



State of the art hergebruik van beton

Wouter van den Berg



Voorstellen

- Specialisatie duurzame bouwtechniek
- Adviseur EGM architecten
- Zes jaar als adviseur bij Nebest
- Product Manager sustainability HeidelbergCement
- Manager taskforce duurzaamheid & circulariteit
- Trekker CB'23, COB en diverse NEN commissies
- Docent, coach en gastspreker MBO|HBO|WO
- Manager GWW Building Balance



Inhoud

- De uitdaging
- De opgave B&U en GWW
- Materiaalstromen
- Ontwikkelingen per materiaalstroom



De uitdaging

Klimaatakkoord

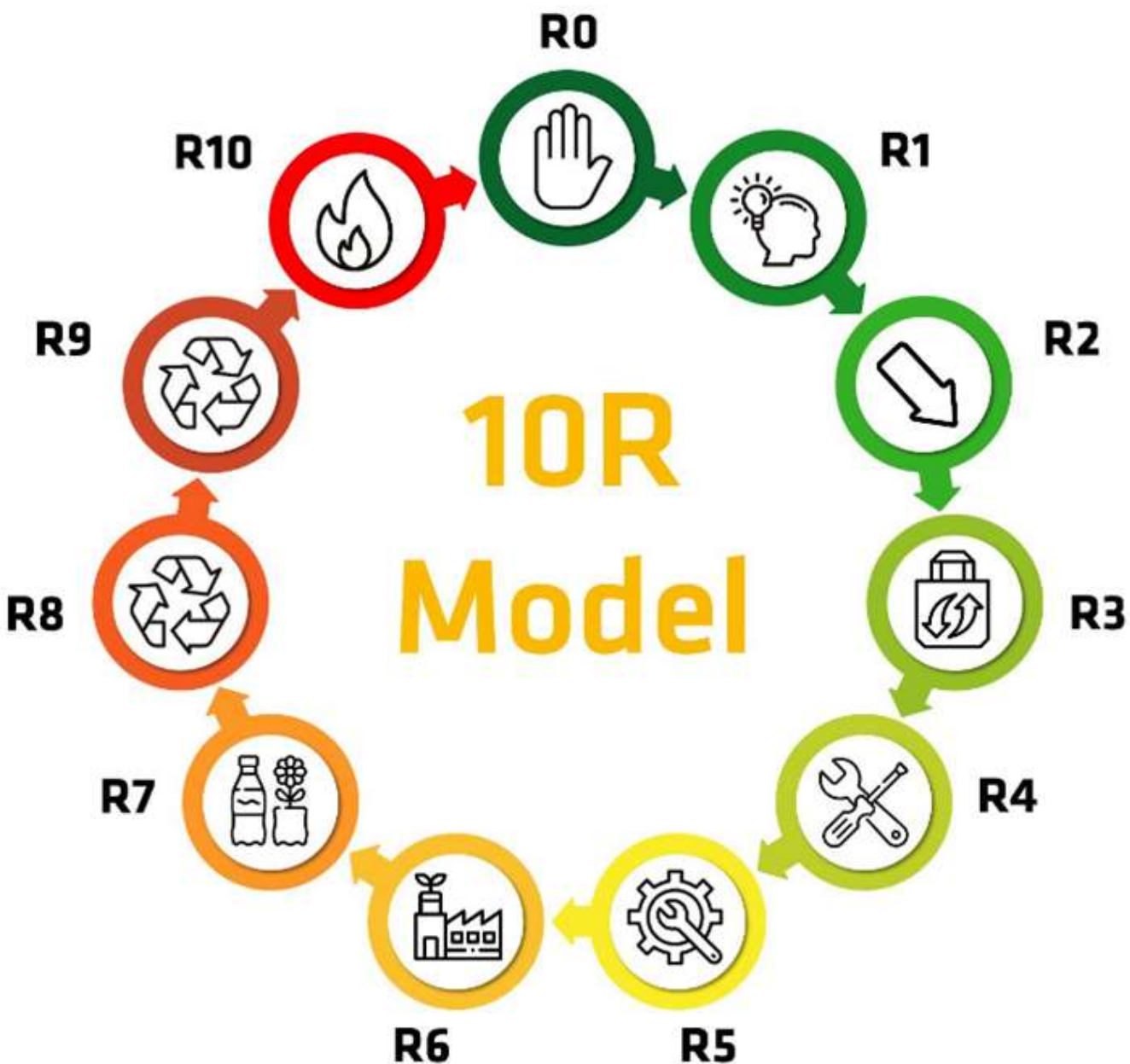
- 2030: 49% CO2-reductie
- 2050: 95% CO2-reductie

Grondstoffenakkoord

- 2030: 50% minder verbruik van primaire grondstoffen
- 2050: Nederland Circulair

De bouw als een van de grootste vervuilers!





Producten slimmer gebruiken of maken:

- R0. Refuse
- R1. Rethink
- R2. Reduce

Hoogwaardig hergebruik:

- R3. Re-use
- R4. Repair
- R5. Refurbish
- R6. Remanufacture
- R7. Repurpose
- R8. Recycling hoogwaardig

Nuttige toepassing:

- R9. Recycling laagwaardig
- R10. Recover



Waarom hergebruik van beton?

- Twee reden
 - Het materiaal beton
 - Materiaalstromen

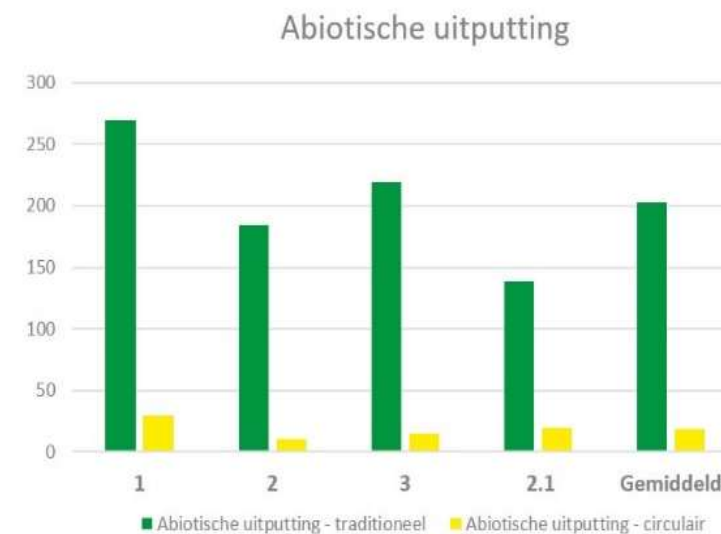
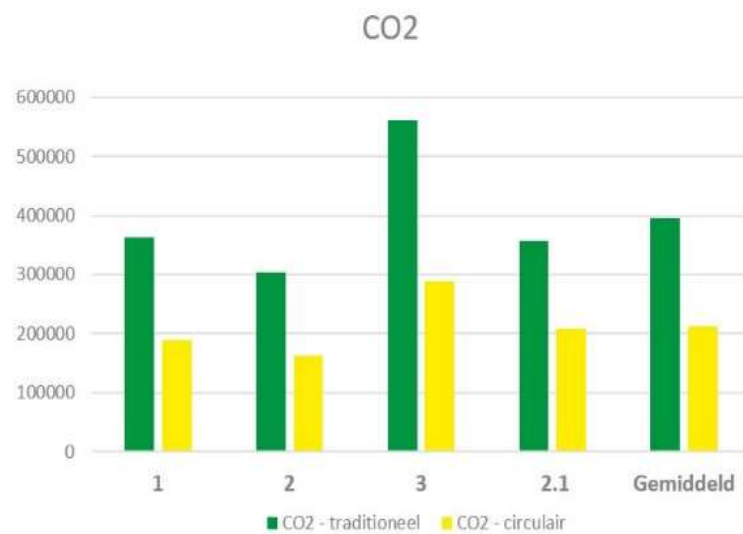
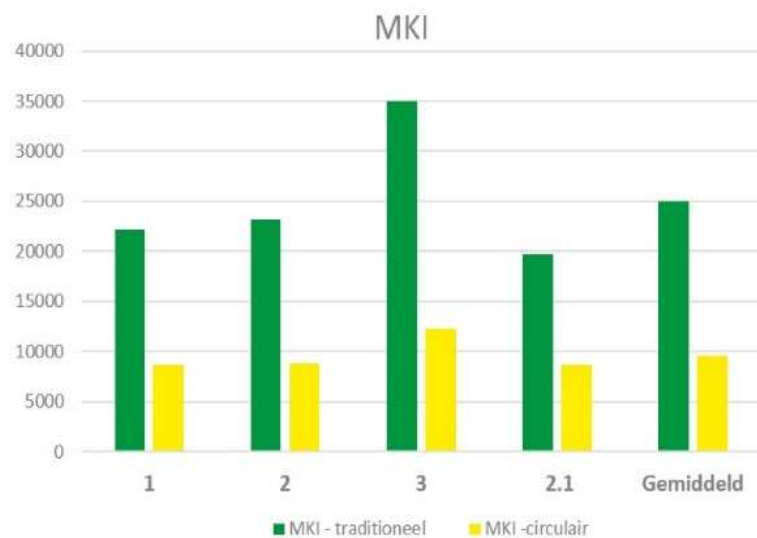
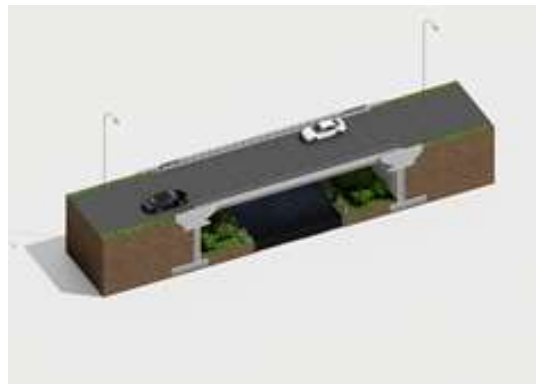


Waarom hergebruik van beton? - materiaal

- Duurzaamheid
- Oneindige levensduur
- Hoge milieu impact
- Prefab elementen
- Kennis



Impact



Waarom hergebruik van beton? - stromen



De opgave B&U

Tabel 3.16 Totaaloverzicht woningbouw en utiliteitsbouw, nieuwbouw en sloop, 2019, 2030, 2050

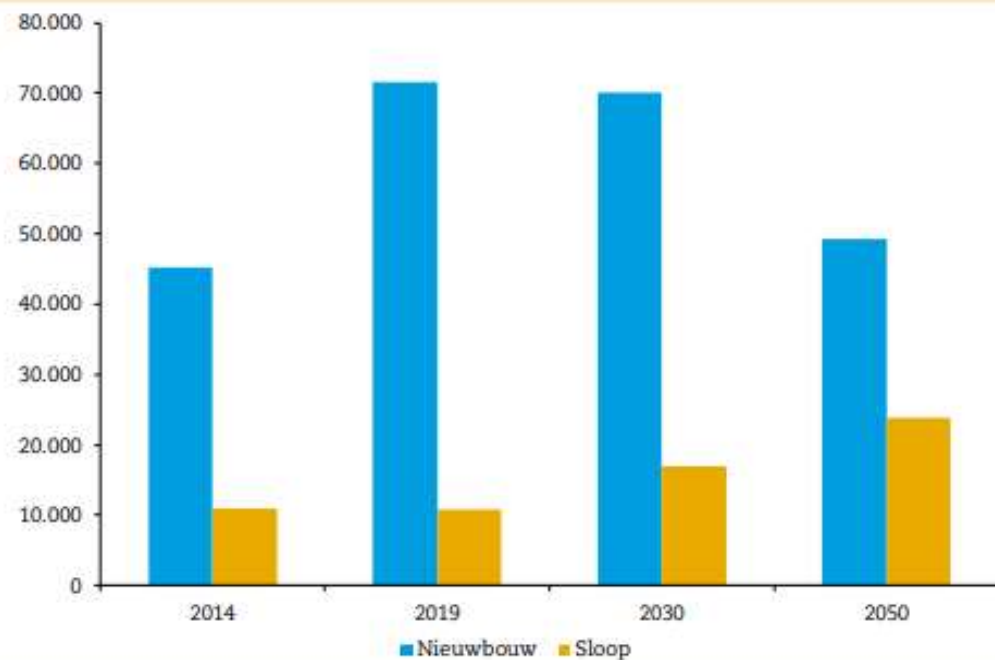
	Nieuwbouw			Sloop		
	2019	2030	2050	2019	2030	2050
Woningbouw (aantal)	71.500	70.000	49.300	10.800	17.000	23.800
Eengezinswoning	43.600	33.300	23.500	5.100	8.500	13.700
Meergezinswoningen	27.900	36.700	25.800	5.700	8.500	10.100
Utiliteitsbouw (1.000 m² BVO)	6.710	7.380	7.240	2.740	3.160	3.780
Bedrijfsruimten	4.730	4.220	4.470	1.250	1.400	1.700
Kantoren	200	430	460	300	310	330
Zorggebouwen	230	460	530	180	200	310
Onderwijsgebouwen	240	580	440	190	400	470
Winkels	200	210	210	260	180	200
Overige gebouwen	1.110	1.480	1.130	560	670	770

Bron: EIB



De opgave B&U

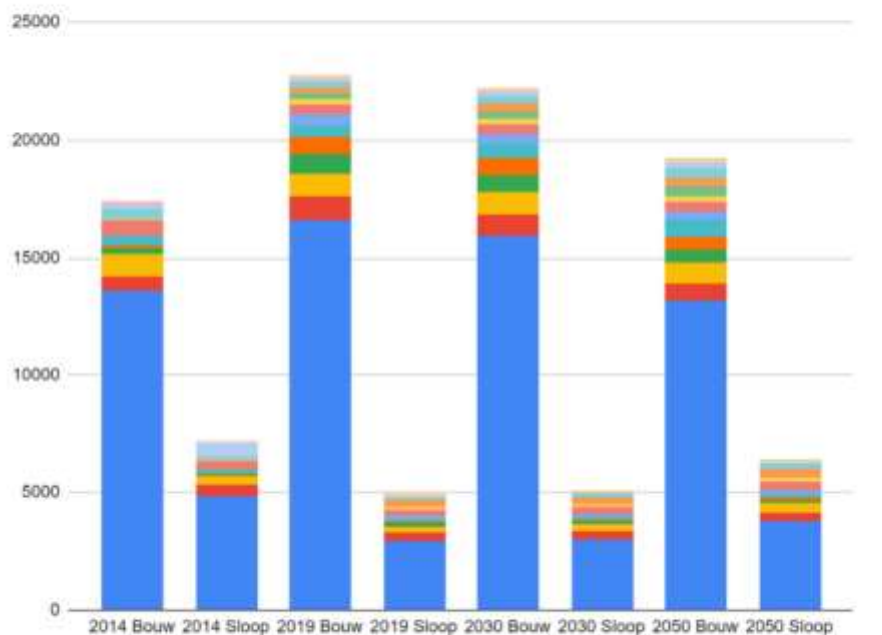
Figuur 3.9 Ontwikkeling woningnieuwbouw en sloop, aantal woningen, 2014, 2019, 2030, 2050



Bron: EIB

De opgave B&U

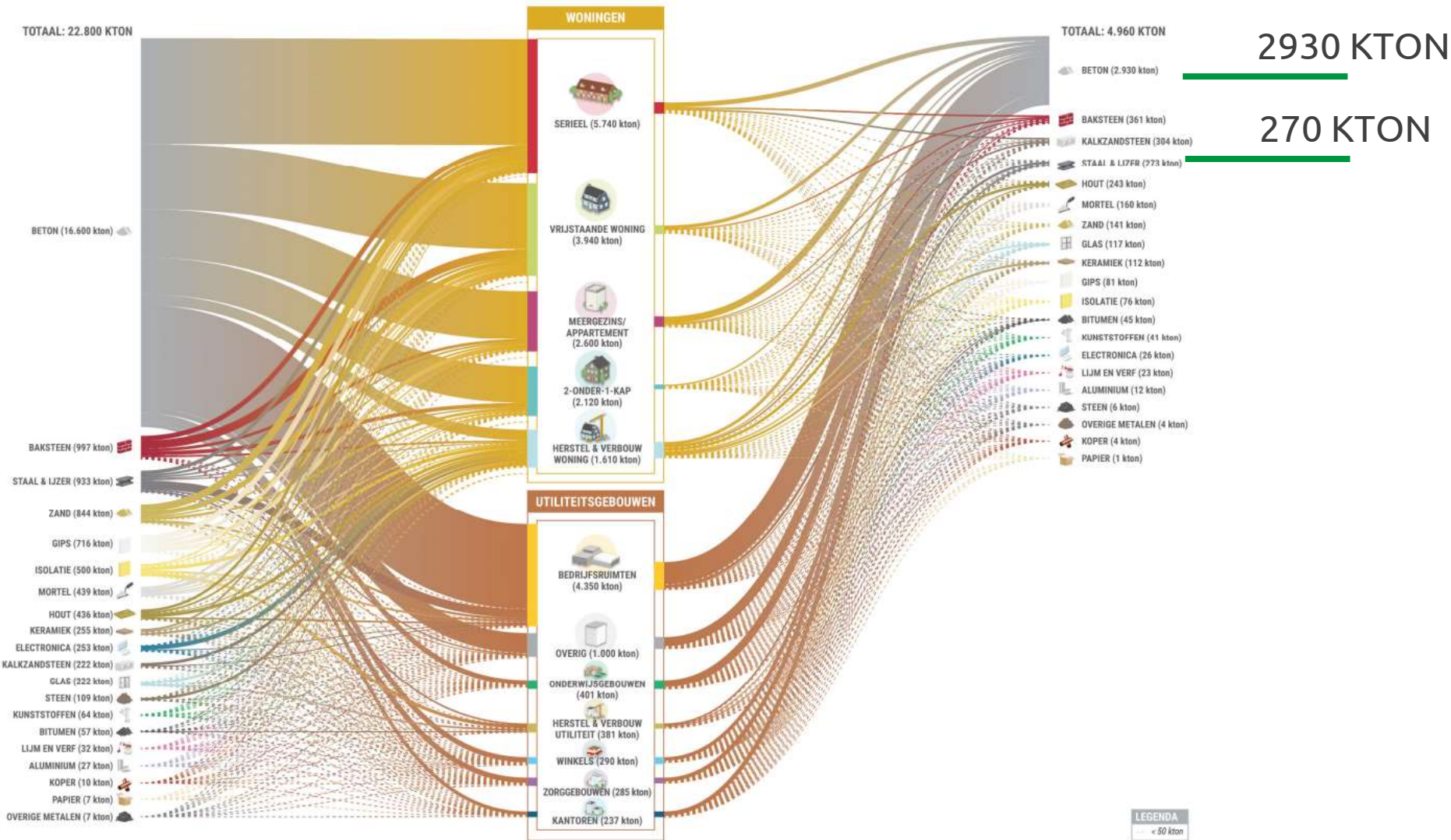
Figuur 3.17 Vraag en aanbod van materialen in 2014²⁹, 2019, 2030, 2050, B&U, kton



Bron: Metabolic, EIB

- Overige metalen
- Papier
- Koper
- Aluminium
- Lijm en verf
- Bitumen
- Kunststoffen
- Steen
- Glas
- Kalkzandsteen
- Electronica
- Keramiek
- Hout
- Mortel
- Isolatie
- Gips
- Zand
- Staal & IJzer
- Baksteen
- Beton

Materiaalstromen B&U 2019



De opgave GWW

Tabel 2.14 Productie uitbreidings- en vervangende nieuwbouw GWW, 2019, 2030 en 2050

Assettype	Uitbreiding			Vervanging		
	2019	2030	2050	2019	2030	2050
Wegen (m² x 1000)						
Rijkswegen	100	330	170	1.750	1.950	2.100
Provinciale wegen	40	40	20	1.200	1.300	1.350
Gemeentelijke wegen	5.600	3.500	1.800	12.600	15.300	18.300
Fietspaden	1.810	2.770	630	1.200	1.680	2.180
Voetpaden	2.360	1.910	1.000	6.775	8.250	9.925
Kunstwerken (aantallen)						
Vaste bruggen	590	395	210	415	485	650
- waarvan beton	530	355	185	315	370	530
- waarvan staal	15	15	10	25	35	50
- waarvan hout	50	35	20	80	85	75
Viaducten	15	20	15	35	55	75
Beweegbare bruggen	0	0	0	15	20	30
Tunnels en onderdoorgangen	35	20	10	20	25	40
Sluizen (aantallen)	5	5	5	15	15	20



Materiaalstromen B&U en GWW 2019

Materiaal	B&U instroom	B&U uitstroom	GWW instroom	GWW uitstroom	Totale bouw instroom	Totale bouw uitstroom	
Beton	16.650	2.930	4.460	2.650	21.110	5.580	KTON
Recyclings- granulaat	0	0	7.610	3.870	7.610	3.870	
Asfalt	0	0	7.190	5.710	7.190	5.710	
Baksteen	1.000	360	260	190	1.260	550	
Steen	110	10	1.080	1.120	1.190	1.120	
Staal & IJzer	930	270	0	0	930	270	KTON
Industriële reststoffen	0	0	750	370	750	370	
Gips	720	80	0	0	720	80	
Isolatie	500	80	10	10	510	80	
Mortel	440	160	0	0	440	160	
Hout	440	240	0	0	440	240	
Keramiek	260	110	0	0	260	110	
Elektronica	250	30	0	0	250	30	
Glas	220	120	10	10	230	120	
Kalkzandsteen	220	300	0	0	220	300	
Constructiestaal	0	0	110	60	110	60	
wapeningsstaal	0	0	100	40	100	40	
Kunststoffen	60	40	30	0	90	50	
Bitumen	60	50	0	0	60	50	
Aluminium	30	10	10	10	40	30	
Lijm en verf	30	20	0	0	30	20	
Koper	10	4	0	0	10	4	
Overige metalen	7	4	0	0	7	4	
Papier	7	1	0	0	7	1	
Industriezand	0	0	6	5	6	5	
Overig	0	0	4	3	4	3	
Overige Metalen	0	0	2	2	2	2	
Grind	0	0	1	0	1	0	
Subtotaal excl. ophoogzand, grond en klei	21.940	4.820	21.630	14.050	43.580	18.870	

Conclusies hergebruik

Verschil tussen vraag en aanbod bedraagt 80% B&U. 2030 en 2050: ingaande en uitgaande materiaalstromen komen dichterbij elkaar.

Wanneer volledig hergebruik van materialen die vrijkomen mogelijk was geweest in de GWW, kon theoretisch gezien 65% van de vraag worden afgedekt.

Slechts 8% is circulair en krijgt een gelijkwaardige of zelfs verbeterde toepassing in het bouwproces. Circularity Gap Report juli 2022

Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?



Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?

- Kan het technisch wel?
- Regelgeving belemmert
- Beschikbaarheid van materiaal
- Het is niet mooi
- Hoge kosten

Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?

- **Kan het technisch wel?**
- Regelgeving belemmert
- Beschikbaarheid van materiaal
- Het is niet mooi
- Hoge kosten

Superlocal



Superlocal



Prinsenhof



Prinsenhof



Closing the Loop



MISTRAS

WAGENBORG.
FOR CLIP

Closing the Loop



Restlevensduuronderzoek

- Maximale carbonatatiediepte <1 mm
- Chloride-indringing liggers nihil
- Indringing chloriden betonnen landhoo

Druksterkte

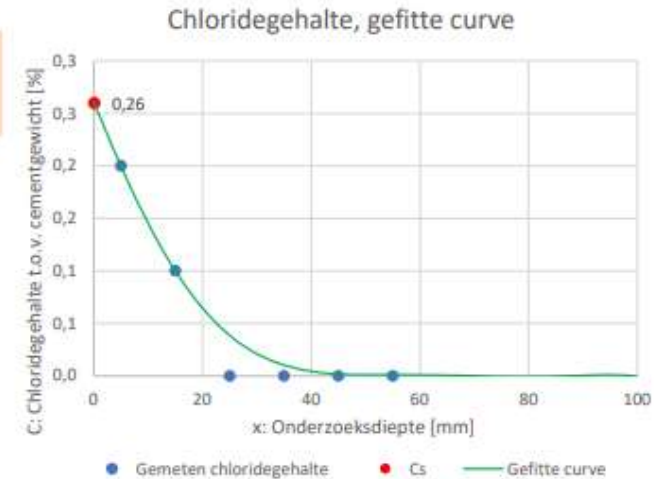
- Resultaten tussen 102 tot 124 N/mm²
- Betonsterkteklasse
- Conform NEN-EN 1990 Bijlage = C80/9!
- Volgens ontwerpgegevens K600 (B65)
- Toename van bijna 50%!

Rekenwijze resterende duur initiatiefase voor chloride-geïnitieerde wapeningscorrosie
Conform CUR-Aanbeveling 121:2018 Bijlage A

$$C(x, t) = C_s - (C_s - C_i) \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{4 \cdot D_a \cdot t}} \right)$$

Invoer

Bouwjaar	1968
t_{insp}	54 jaar
C_{crit}	0,5 %
x_M	34,0
S_a	3,0 mm
x_{M-5}	29,0 mm



Laboratoriumresultaten

Midden van gemeten plak [mm]	Gemeten chloridegehalte [%]			
x	C	C_{geschat}	Standaardfout^2	
5	0,2	0,2	0,000008	
15	0,1	0,1	0,000019	
25	0,0	0,0	0,001438	
35	0,0	0,0	0,000118	
45	0,0	0,0	0,000005	
55	0,0	0,0	0,000000	

C_s	0,26
C_i	0,00
D_a	2,74

Som 0,001588 <--

Bepaling modelparameters C_s , C_i en D_a , door standaardfout zo klein mogelijk te maken

$$C_{\text{crit}} = C_s - (C_s - C_i) \cdot \operatorname{erf} \left(\frac{x_m}{\sqrt{4 \cdot D_a \cdot t_i}} \right)$$

t_i ##### jaar einde initiatiefase t.o.v. bouwjaar

$C_{\text{crit_berekend}}$ 0,3 % <-- $C_{\text{crit_berekend}}$ matchen aan C_{crit} door wijzigen t_i

Restlevensduur $(t_i - t_{\text{insp}})$ = ##### jaar

Closing the Loop





Lesmodules Herbruikbaarheidsscan

- Module 1: Introductie
- Module 2: Wat is een Herbruikbaarheidsscan?
- Module 3: Begrippen
- Module 4: Proces van hergebruik
- Module 5.1: Uitvoeren – Stappen in de uitvoer
- Module 5.2: Uitvoeren – Aandachtspunten in de uitvoer
- Module 6.1: Inzetten – Hoe lees je een HBS?
- Module 6.2: Inzetten – Hoe zet je een HBS in?
- Module 7.1: Inkopen – Inpassen HBS in inkoopproces
- Module 7.2: Inkopen – Kansen herkennen in een HBS



Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?

- **Kan het technisch wel?**
- **Regelgeving belemmert**
- Beschikbaarheid van materiaal
- Het is niet mooi
- Hoge kosten

Beschikbare richtlijnen

- CB'23 Leidraad Toekomstig Hergebruik
- CROW-CUR Richtlijn 4:2023 Hergebruik constructieve prefab betonelementen
- NEN werkgroep hergebruik constructieve elementen

Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?

- **Kan het technisch wel?**
- **Regelgeving belemmert**
- **Beschikbaarheid van materiaal**
- Het is niet mooi
- Hoge kosten

Beschikbaarheid van materiaal



insert®



NATIONALE BRUGGENBANK

Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?

- Kan het technisch wel?
- Regelgeving belemmert
- Beschikbaarheid van materiaal
- Het is niet mooi
- Hoge kosten

Het is niet mooi



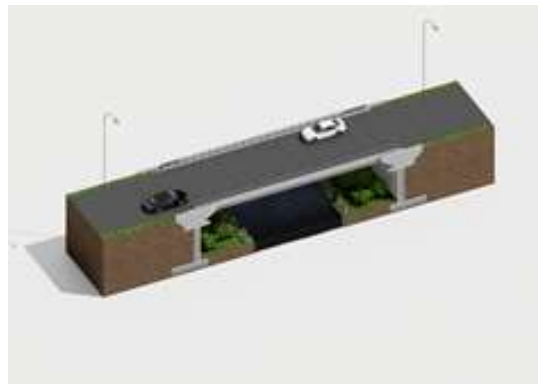
Het is niet mooi



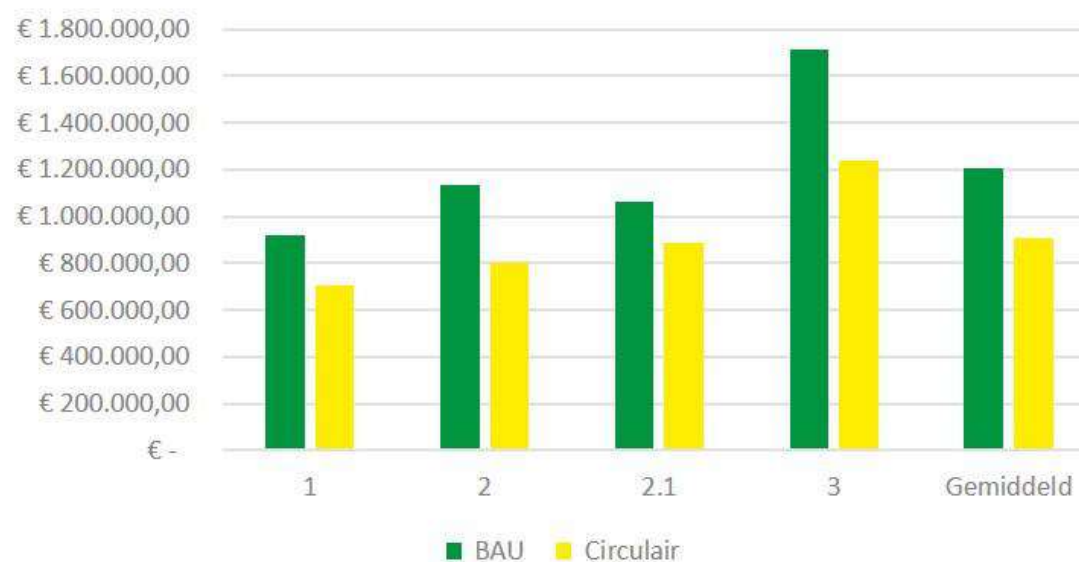
Waarom hergebruiken we dan nog beperkt?

- Kan het technisch wel?
- Regelgeving belemmert
- Beschikbaarheid van materiaal
- Het is niet mooi
- Hoge kosten

Hoge kosten



Kosten sloop/oogst + realisatie + MKI



Bedankt voor uw aandacht