen.”

Bij het optimaliseren van het mengselontwerp kan microsilica, en tegenwoordig ook nanosilica, van pas komen. “Hier in Eindhoven hebben we nanosilica ontwikkeld (foto 4). Daar zijn diverse eigenschappen van beton mee te verbeteren, zoals de verwerkbaarheid en de duurzaamheid. Ook is een zeer hoge sterkte mogelijk. Het zijn wel hele dure materialen, dus alleen geschikt

voor speciale toepassingen. Sommige van die toepassingen zijn niet eens mogelijk zonder deze toevoegingen. Wij ontwikkelen nu al een aantal jaren voor defensie betonsoorten die zeer goed bestand zijn tegen impact. Daarbij kijken we ook naar toepassing van vezels. Daarin zijn er veel varianten denkbaar. Om hoge sterkten te realiseren, kom je meestal uit op staalvezels als beste toepassing. Maar voor brandwerendheid is een kunststofvezel weer geschikt en in andere gevallen misschien een basaltvezel. Een andere ontwikkeling is dat we in staat zijn om materiaal aan beton toe te voegen, waardoor  $\text{NO}_x$  uit het milieu wordt omgezet.”

Ook voor dit soort specialities geldt dat je na moet denken over ecologie. “Het toepassen van heel veel cement is veel te makkelijk. Je moet je best doen zo veel mogelijk newtons te halen uit elke staalvezel en korrel cement. En innovaties moeten we omarmen. Ook al weten we niet altijd wat het effect op lange termijn is. In Nederland vinden innovaties relatief snel hun weg, denk bijvoorbeeld aan zelfverdichtend beton en beton dat  $\text{NO}_x$  zuivert op basis van fotokatalyse, oorspronkelijk Duits-Japanse uitvindingen. Naar mijn gevoel is er hier een goed samenspel tussen overheid en de keten, gebaseerd op korte lijnen en onderling vertrouwen. Toen hoogovencement werd geïntroduceerd, was er aanvankelijk ook wel wat argwaan. Een sterke lobby in Duitsland vanuit de portlandklinkerindustrie probeerde 100 jaar geleden deze nieuwe ontwikkeling tegen te gaan. En nu is het gemeengoed in een aantal landen als Nederland en Duitsland. Dankzij onze hoogovens en hoogovencement is de  $\text{CO}_2$ -uitstoot van beton in Nederland zelfs aanzienlijk lager dan in de rest van de wereld.”

### Mooie dingen

Brouwers is al met al bijzonder enthousiast over het materiaal beton. En dan zijn de mogelijkheden op het gebied van kleur, warmte-accumulatie, massa, lichtdoorlatendheid en oppervlaktetextuur nog niet eens genoemd. “Er zijn met beton zo veel verschillende mooie dingen te maken. Kijk naar wat Le Corbusier (foto 6 en 7) of Frank Lloyd Wright hebben gebouwd. De industrie zou dat nog wat meer voor het voetlicht kunnen brengen!”

