

2018-04-17



## 100% Circulair beton SlimBreken voor minder CO2 en lagere kosten

Koos Schenk  
Alef Schippers

**SmartCrusher bv**  
We close the circle



## Inhoud

- Wat is SlimBreken?
- 100% circulair beton
- Zand en grind, beter dan nieuw
- Toepassing in alle beton (bv betonwaren)
- Portland cement zonder mergel (en dus zonder CO2)
- En CO2 besparen

**SmartCrusher bv**  
We close the circle





# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Wat is SlimBreken?

Filmpje: <https://youtu.be/5ClAriQkOfE>



**SmartCrusher bv**  
We close the circle



smartcrushers.com

# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Hoe zijn we daartoe gekomen?

- De uitvinder: Koos Schenk
- Werkte als Betontechnoloog o.a. aan TU Delft
- Zag de problemen met beton recycling
- Heeft SlimBreken bedacht en gepatenteerd (2011)
- En de laboratorium breker gebouwd (foto)
- Daarmee het principe aangetoond
- Eerste Real Scale SlimBreker 1.0 (2013)
- Daarmee is de opschaalbaarheid aangetoond



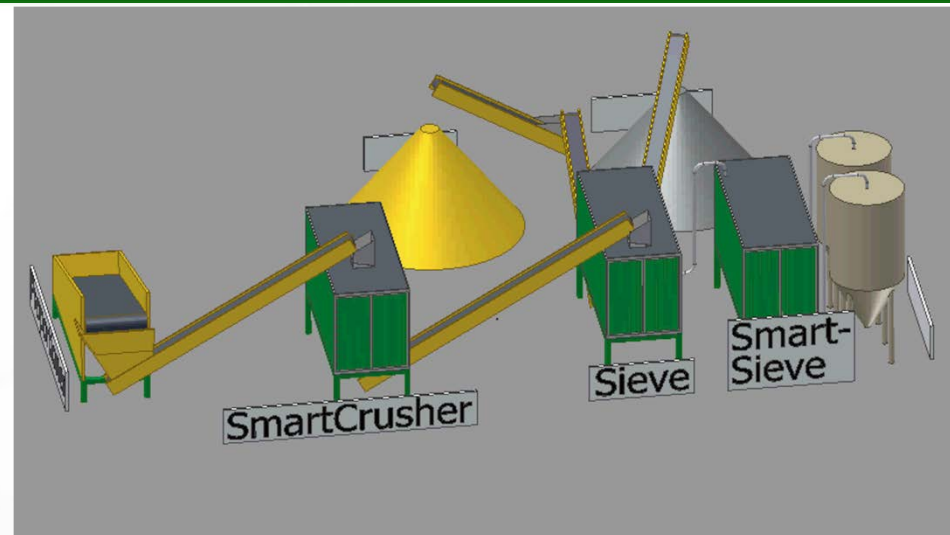
**SmartCrusher bv**  
We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Hoe werkt het?

- Beton is composiet:
  - Sterkte van Zand: ca 200 MPa
  - Sterkte van Grind: ca 200 MPa
  - Sterkte van Cement: ca 300 MPa
  - Sterkte van CementHydraat: ca 14 MPa
- Breken met krachten tussen 50 en 150 MPa
  - > breekt hydraat maar niet grind, zand, cement
  - > grind, zand blijft onbeschadigd (geen scherpe hoeken)
  - > optimale korrel pakking
  - > geen brekerzand
- Cement Hydraat wordt uit de SlimBreker gezogen
  - > separatie & meer efficiëntie
  - > Deze generatie SlimBreker combineert het vrijmaken met scheiden (wind classificeren) van de fijnste cementhydraat fractie.



**SmartCrusher bv**

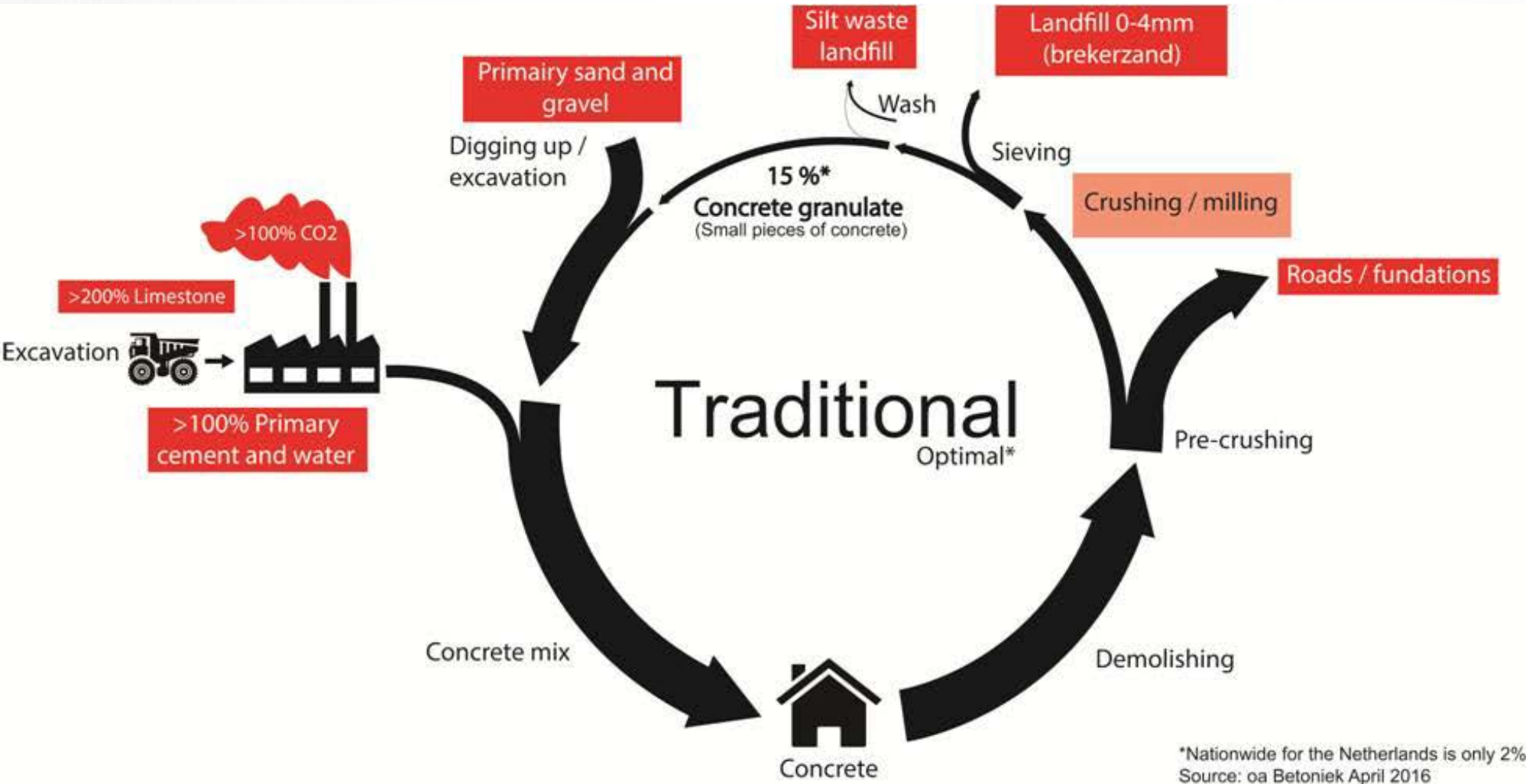
We close the circle





# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Cirulair beton: Traditioneel



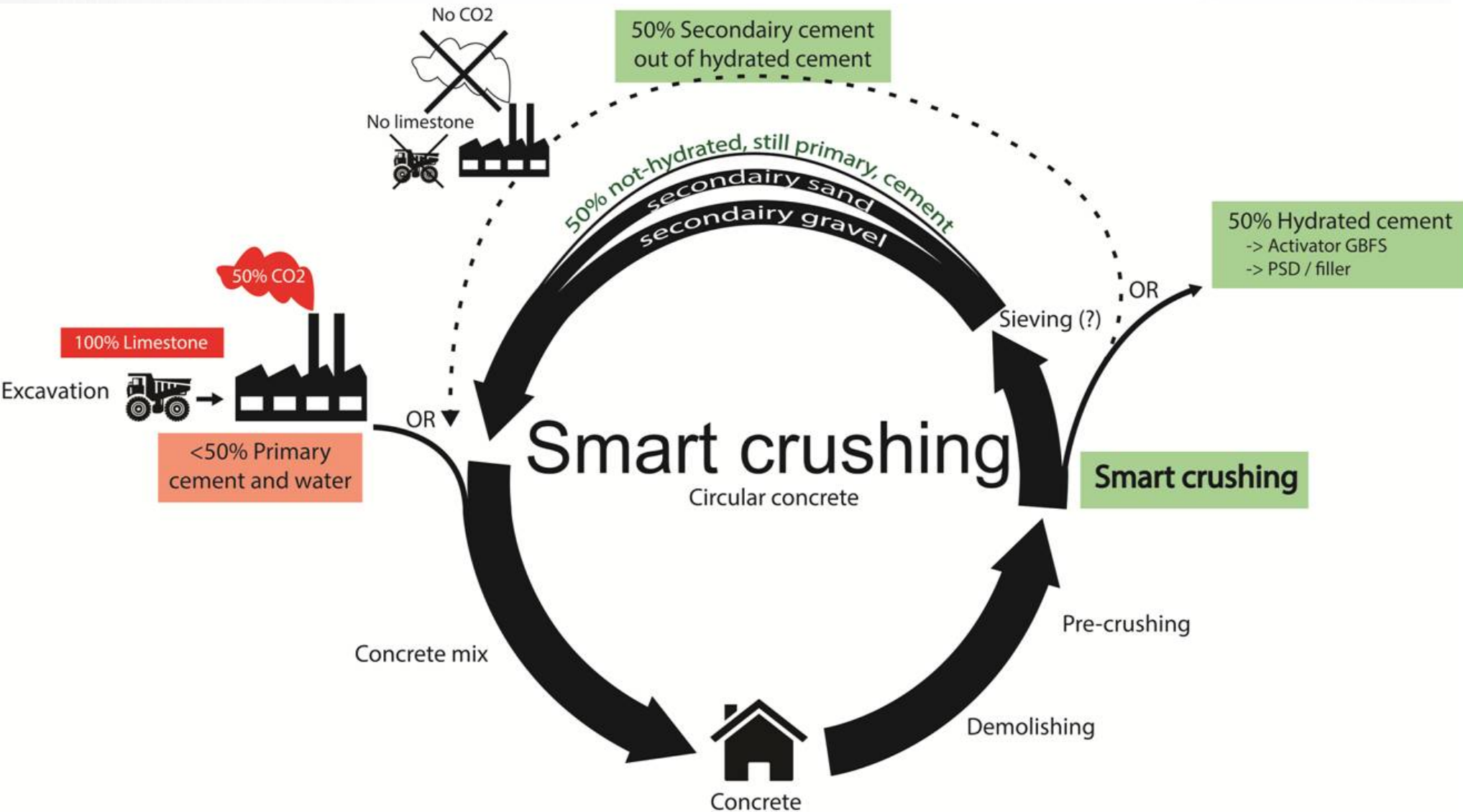
\*Nationwide for the Netherlands is only 2%  
Source: oa Betoniek April 2016

**SmartCrusher bv**  
We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## 100% circulair beton: SlimBreken



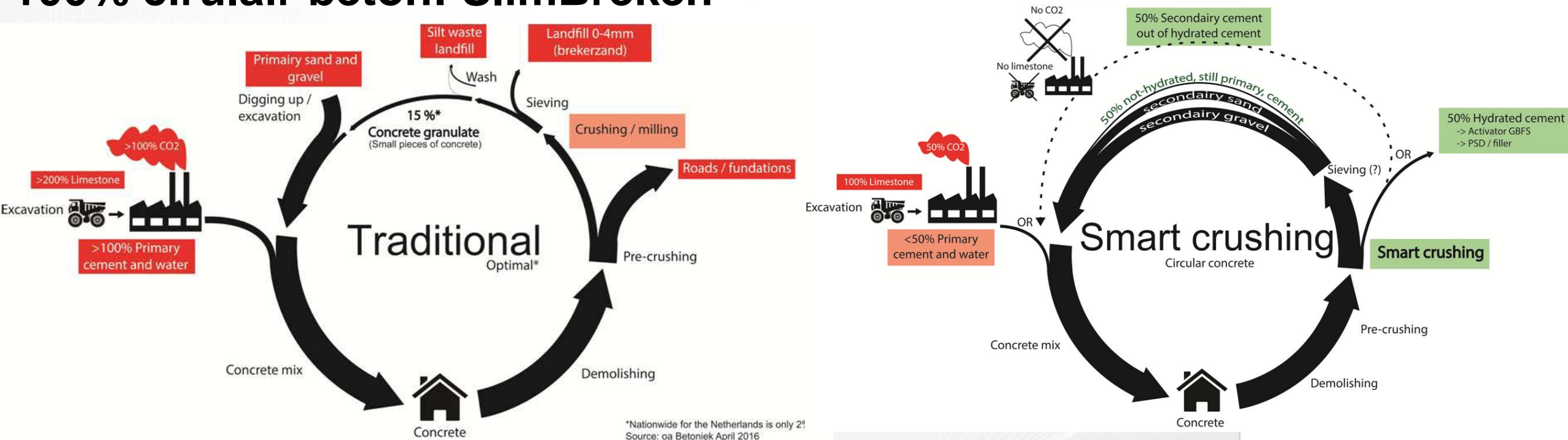
**SmartCrusher bv**

We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## 100% circulair beton: SlimBreken



### SmartCrusher bv

We close the circle





## Zand & grind: Beter dan nieuw

- Zand en grind is aange-etst.
- Zie Proeven:
  - **SlimBreker zand** heeft vergeleken met Norm zand betere eigenschappen in beton.
  - **Traditioneel brekerzand** is eigenlijk niet geschikt om opnieuw in beton te worden toegepast
  - Proeven TU/e

Direct bruikbaar in alle soorten beton

**SmartCrusher bv**  
We close the circle



## SlimBreker zand vergeleken met Norm zand

SlimBreker zand incl. cementfracties

Monster code	1	3	11	2	4	12
Datum	nov 2014					
<b>Normzand 0-2mm</b>	<b>1350</b>		<b>1350</b>	<b>1350</b>		<b>1350</b>
<b>SB 0-2mm</b>		<b>1350</b>		<b>1350</b>		
CemIII B 42,5N Hoogoven cement	450	300	300			
Cem I 52,5N Portland cement				450	300	300
water	225	225	225	225	225	225
Superplast in poeder vorm		4			4	
Water cement factor	<b>0.5</b>	0.75	0.75	<b>0.5</b>	0.75	0.75
Druksterkte na 2 dagen.	<b>11</b>	10.3	4.3	<b>23.4</b>	23	<b>10.5</b>
Druksterkte na 7 dagen.	<b>30.6</b>	32.1	13.6	<b>36.3</b>	39.6	<b>18.1</b>
Druksterkte na 14 dagen.	<b>34.5</b>	41.6	19.9	<b>45.8</b>	47.1	<b>22.1</b>
Druksterkte na 28 dagen.	<b>45.5</b>	44.8	26.3	<b>52.6</b>	53.3	<b>28.3</b>
% na 2 dagen	100%	94%	39%	100%	98%	45%
% na 28 dagen	100%	98%	58%	100%	101%	54%

Dus minder cement nodig voor zelfde sterkte!

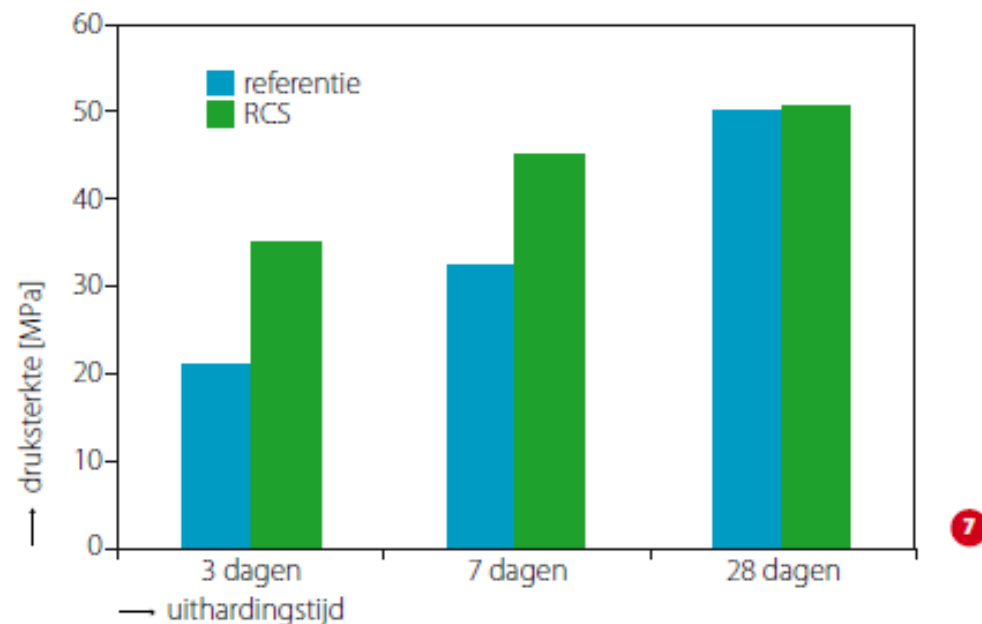
**Dus minder CO2 uitstoot!**

SmartCrusher bv

We close the circle



### “SlimBreken sluit de materiaal kringloop”



Referentie = 100% Normzand  
RCS = Recycled Concrete Sand

SlimBreker zand zonder SlimBreker cementfractie vergeleken met Normzand.  
Dus minder cement nodig voor zelfde sterkte! == Dus minder CO2

Oorspronkelijke bron: Bouwstenen 192 TU/e

**SmartCrusher bv**

We close the circle





# De betonketen sluiten door slimmer te breken

Vergelijking Primaire materialen,  
"Traditioneel gerecycled" brekerzand en granulaat en  
door "SmartCrushing" verkregen secundair zand en grind.

	100% Traditioneel & ADR tov Referentie	Referentie = Primair	100% SmartCrushing tov Referentie
Druksterkte - Begin	↓↓	=	↑↑
Druksterkte – Eind	↓↓	=	↑↑
Stijfheid – E modulus	↓↓	=	?
Vloeistof dichtheid	↓↓	=	?
Verwerkbaarheid	↓↓↓↓	=	?

Kortom:

Cement behoefte	↑↑ !	=	↓ !
-----------------	------	---	-----

? Dient nader onderzocht te worden. Aanvullend onderzoek is gestart.

Bron: Betoniek nov 2011 en april 2016; de rechter kolom is een aanvulling door SmartCrusher bv

**SmartCrusher bv**  
We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Toepasbaar in alle beton!

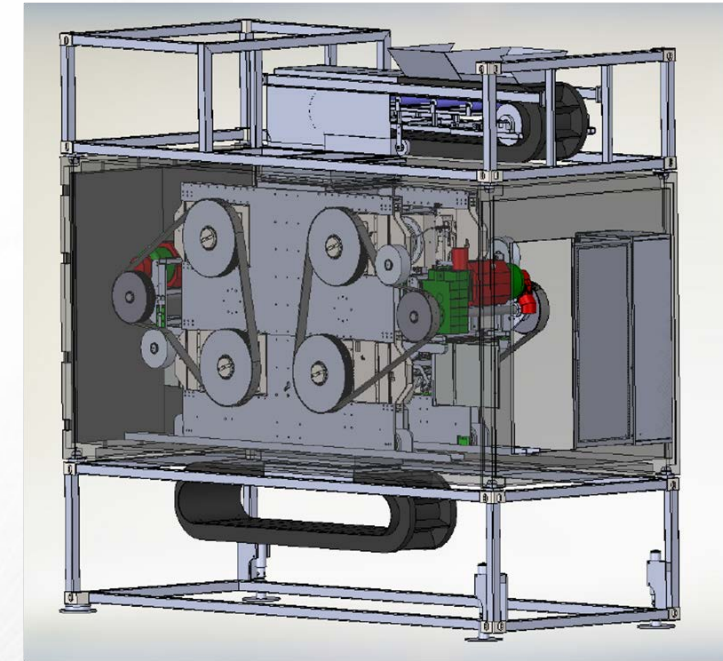
### Als voorbeeld voor Betonwaren:

- Luchtsluis met weegbanden boven en onder
- 10 kg/sec erin
- 9 kg/sec eruit
- => 1 kg/sec afgezogen geactiveerd cement.
- Als we de afgezogen hoeveelheid cementhydraat vervangen door nieuw cement en inmengen met het vrijgemaakte zand, grind en (ongehydrateerd) cement mengsel => Nieuw beton (ongeveer zelfde recept)

### • Voorbeeld:

### • Product straat klinkers:

- Vracht nieuw klinker naar de bouw
- Retourvracht met oude klinker tbv Crusher: materialen voor nieuwe klinkers “Het nieuwe inkopen”



**SmartCrusher bv**

We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Portland Cement zonder mergel

Uit de SlimBreker komt:

1. Zand en Grind: direct bruikbaar in nieuw beton
2. Cement: bruikbaarheid afhankelijk van toepassing/bron
3. Cementshydraat: bruikbaar als:
  - a) Beton mengsel verbeteraar (filler)
  - b) Super activator voor hoogoven cementen (na déhydratatie bij 400-500 oC)
  - c) CO2 vrije grondstof voor Portland Cement zonder mergel (zie volgende slide)

**SmartCrusher bv**  
We close the circle





# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Portland Cement zonder mergel

CementHydraat déhydrateren (400-500 oC) geeft

Beliet (C2S) + CaO + 0% CO<sub>2</sub>

Verder verhitten in cementoven (1375 oC) geeft

Cement (zoals 30 jr geleden was) + **0% CO<sub>2</sub>**

Traditioneel:

Mergel (als CaCO<sub>3</sub> bron) décarboneren

⇒ 56% CaO (ongeblyste kalk) + **44% CO<sub>2</sub>**

Dus het hydraat is bruikbaar als CO<sub>2</sub> vrije grondstof voor de cement oven!

**SmartCrusher bv**

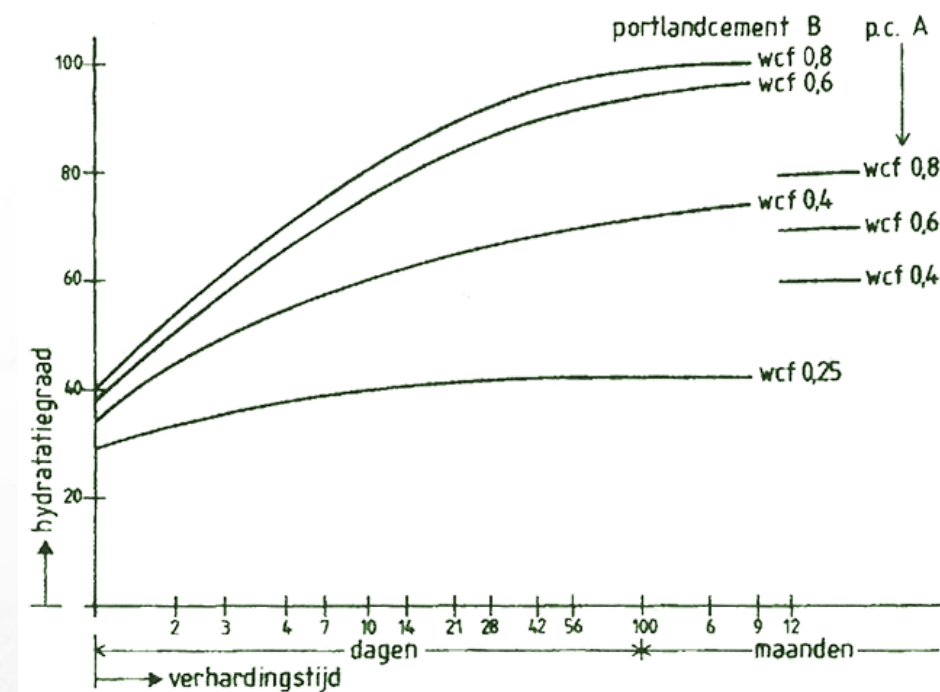
We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Gigantische CO2 besparing

- 1 ton Portland cement == 1 ton CO2
- Het toentertijd veel gebruikte p.c.A met een wcf van 0,5 is maximaal (bij onder water exposure) voor 60% gehydrateerd.
- Straatstenen zullen in de praktijk de 50% hydratatie niet halen!!
- Kortom, er is veel niet gebruikt cement te winnen uit oud beton!
- Dit terug winnen met SlimBreken -> besparing
- Zand & grind uit SlimBreken vraagt minder cement voor zelfde sterkte -> besparing
- Door lagere kracht nodig voor SlimBreken -> besparing op energie.



Bron: Betoniek 6/3 1983

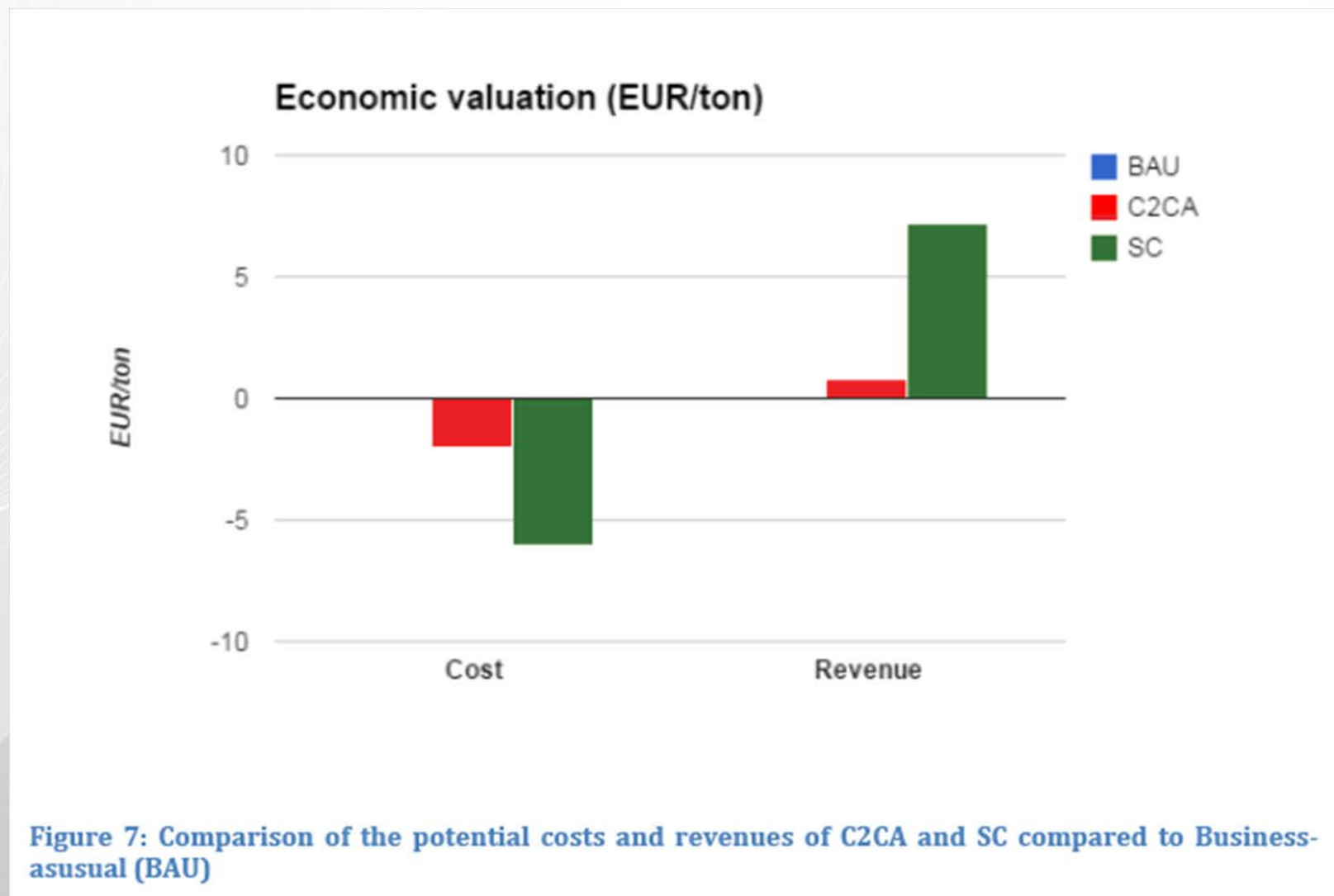
**SmartCrusher bv**

We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Significante Kosten besparing:



Bron: [Closed-loop Economy Universiteit Leiden en TU Delft, 2015](#)

[smartcrushers.com](http://smartcrushers.com)

**SmartCrusher bv**  
We close the circle





## Welke potentie?

SlimBreken maakt 100% recycling van beton mogelijk:

- Oude betonnen bestrating levert (zonder zeven) de grondstof voor nieuwe bestrating
- Betonpuin van het bestaande gebouw levert grondstof voor het nieuwe gebouw

Optimale circulariteit!

Geen gips (bindtijdregelaar) in het terug gewonnen cement

⇒ Sneller beton

⇒ **Zeer geschikt voor 3D beton printen**

**SmartCrusher bv**

We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Welke potentie?

In 2017 is globaal 5 miljard ton (5000 miljoen ton) cement gemaakt.

Dit komt overeen met globaal 5000 miljoen ton CO<sub>2</sub>, globaal net zo veel CO<sub>2</sub> die vrij komt door alle logistiek !!!

In Nederland komt ongeveer de helft van de nieuw beton behoefte vrij als betonpuin. Betonpuin dat bijna 100% opnieuw inzetbaar is als grondstof voor nieuw beton.

Nederland is ongeveer 2% van de wereld markt.

**Vraag: Hoeveel CO<sub>2</sub> kan er in de wereld bespaard worden?**

**SmartCrusher bv**

We close the circle



Vragen?

Vragen?

**SmartCrusher bv**

We close the circle





# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Portland Cement zonder mergel

Het cement chemisch verhaal samengevat als droog CEMI, CEM I met water en 30+ jaar ervaring en (CEM I) cementsteen na dehydratie bij zo'n 500 °C verhitting

Cementmineralen			De reactie van Cem I met water (H)			Na dehydratie		
vóór reactie met water en na dehydratie								
C <sub>3</sub> S	55%	-	2C <sub>3</sub> S + 6H	→	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> H <sub>3</sub> + 3 Ca(OH) <sub>2</sub>	zal C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> H <sub>3</sub>	→	C <sub>2</sub> S + CS
C <sub>2</sub> S	15%	28%	2C <sub>2</sub> S + 4H	→	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> H <sub>3</sub> + Ca(OH) <sub>2</sub>	zal Ca(OH) <sub>2</sub>	→	CaO
C <sub>3</sub> A	10%	16%	C <sub>3</sub> A + 6H	→	C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> A		
C <sub>4</sub> AF	10%	-	C <sub>4</sub> AF + 2Ca(OH) <sub>2</sub> + 10H	→	C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub> + C <sub>3</sub> FH <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> A + C <sub>3</sub> F		
C <sub>3</sub> F	-	7%	C <sub>3</sub> A + 3CaSO <sub>4</sub> + 32H	→	C <sub>3</sub> A $\underline{S}$ H <sub>32</sub>	C <sub>3</sub> A + SO <sub>2</sub>		
CS	-	19%						
C	-	21% = CaO						
		= ongebluste kalk						
$\underline{S}$	2%	2%						

Na 24 uur zal C<sub>3</sub>A $\underline{S}$ H<sub>32</sub> deels overgaan in C<sub>3</sub>A $\underline{S}$ H<sub>14</sub> (mono sulfaat). Naast het bovenstaande zal er afhankelijk van cementklasse (A, B of C) en watercementfactor (wcf) altijd nieuw, ongehydrateerd cement overblijven.

**SmartCrusher bv**  
We close the circle



# De betonketen sluiten door slimmer te breken

## Portland Cement zonder mergel

### De cementoven-route

Als CO<sub>2</sub> vrije grondstof voor de cementoven. Betonpuin cementsteen kan dus als 'voorgebakken brood' gezien worden, waarin alle ingrediënten al zitten en wat in de cementoven nog afgebakken moet worden. **De sterk verminderde CO<sub>2</sub> uitstoot door toepassen van betonpuin cementsteen biedt grote voordelen. Het verschil in CO<sub>2</sub> uitstoot in vergelijking met mergel is zelfs gigantisch te noemen. Als het betonpuin cementsteen de in de cementoven gestookt zou worden met biobrandstoffen, kan de CO<sub>2</sub> reductie oplopen tot nagenoeg 100%.**

**Op deze manier kan het ovenbedrijf van een cementfabriek CO<sub>2</sub> neutraal zijn.** Omdat in betonpuin cementsteen ook een klein beetje gips ( CaSO<sub>3</sub>) verwerkt zit, het S-gehalte, is het mogelijk om met biobrandstoffen te werken die een hoger alkali-gehalte hebben zonder dat dit aanleiding geeft tot problemen in het ovenbedrijf van de cementfabriek. Deze alkaliën, die normaliter in een cementoven aanleiding kan geven tot verstoppingen worden met dit extra sulfaat af gebonden tot alkali sulfaat en verlaten als cementmineraal de cementoven. Cementklinker maken is niet hetzelfde als een CEM I maken. Immers deze klinker moet nog fijn gemalen worden tot CEM I.

**SmartCrusher bv**  
We close the circle

