

Kom verder

SAXION

# Integraal schuimbeton interactief

In product design

CONCEPT

April 2013

biomimicry/NL

IDC  
Industrial Design Centre

SAXION

supported by  
KONINKRIJK  
TWENTE

regio  
Twente

provincie  
Overijssel

## Inleiding

Geschuimd beton is een materiaal dat op dit moment veelal gebruikt wordt in de bouw, om vloeren op te vullen.

Een schuimmiddel dat door het beton wordt gemixt, zorgt voor het opschuimen van het beton. Dit zorgt ervoor dat het beton aanzienlijk lichter wordt per hoeveelheid volume. Dit maakt het materiaal echter ook zwakker.



Het geschuimd beton wordt op dit moment nauwelijks in productontwerp toegepast. Dit document zal uitleggen welke aspecten er aan geschuimd beton hangen aan de hand van de 'PCMIEP' structuur, om het zo onder het oog van ontwerpers te brengen. Onder verschillende hoofdstukken zullen alle aspecten van het ontwerpen met geschuimd beton worden toegelicht.

Er wordt doorgelinkt naar video's met uitleg. Als u dit als geprint verslag leest, zal er bij de link ook een uitleg in tekst en afbeeldingen vinden.

Vanuit het IMPT zijn er tests uitgevoerd, is er deskresearch gedaan en zijn er een aantal producten ontworpen. Daaruit zijn voordelen, nadelen en tips ontstaan, die ook worden weergegeven in dit document.





## Inhoud

Inleiding .....	1
Materiaal.....	4
Materiaal productie.....	4
Zelf schuimbeton maken.....	5
Viscociteit.....	7
CO <sub>2</sub> uitstoot.....	7
Duurzaamheid .....	10
Recyclebaar .....	10
Contactgeluid .....	10
.....	10
Sterkte.....	11
Proces.....	12
Inleiding .....	12
Schuim beton machine: massaproductiemethode.....	12
1 fase techniek .....	14
2 Fasen techniek: Buitenschil eerst daarna schuimbeton gieten.....	16
Buitenwand van Aardvochtig beton .....	16
Verwerkbaarheid en afwerking.....	16
Buitenwand van Zelfverdichtend beton.....	16
Verwerkbaarheid en afwerking.....	17
Buitenwand van vezelversterkt beton: .....	17
Het produceren van het Techmar prototype: .....	20
3 Shaping Schuimbeton: schuimkern eerst daarna schil aanbrengen .....	21



De binnenkant van een product kan eerst gevormd worden uit schuimbeton, waarna het wordt voorzien van een massieve schil beton. Dit kan in een mal of opgespoten of gesmeerd worden.....	21
4 Shaping Schuimbeton: 3D printen.....	23
5 Shaping Schuimbeton: composiet .....	28
Gieten in een EPS schuim constructie .....	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Intentie .....	30
Toepassingen .....	30
9 Ideeën over Schuimbeton.....	31
Esthetiek.....	34
1 Esthetiek en Perceptie Schuimbeton.....	34
Constructie .....	35
1 Joining Schuimbeton .....	35
1 Surface Schuimbeton .....	36
2 Joining Schuimbeton .....	38
Mechanische hechting.....	38
Vochttopdrijving op het beton .....	39
Pluggen .....	39
Hechting van schuimbeton aan keramiek .....	40
4 Surface Schuimbeton: Afwerking van de buitenkant bij 3D-printen .....	41
10 Ontwerp tips.....	42
Bijlage.....	46
11 Links .....	46



## Materiaal

“Schuimbeton is in feite geen echt beton, maar een mortel. Het bevat immers geen grof toeslagmateriaal. Schuimbeton bestaat uit een matrix van cementsteen en kunstmatig ingebrachte luchtbelletjes, soms nog aangevuld met fijn toeslagmateriaal. In varianten op het product schuimbeton wordt een gedeelte van het schuim, dat feitelijk als toeslagmateriaal fungeert, vervangen door kleine polystyreen bolletjes. Schuimbeton heeft een zeer lage volumieke massa. Dit betekent ook dat schuimbeton een zeer lage sterkte heeft.



## Materiaal productie

Bij de productie van schuimbeton wordt eerst een basismortel gemengd van cement en water, eventueel met vulstoffen en/of een gedeelte zeer fijn zand.

Deze mortel wordt in een volgende processtap vermengd met een vooraf vervaardigd stabiel schuim dat de rol van toeslagmateriaal vervult. Het schuim ziet eruit als scheerschuim.



## Zelf schuimbeton maken

Het is goed mogelijk om zelf schuimbeton te maken.

Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):

### Benodigdheden

- Handmixer met gardes
- Tafelmixer met menghaak
- Spatel (pannenlikker)
- 2 maatbekers
- Beslagkom
- Weegschaal
- Cement (CEM III B)
- Water
- Schuimmiddel (8023 Tillman)



### Stap 1 – Hoeveelheden afgewogen

Voor 2,25 liter schuimbeton met een dichtheid van  $500 \text{ kg/m}^3$  is het volgende nodig:

Onderdeel	Grondstof	Hoeveelheid
Basisslurry	Cement	616 gr.
	Water	371 gr.
Schuim	Schuimmiddel	3% (1,5 L schuim)
	Water	100%

Het cement voor de basisslurry kan het beste afgewogen worden in de bak van de tafelmixer.

De hoeveelheid schuimmiddel en water voor het schuim is niet van belang, een  $\frac{1}{2}$  liter is ruim voldoende. Het schuimmiddel en het water kunnen het best afgewogen worden in de beslagkom.

### Stap 2 – Basisslurry mixen en schuim maken

Voor het mixen van de basisslurry gebruik je de tafelmixer met de mengarm (dus niet de garde of deeghaak). Het cement van de basisslurry eerst langzaam mixen en geleidelijk aan het water toevoegen. Als al het water erbij zit de mixer even





uitzetten en de slurry met een spatel goed omroeren om het drogere cement van de bodem door het water te mengen. Hierna de mixer nog minimaal 2 minuten laten mixen.

Terwijl de basisslurry mixt kan het schuim gemaakt worden. De hoeveelheid in de beslagkom kan met de handmixer met gardes opgeschuimd worden. Het opschuimen gaat het snelst op de turbostand van de mixer. Het schuim is goed als er genoeg lucht in zit. Dit is het geval zodra je de beslagkom op de kop kunt houden zonder dat het schuim eruit valt. Bij twijfel: neem 1 liter schuim in een maatbeker en weeg het op de weegschaal. 1 liter schuim hoort ongeveer 50 gram te wegen. Lichter is goed, zwaarder dan 55 is te zwaar. Als het schuim te zwaar is dient men langer te mixen om er meer lucht in te krijgen.



### Stap 3 – Slurry en schuim mixen tot schuimbeton

Nadat het schuim en slurry gemaakt zijn kunnen ze gemixt worden. Meet 1,5 liter schuim af in een maatbeker en voeg dit toe aan de slurry. Het schuim en de slurry kunnen met de spatel door elkaar gemixt worden. Mix lang genoeg totdat het geheel een egaal grijze kleur heeft, zoals in de afbeelding hierboven te zien is.

### Stap 4 – Schuimbeton in de vorm gieten

De laatste stap is het afvullen van de vorm of mal met het schuimbeton. Vul altijd iets meer af dan nodig, het schuimbeton zakt soms een paar millimeter in en kan bovendien mooi afgewerkt worden door het overtollige materiaal een dag later af te schrapen.

Dek na het vullen het schuimbeton af met een folie om uitdroging te voorkomen. Direct contact van de folie met het schuimbeton kan het best voorkomen worden.



[Video link klik hier](#)



### Viscositeit

Schuim beton is, voordat het is uitgehard, erg vloeibaar. Vergelijkbaar met magere yoghurt. Dit zorgt ervoor dat het niet zoals een kleiachtig materiaal in een vorm gezet kan worden er daar ook in zal blijven.

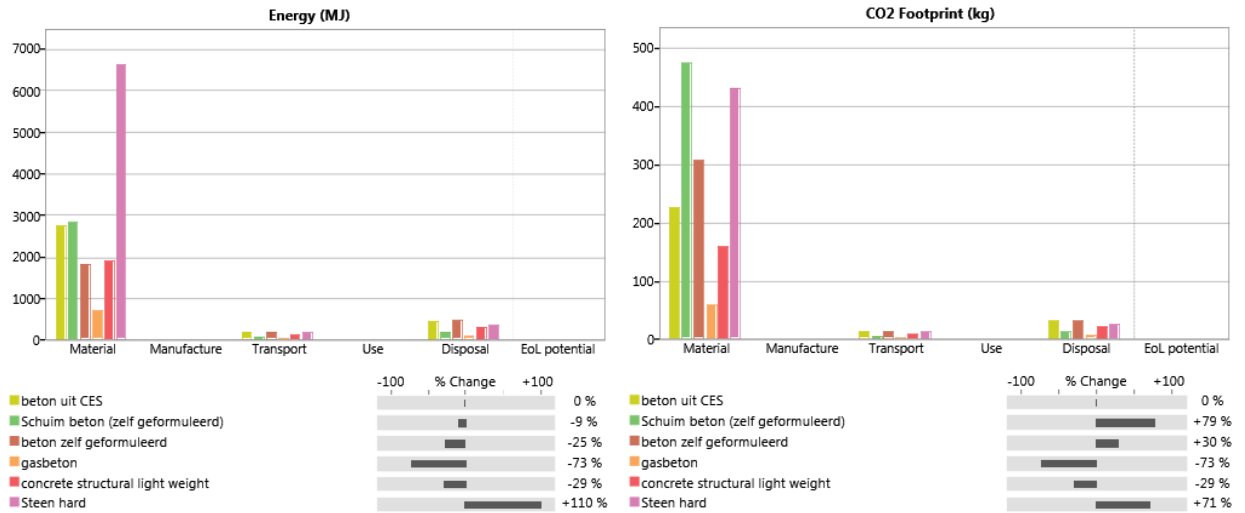
### CO<sub>2</sub> uitstoot

Een voordeel van schuimbeton is dat het licht is en pas in volume “opgeklopt” wordt op het moment van gebruik op de bouwplaats. In eerste instantie lijkt het op een CO<sub>2</sub> uitstootvermindering, als schuimbeton gebruikt wordt in plaats van massief beton. Men gebruikt immers minder materiaal.

Kijken we, meer in detail, naar een constante hoeveelheid volume van 1000 liter, dan zien we het volgende bij een Eco audit in CES edupack.

Input:

- de materialen worden 200 km getransporteerd van betoncentrale naar bouwplaats
- uitgaan van een vast volume van 1 m<sup>3</sup>
- verschillende materialen worden vergeleken
  - beton uit CES: concrete (normal Portland cement)
  - zelf geformuleerd schuimbeton op basis van: Ordinary Portland
  - zelf geformuleerd beton op basis van: Ordinary Portland
  - gasbeton (Aerated concrete)
  - concrete (structural lightweight)
  - Steen (Brick, common, hard)



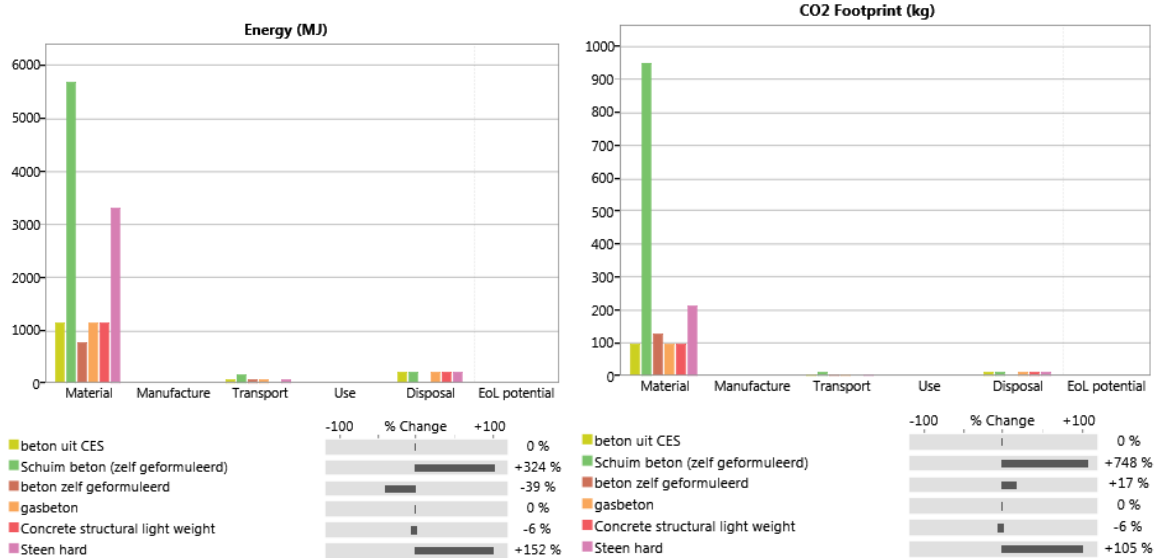
### Conclusie voor een vast volume van 1 m<sup>3</sup>:

- transportkosten zijn maar een fractie van het energie gebruik en de CO<sub>2</sub> uitstoot
- de productie van schuimbeton en standaard beton kost ongeveer dezelfde hoeveelheid energie
- in het lichtste schuimbeton (500 kg/m<sup>3</sup>) zit ongeveer het dubbele gewicht aan cement
- Aerated concrete (gasbeton) is veel gunstiger mbt energie gebruik en de CO<sub>2</sub> uitstoot
- Schuimbeton (zonder toeslagmateriaal) heeft per m<sup>3</sup>: 79% meer CO<sub>2</sub> uitstoot





Vergelijken we een constant gewicht (1000 kg) schuimbeton en massief beton met elkaar, dan zien we het volgende:



1000 kg massief beton = 417 liter

1000 kg schuimbeton = 2000 liter

Conclusie voor 1000 kg:

- transportkosten zijn maar een fractie van het energie gebruik en de CO<sub>2</sub> uitstoot
- de productie van schuimbeton kost 324% meer energie
- in het lichtste schuimbeton (500 kg/m<sup>3</sup>) zit ongeveer het dubbele gewicht aan cement
- Schuimbeton (zonder toeslagmateriaal) heeft per m<sup>3</sup>: 748% meer CO<sub>2</sub> uitstoot



## Duurzaamheid

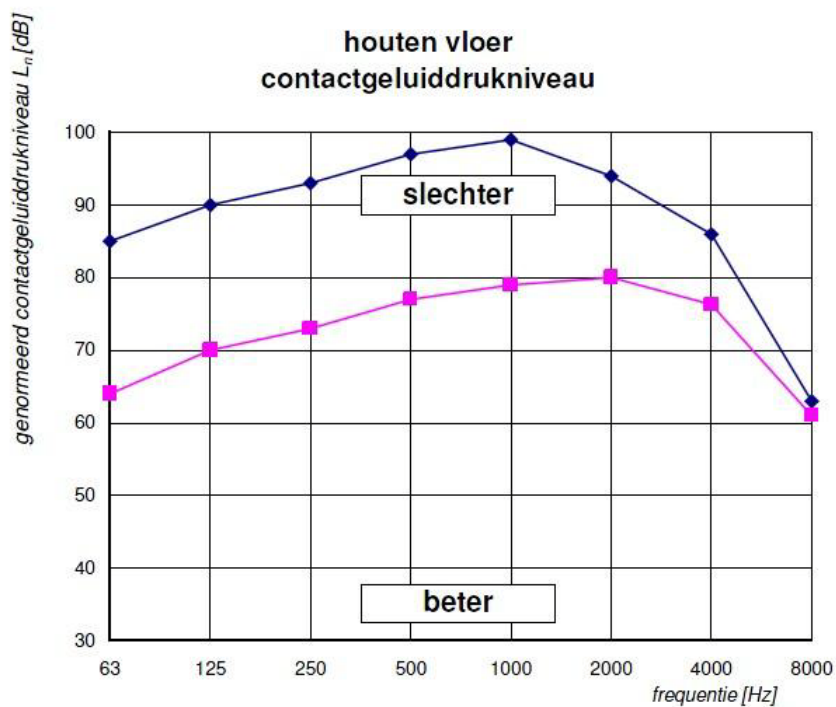
Schuimbeton is een duurzaam materiaal dat ongevoelig is voor rot en schimmels. Verder is het materiaal bestand tegen weersinvloeden. Door de aanwezigheid van heel veel kleine luchtbelletjes is het materiaal ook uitstekend **vorstbestand**. (?)

## Recyclebaar

Niet beter dan normaal beton. Wel gemakkelijker te vergruizen.

## Contactgeluid

Stichting Schuimbeton Nederland



—♦— houten vloer  $l_{co,lab} = -30$  dB;  $L_{nw}(CI) = 97$  (-9) dB

—■— houten vloer met schuimbeton en afwerkvloer  $l_{co,lab} = -10$  dB;  $L_{nw}(CI) = 82$  (-13) dB



## Sterkte

De volumieke massa is in hoofdzaak bepalend voor de te bereiken sterkte.

Reken bij een volumieke massa van 500 – 1000 kg/m<sup>3</sup> op een druksterkte van circa 1 tot 4 N/mm<sup>2</sup>. Bij hogere volumieke massa's zijn al gauw hogere waarden mogelijk. licht in gewicht, maar toch enorm sterk [100 ton/m<sup>2</sup> bij 500 kg/m<sup>3</sup>]

Technische gegevens Celbeton per gewicht

kg/m <sup>3</sup>	drukvastheid Celbeton in tonnen/m <sup>2</sup>	drukvastheid Celbeton in N/mm <sup>2</sup>	buig-/ treksterkte N/mm <sup>2</sup>	treksterkte N/mm <sup>2</sup>	Warmte- geleidings coëfficiënt W/mK
400	50	0,5	0,10	0,05	0,09
500	100	1,0	0,15	0,10	0,10
600	200	2,0	0,35	0,20	0,12
700	250	2,5	0,45	0,25	0,14
800	300	3,0	0,50	0,30	0,17
900	350	3,5	0,60	0,35	0,20
1000	400	4,0	0,70	0,40	0,23
1100	500	5,0	0,90	0,50	0,26
1200	600	6,0	1,10	0,60	0,30
1300	700	7,0	1,30	0,70	0,35
1400	800	8,0	1,50	0,80	0,40
1500	900	9,0	1,65	0,90	0,45
1600	1000	10,0	1,80	1,00	0,50
1700	1100	11,0	2,00	1,10	0,57
1800	1200	12,0	2,25	1,20	0,65
1900	1300	13,0	2,50	1,30	0,75
2000	1400	14,0	3,00	1,40	0,90
2100	1500	15,0	4,00	1,50	1,10

bron [www.ervas.nl](http://www.ervas.nl)

### Materiaal eigenschappen funderingsmaterialen



Produktsort	Volumieke massa (droog)	Volumieke massa (nat)	(Kubus) druksterkte	Treksterkte	Buig- treksterkte	E-modulus	Wateropname
	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	%
<b>LICHTE OPHOOG- /FUNDERINGSMATERIALEN</b>							
E.P.S. 15	15	50	0,02	0,2	0,19	4	5%
E.P.S. 25	25	50	0,04	0,36	0,36	8	4%
Schuimbeton 500 kg/m <sup>3</sup>	500	550	1	0,1	0,15	650	< 10%
Schuimbeton 600 kg/m <sup>3</sup>	600	650	2	0,2	0,35	1200	< 10%
Geexpandeerde kleikorrels 8-16	650-750	1230-1290	0,1	-	-	20	30%
Lipari-Bims 0/16	675	950	-	-	-	-	18%
Yali-Bims 0/16	750	1050	0,1	-	-	125	23%
Argexzand 0-4	625	1000	-	-	-	-	-
Flugsand	850	1200	-	-	-	200	4%
<b>TRADITIONELE OPHOOG- /FUNDERINGSMATERIALEN</b>							
Aanvul-/ophoogzand	1600	1800	-	-	-	200	-
Eifelith-Lava 0/40 [lava B]	1450	1800	-	-	-	-	-
Betongranulaat 0/40	1500	1900	-	-	-	800	-
	1600	1900	-	-	-	1500	-



## Proces

### Inleiding

Hieronder worden verschillende technieken weergegeven om schuimbeton in verschillende vormen te produceren:

- Schuimbeton machine: massaproductiemethode
- 1 fase techniek
- 2 Fasen techniek: Buitenschil eerst daarna schuimbeton gieten
- Gieten in een EPS schuimconstructie
- Het produceren van het Techmar prototype
- Schuimkern eerst daarna schil aanbrenen
- 3D printen
- Composiet
- Massaproductiemethode

### Schuim beton machine: massaproductiemethode

**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

In deze video is te zien hoe het schuimbeton gemengd wordt en hoe dit in vloer- en muurvorm wordt gegoten.

Eerst wordt het schuim in de molen met beton gepompt:



Dit wordt vervolgens in een tweede stadium fijner gemengd:



Vervolgens wordt het naar deze matrijs van houten planken gepompt om een betonnen muur te gieten:



Of een vloer te gieten:



[Link naar video](#)



## 1 fase techniek

Schuimbeton wordt in een vorm gebracht door het te gieten in een mal. De wanden van de mal moeten goed lossend zijn (met lossingsmiddel). Het resultaat is een monolithische vorm, met variërende wanddikte, met een gesloten huid kwetsbare huid van +/-1 mm dit of minder.

In de onderstaande video wordt uitgelegd hoe de 1 fase methode werkt. In het plaatje ziet de wanddikte er dikker uit dan in de werkelijkheid.

Waarom een dunne laag?:

- het schuimbeton is voordat het uitgehard is, erg vloeibaar. Veel water is nodig om een licht schuim te krijgen
- Aan de buitenwand, tegen de mal, ontstaat een film (massieve schil)
- De film kan niet dik zijn, want dan stroomt het materiaal naar beneden langs de wand van de matrijs. Met als gevolg een plas water onderin de matrijs

**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

In de video licht Jacob Alkema toe hoe het schuimbeton met een buitenlaag tot stand is gekomen en welke voordelen hij hierin ziet.

Dit zorgt voor een lichtgewicht materiaal, dat vanwege de normaal betonnen buitenzijde nog duw en trekkachten kan hebben en dus minder kwetsbaar is. Daarbij wordt aangekaart dat deze gewichtsbesparing, zou kunnen staan voor CO<sub>2</sub> besparing en dus minder belastend voor het milieu is. Ook scheelt dit in transportkosten.

Waarom geen polystyreen met een betonlaag? In dat geval spreken we van een combinatie van twee materialen, die moeilijk te scheiden zijn voor recycling. Een groot pluspunt van de gelaagd schuimbeton is de mogelijkheid tot recyclen gezien beide materialen een vorm van beton zijn. "Je kan het als gruis opnieuw gebruiken. Er zit verder niks anders in, behalve lucht".



Opsomming van voordelen:

- Lichtgewicht materiaal dat minder kwetsbaar is dan enkel geschuimd beton.
- Minder CO<sub>2</sub> uitstoot.
- Lagere transportkosten.
- Monomateriaal.



[Video link klik hier.](#)

De wens is:

Met eenvoudige productieprocessen monolithische vormen maken bestaande uit een in dikte beïnvloedbare buitenschil (10, 20, 30 mm) en een schuimbeton kern.

Het probleem van de bovenstaande techniek is dat de schil te dun is en te kwetsbaar.



## 2 Fasen techniek: Buitenschil eerst daarna schuimbeton gieten

De buitenschil van een product kan eerst gevormd worden uit een massieve beton. Als deze uitgehard is, kan het in een tweede stap gevuld worden met een schuimbeton.

### **Buitenwand van Aardvochtig beton**

Aardvochtig beton is droog beton met zo min mogelijk water in de mix. Het water dat erin zit is alleen bedoeld om het cement te laten uitharden. Een voordeel van aardvochtig beton is dat het beton sterker wordt omdat de water/cementfactor laag is. Een hogere water/cementfactor leidt in principe tot zwakker beton.



### **Verwerkbaarheid en afwerking**

Aardvochtig beton is zo droog dat het gestapeld kan worden. Het lijkt enigszins op klei en een wand kan gecreëerd worden door bijvoorbeeld tussen twee mallen het beton te trillen. Het trillen is bedoeld om te verdichten waardoor de lucht uit het beton gaat. Na het trillen kunnen beide mallen verwijderd worden, de wand blijft dan staan.

Aardvochtig beton is relatief droog en de afwerking is afhankelijk van de duur en intensiteit van het trillen. Toch zijn luchtinsluitingen moeilijk te voorkomen.

De wanddikte die bereikt kan worden is door de stapelbaarheid oneindig. Onder andere rioolbuizen worden gemaakt door aardvochtig beton te trillen en de wanddikte varieert daarbij van 45 tot 175 mm. Doordat het beton stapelbaar is, kan je een wand maken die je naderhand afvult met schuimbeton.

### **Buitenwand van Zelfverdichtend beton**

Zelfverdichtend beton, ook wel zvb genoemd, heeft een lagere viscositeit dan aardvochtig beton en dit wordt bewerkstelligd door plastificeerder toe te voegen.

Plastificeerder verlaagt de viscositeit zonder dat er extra water nodig is. Daardoor is de eindsterkte van het beton hoger dan wanneer water zou worden toegevoegd. De





plastificeerder is een bruin mengsel dat ietwat stroperig is, vergelijkbaar met siroop voor ranja. De gebruikte plastificeerder is glenium 51 van BASF.

### Verwerkbaarheid en afwerking

Zoals de naam al doet vermoeden is het niet nodig om zelfverdichtend beton te trillen, omdat de lucht vanzelf uit het mengsel gaat. Zelfverdichtend beton wordt onder andere gebruikt bij grote objecten waar trillen veel energie zou kosten. Een voorbeeld is een brugligger. Het nadeel van het mengsel is dat het niet blijft staan. Dunne wanden zijn wel te smeren en blijven dan wel op de plek, maar bij dickere wanden zakt het beton naar beneden. De mogelijke wanddikte met zelfverdichtend beton is 3-4 mm, maar zou dikker gemaakt kunnen worden door het beton een uur op zijn plek te houden waarna de plastificeerder is uitgewerkt.



### Buitenwand van vezelversterkt beton:

*Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):*

In de video wordt weergegeven hoe de matrijs gevuld wordt om het gelaagde resultaat te behalen:

De mal:



Randen kitten:





Ontkistingsolie:



Wanden insmeren:



Schuimbeton in de mallen pompen: Opvullen en afvlakken van de onderzijde:



Betonvoet uit de matrijs:



Eindproduct:



[Link naar video](#)



## Gieten in een EPS schuim constructie

Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):

Gieten in een EPS schuim constructie (nu met massief beton, maar kan ook met schuimbeton).

Via de pomp wordt het beton van de vrachtwagen naar de constructie geleid:



Dit verdeelt zich zo over de constructie, met een vezelversterking die er op verschillende plaatste door gegoten wordt:

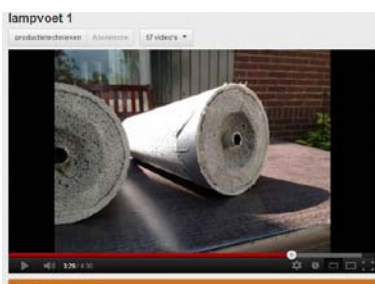


[link naar video](#)



## Het produceren van het Techmar prototype:

Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):



[video link](#)



## Schuimkern eerst daarna schil aanbrenge

De binnenkant van een product kan eerst gevormd worden uit schuimbeton, waarna het wordt voorzien van een massieve schil beton. Dit kan in een mal of opgespoten of gesmeerd worden.

Met behulp van een matrijs bollen produceren uit schuimbeton. De bollen kunnen gestapeld worden in een gietmal. De gietmal kan met zeer vloeibaar beton worden dicht gegoten.

Uitgaande van een minimale stapeling van twee rijen onder 45 graden, komen de bollen te in een versprongen raster te liggen.

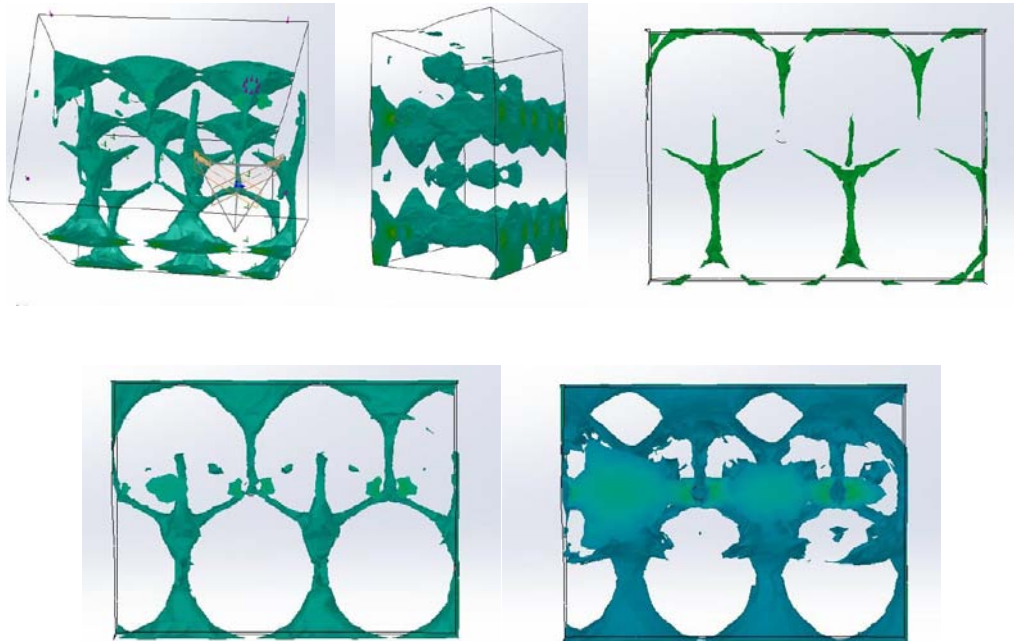


### Materiaal / gewichtsbesparing:

				Soortelijke massa kg/dm3
1	bollen	7574 mm3	48%	0,5
2	massief	8160 mm3	52%	2,3
3	hele volume	15734 mm3		
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
66				
67				
68				
69				
70				
71				
72				
73				
74				
75				
76				
77				
78				
79				
80				
81				
82				
83				
84				
85				
86				
87				
88				
89				
90				
91				
92				
93				
94				
95				
96				
97				
98				
99				
100				



De spanning wordt voor het grootste deel opgenomen in de massieve betonvorm.





### 3D printen

Buitenvorm met een depositioning methode "printen" binnenkant dichtgieten met schuimbeton

Er zijn twee mogelijkheden:

Buitenkant droog – binnenkantnat

of

Buitenkant nat – binnenkant nat

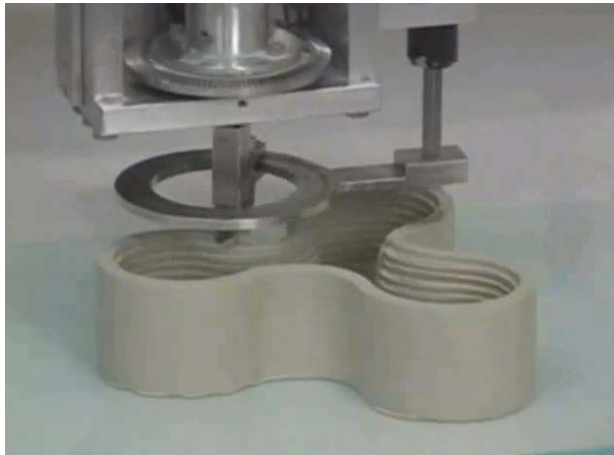
- [Contour Crafting 1](#)
- [Contour Crafting 2](#)
- TED [Contour Crafting: Automated Construction: Behrokh Khoshnevis at TEDxOjai](#)
- [Concrete Printing Process developed at Loughborough University in the UK](#)
- [Concrete 3D printer being developed at The University of Arizona College of Architecture Material Labs.](#)
- [Dinitech 1](#)
- [Dinitech 2](#)



**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

Hier wordt laten zien dat er op modelschaal en zelfs op woning-niveau, beton kan worden ge3D-print.

Video: het 3D-printen van beton.



Mooie afvlakking aan de buitenzijde:



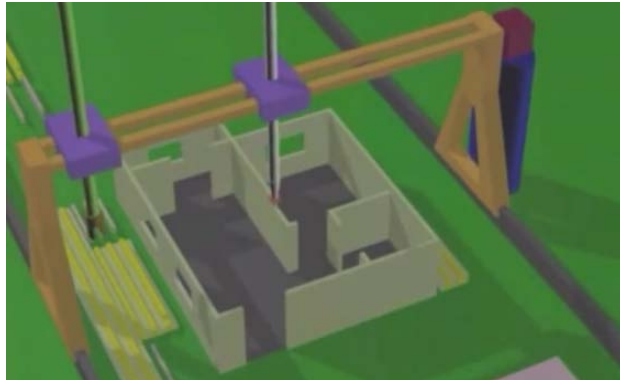




Holle muur constructies:



Woningbouw constructie:



[Link naar video](#)

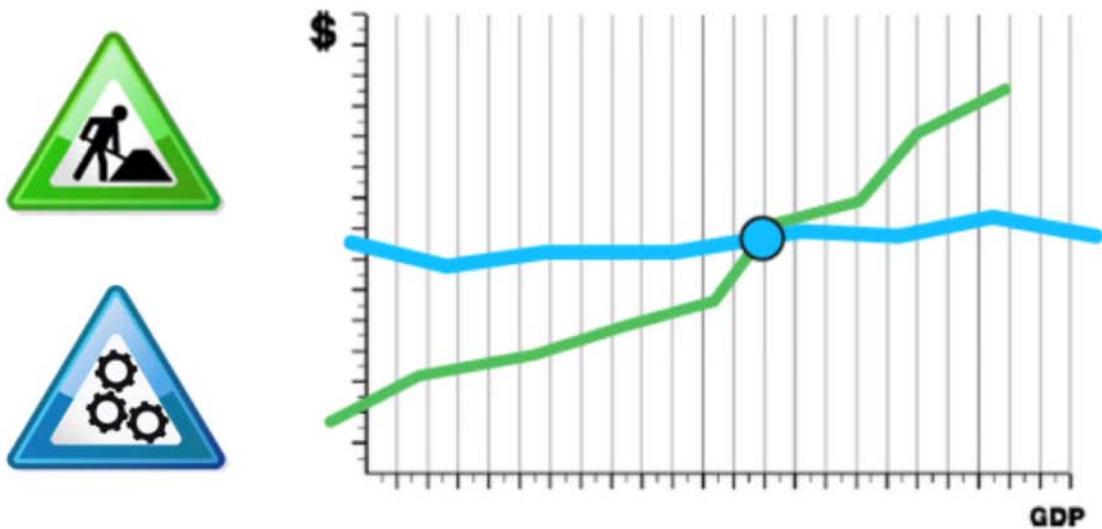


**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

Video: Huispinter.

Eerst wordt uitgelegd dat de groei van de wereldbevolking vraagt om een duurzame manier om in grote schaal leefruimtes te creëren.

Vervolgens wordt uitgelegd dat het gebruik van machines vaak, bij grotere schalen van gebruikt, voor lagere kosten zorgen:



Er wordt verteld dat er op dit moment wordt ontwikkeld aan het printen van huizen met het 3D-print principe.

Daarna wordt een concept van huisprinter laten zien:

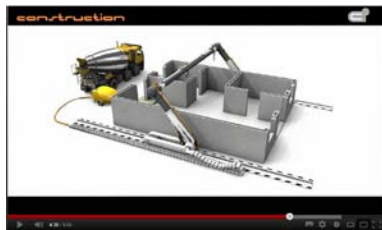
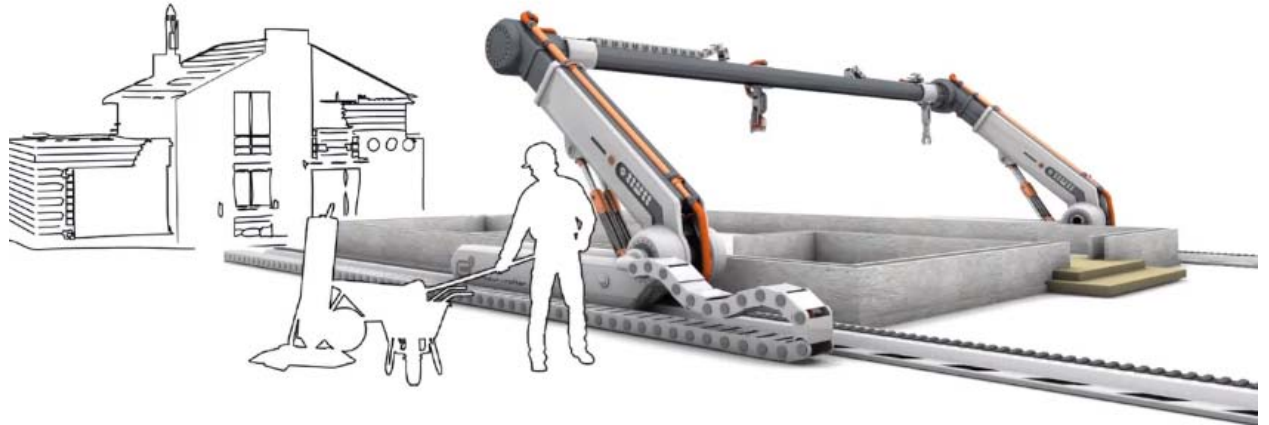


3D Lifesize  
Houseprinter





Het printen is niet volledig geautomatiseerd, maar werkt samen met ervaren arbeiders.



[Link naar video](#)



## Composiet

Een combinatie van “concrete cloth” met schuimbeton

**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

Video: Het maken van objecten van beton die een fysiek zachte uitstraling hebben.



De meubelen zijn gemaakt met het materiaal ‘betoncanvas’. Dit materiaal is vervormbaar als normaal canvas en wordt hard zodra het nat wordt gemaakt.



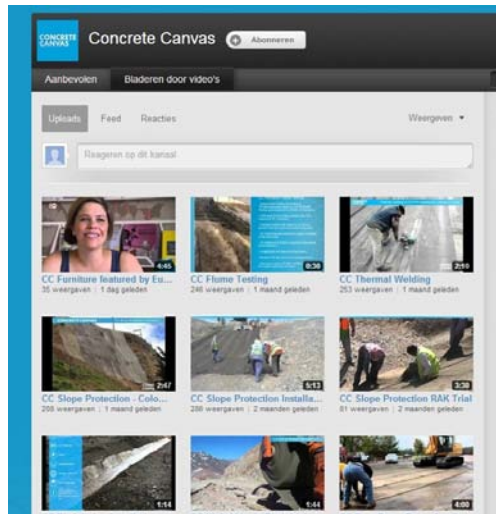
**Resultaten:**



[link naar video](#)



## Meer concrete cloth



[link naar video](#)

<http://soa.utexas.edu/matlab/search/materials/details/t/product/id/1134>

Youtube pagina met video's over concrete canvas:

<http://www.youtube.com/user/concretcanvaspg/videos>



## Intentie

### Toepassingen

In Nederland wordt schuimbeton toegepast in de woning- en utiliteitsbouw voor de volgende toepassingen:

- werkvloeren;
- afschot- en/of isolatielagen op daken;
- lichte funderingslagen onder wegdekken, parkeerplaatsen enz., vooral in gebieden met zeer slappe ondergrond;
- isolatieondervloer bij op staal gefundeerde vloeren;
- isolatie van kruipruimten;
- vulmateriaal voor niet meer gebruikte tanks en/of leidingen.



## 9 Ideeën over Schuimbeton

- Geschuimde glasbollen toevoegen aan schuimbeton [Liaver](#)

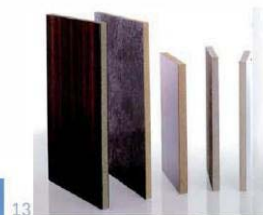
Liaver is the preferred lightweight granulate for the production of panel materials: The combination of low particle density, high crushing resistance and impermeable grain surface produces lightweight and high density panels with minimum binder consumption.



10



12



13



14



- Luchtkasteel gieten in water
- 1 fase methode in Zandgieten
- Balonnen vullen met schuimbeton in water
- Investment casting
- Onder vacuum gieten ( extra licht)
- Onder druk gieten ( compacter)
- Extrusie: Schuim beton gieten in een beton extrusie product.



**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

Video: Er wordt een machine laten zien die betonnen platen kan produceren en leggen.



Het is mogelijk om platen tussen de 150 en 400mm te leggen. De snelle droogtijd van 7/8 uur, zorgt dat er na 24 uur een tweede laag over geëxtrudeerd kan worden.



[Link naar video](#)





**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

Video: Extrusie van beton.

Deze machine extrudeert een vierkant-vormige laag, om zo een constructie te kunnen vormen.



[link naar video](#)



## Esthetiek

### Esthetiek en Perceptie Schuimbeton

Zien: Schuimbeton met een gesloten huid ziet er uit als een normaal stuk beton

Horen: Als je tegen een stuk schuimbeton tikt, dan klinkt het veel doffer dan gewoon beton.

**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

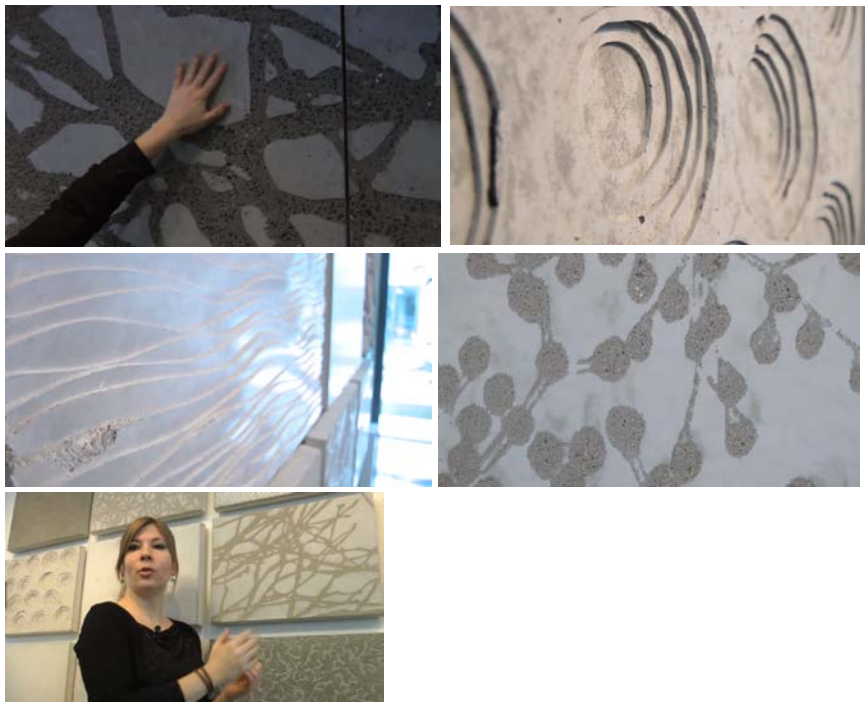
Aanraken: Het beton is veel lichter.



[link naar video](#)

**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

In de volgende video wordt de esthetische kant toegelicht:



[link naar video](#)



## Constructie

### Joining Schuimbeton

Vraag: Hecht schuimbeton aan bewapening (betonijzer)?

Volgens een betonconstructie bedrijf is de hechting van betonijzer aan schuimbeton veel te zwak. Ook de luchtbellen zorgen ervoor dat het materiaal ongunstig wordt belast. Er kan niet aan gerekend worden.

**Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):**

Hier wordt beton in de gaten gegoten die verticaal door de muur steken, om het te verstevigen:



[link naar video](#)

[Website voor Liteblok™](#)



## Surface Schuimbeton

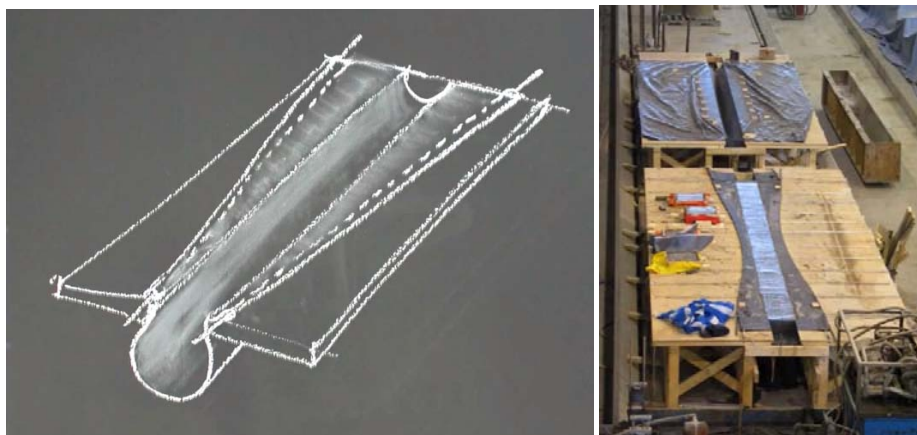
De oppervlakte wordt bepaald door de vorm van de matrijs. Patronen kunnen in de mal gebruikt worden mits het lossend is.

### Omschrijving video (in video-vorm te vinden via de online versie van dit verslag):

In de video wordt het gebruik van textiel voor het maken van een (matrijs)vorm uitgelegd. Daarnaast wordt uitgelegd welke werkwijze daaraan vooraf is gegaan. In dit geval betreft het nog normaal beton, maar het onderstaande zou ook kunnen werken met schuimbeton.



Daarbij is er vooral gericht op het vinden van vormen die efficiënter krachten opvangen dan conventionele constructiebalken.

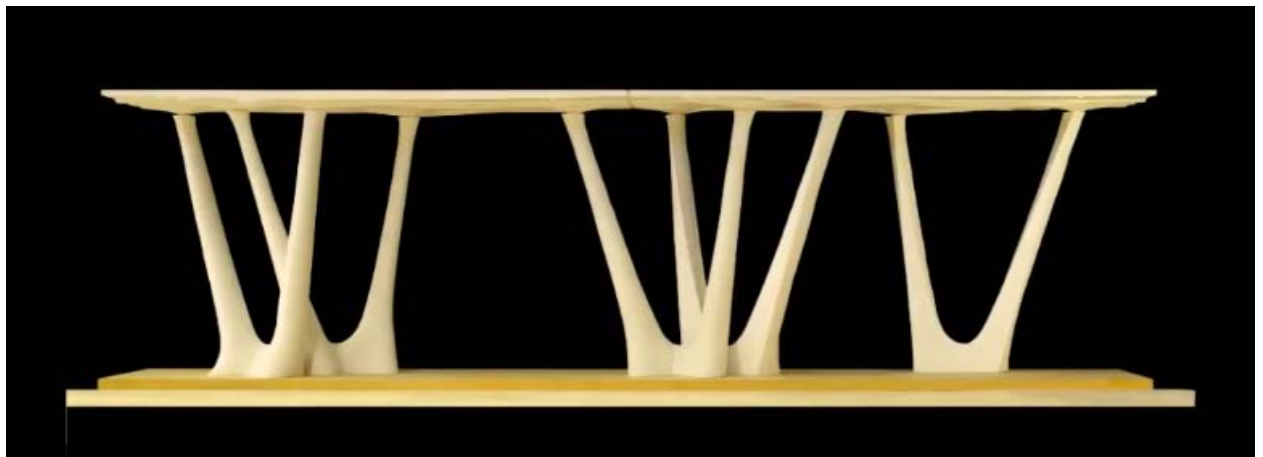




Doordat het textiel in een organische vorm gaat staan die zich naar het opvangen van de spanningen vormt, kan hier een vorm mee ontwikkeld worden die dus met minder materiaal dezelfde belasting kan weerstaan.



Hiermee heeft het team ook tafels ontwikkeld:



[Link naar video](#)



## Joining Schuimbeton

Hechting van schuimbeton en massief beton kan op meerdere manieren tot stand komen:

- 1 Nat massiefbeton (laag 1) + Nat schuimbeton (laag 2)
- 2 Droog schuimbeton (laag 2)+ Nat massief beton (laag 3)
- 3 Nat schuimbeton + Droog massief beton (hier niet getest)

### Nat schuimbeton + Nat massief beton

De bovenste laag is eerst gestort waarna direct het schuimbeton erop is gegoten. Hierdoor hecht het schuimbeton op het normale beton. De witte lijn tussen de twee lagen is cement dat is uitgehard. Soms is er wel een witte lijn zichtbaar en soms niet. Het is mogelijk dat de hechting bij een witte lijn slechter of beter is (dit is nu niet onderzocht. Bij nat op nat storten is er sprake van chemische hechting en weinig tot geen mechanische hechting.

De chemische hechting kan beïnvloed worden door krimpverschillen. Schuimbeton krimpt 5 keer zoveel als beton, waardoor de hechting, die tijdens het uitharden ontstaat, niet optimaal is.

De chemische hechting is echter niet aanwezig wanneer het schuimbeton op een al uitgeharde laag beton wordt gegoten.



### Mechanische hechting

Mechanische hechting van de materialen lukt wanneer het beton op het al uitgeharde schuimbeton wordt gegoten. Hierbij dient het beton wel een voldoende lage viscositeit te hebben om goed in de poriën te komen. Open poriën zijn daarom beter voor de



mechanische hechting. De afbeelding hierboven met de balk integraal schuimbeton laat het schuimbeton zien waarbij de onderste laag van normaal beton op het al uitgeharde schuimbeton is gestort (de balk is op de kop gefotografeerd). Dit is een voorbeeld van mechanische hechting.

### Vocht-opdrijving op het beton

Tijdens het gieten van het zelfverdichtend beton zinkt het zware zand en cement naar de bodem en gaat het water in de mix opdrijven. Indien het schuimbeton direct gegoten wordt op dit beton ontstaan er luchtgaten tussen het beton en het schuimbeton, de afbeelding hiernaast is een voorbeeld daarvan. In de cirkel zie je een luchtgat dat is ontstaan door opdrijving van het water uit de betonlaag. Het water dat tussen de lagen zit wordt tijdens het uitharden opgenomen waardoor de lucht tussen de lagen komt.



### Pluggen



De hechting aan schroefpluggen is slecht.



### Hechting van schuimbeton aan keramiek

Er is een test gedaan om te beoordelen of schuimbeton hecht aan een keramiek tegel. De tegel zou daardoor licht en toch dik kunnen worden. De achterkant van de tegel is voorzien van een houten kader waarin zelfgemaakt schuimbeton wordt gegoten.

Uit de test blijkt dat de hechting tussen de twee materialen slecht is. Mogelijke oorzaken zijn:

- krimp
- te zwak (zelf gemaakt) schuimbeton

Er bestaat een kit waarmee de hechting tussen beton en keramiek kan verbeteren. Hier is meer onderzoek voor nodig.







### Surface Schuimbeton: Afwerking van de buitenkant bij 3D-printen

Bij het 3d-printen is de vorm van de spuitmond erg belangrijk voor hoe het beton er uit komt. Als het beton er vierkant uitkomt, zoals in de afbeelding hiernaast, hoeft het nauwelijks afgewerkt te worden. Als afwerken wel noodzakelijk is, dan kan dat op verschillende manieren:

- Metalen platen (troffels) die de zijkanten afstrijken
- Borstels die zijkanten afstrijken
- Messen die de zijkanten glad snijden

Het schuimbeton wordt dan in de geprintte vorm gegoten.





## 10 Ontwerp tips

### Gouden tips “ontwerp”

bron: 68\_10+Gouden+tips+'ontwerp'+.pdf

#### 1. Bouw evenwichtig

Bij een gebouw op samendrukbare bodem hoeft niet altijd een paalfundering gebruikt te worden. Overweeg ook de toepassing van een evenwichtfundering op staal. Een lichte schuimbetonplaat in combinatie met een beperkte ontgraving.

#### 2. Plaat en paal loshouden

Een schuimbetonplaat als evenwichtsfundering wordt ontworpen met geen of beperkte zetting. Houd via een goede detaillering het schuimbeton altijd los van een eventuele aansluitende constructie op een paalfundering en zorg ervoor dat een eventueel zettingsverschil niet tot problemen kan leiden.

#### 3. Spreid puntlasten

Schuimbeton kan gelijkmatige belasting goed verdragen. Puntlasten op een schuimbetonplaat in een gebouw dienen gespreid te worden door middel van een (vloei)dekvloer of een betonvloer. In een verhardingsconstructie dient altijd een bovenlaag van (gewapend) beton toegepast te worden of een verharding van asfalt of betonklinkers met

een dunne fundering van zand of puingranulaat. De druksterkte van schuimbeton is vanaf 1 N/mm<sup>2</sup>, dit is gelijk aan 100 ton/m<sup>2</sup>.

#### 4. Schuimbeton als drukvaste isolator

Veel isolatiematerialen moeten voor lastspreiding afgedekt worden met een drukverdelende betonvloer. Isoleren en lastspreiden kan bij geringe vloerbelastingen ook in één materiaal, namelijk een drukverdelende laag schuimbeton. Een dekvloer blijft altijd noodzakelijk.

#### 5. Schuimbeton vloeit ver

indien u een oude leiding wilt vullen, dan is schuimbeton een ideaal materiaal. Doordat schuimbeton op het werk wordt vervaardigd en vormgegeven, is elke ruimte te vullen. Door de zeer hoge vloeibaarheid is door middel van slechts enkele vul- en ontluchtingsaansluitingen volledige vulling eenvoudig te realiseren.

#### 6. Schuimbeton onder afschot

Bij aanbrengen is schuimbeton vloeibaar. In beperkte laagdikten en met aanpassing van receptuur is een maximaal afschot in de bovenzijde te realiseren van 16 mm/m. Door



middel van trapsgewijs uitkisten is een helling of groter afschot te realiseren. Voor bijzondere constructies is het volledig opsluiten in een geotextiel (matras) te overwegen.

Het matras wordt hierbij op een hellende ondergrond geplaatst, waardoor een laag schuimbeton onder dezelfde helling te realiseren is.

#### 7. Schuimbeton hoog op de dubo-ladder

Schuimbeton bestaat voor 90% uit lucht en water, daarnaast worden cement en veelal secundaire vulstoffen toegepast. De grondstoffen vormen slechts een geringe milieubelasting. Ook de fabricage vraagt beperkte inzet van energie en het product is goed te hergebruiken of te recyclen als basisgrondstof. Kortom, een zeer duurzaam bouw materiaal (dubo) voor zowel de woning- en utiliteitsbouw alsook voor de grond-, weg- en waterbouw.

#### 8. Schuimbeton onder water: altijd 100 kg/m<sup>3</sup> extra

Schuimbeton heeft een gesloten celstructuur. Hierdoor is de wateropname zeer beperkt. De zwaardere typen

schuimbeton nemen nog wat minder water op dan de lichtere typen. Reken voor uitvoeringsmarges en lange-termijn-

effecten daarom met een toeslag van 100 kg/m<sup>3</sup> voor het gedeelte schuimbeton dat onder de (grond)waterspiegel ligt.

#### 9. Keer grond met schuimbeton

Schuimbeton vormt na verharding een licht, massief, op zichzelf staand blok. Dit geeft daardoor geen horizontale

druk op een grondkerende wand, hetgeen kosten spaart. Daarnaast treedt minder zetting op vanwege de lichtgewicht aanvulling.

#### 10. Schuimbeton absorbeert energie

Door de cellulaire structuur gekoppeld aan een instelbare drukvastheid is schuimbeton zeer

geschikt om inslaande voorwerpen tot stilstand te brengen en zo als 'kreukelzone' te fungeren om constructies te beschermen.

bron: 69\_10+Gouden+tips+'uitvoering'.pdf



### 1. Stop grond- en regenwater

De ondergrond moet altijd vrij zijn van water bij het aanbrengen van schuimbeton. Maar ook na verharding van schuimbeton kan water schade veroorzaken als de constructie gaat opdrijven. Veelal is het dan twijfelachtig of het schuimbeton weer goed aangesloten op z'n plek terugkomt als het water weer verdwijnt. Zorg dus voor een goede afvoermogelijkheid van water en/of voor voldoende ballast.

### 2. Voorkom overbelasting

Ook in de bouwfase dient de belasting op schuimbeton de dan toegestane (punt)last niet te overschrijden; let vooral op puntlasten, zoals rolsteigers op kleine wieltjes, waardoor het schuimbeton lokaal kan verpulveren.

### 3. Bij regenval geen schuimbeton aanbrengen

Schuimbeton is bij aanbrengen een vloeibaar product dat in aanvang een zeer fragiele sterkte bezit. De eerste uren na aanbrengen levert het toegepaste schuimmiddel nog de stabiliteit, waarna geleidelijk het cement een aanvangssterkte begint te krijgen. Een licht buitje (motregen) veroorzaakt geen schade aan het schuimbeton en is zelfs wel bevorderlijk. Echter neerslag van enkele mm's kan het oppervlak beschadigen en nog grotere neerslaghoeveelheden kunnen het schuimbeton ontmengen. Afhankelijk van de toepassing van het schuimbeto dient een werk afgelast te worden bij voorspelde regenbuien. In sommige gevallen zijn maatregelen te treffen, zoals een tent boven het werk. Bij vorst is het aanbrengen van schuimbeton sowieso uitgesloten. Na verharding is vorst geen probleem.

### 4. Schuimbeton verpompen lukt tot op 30 m hoogte

Verpompen van het vloeibare schuimbeton is prachtig maar niet oneindig. Boven de 30 m opvoerhoogte ontstaat ontmenging van het schuimbeton waardoor de kwaliteit niet meer gegarandeerd kan worden. De kans op een zogenaamde 'klapper' van een slang neemt ook aanzienlijk toe.

### 5. Lucht is er genoeg op de bouwplaats, maar water ook?

Het gangbare schuimbeton van  $500 \text{ kg/m}^3$  bestaat voor 70% uit kleine luchtbelletjes en voor ca. 20% uit water. Schuimbeton wordt om kwalitatieve en economische redenen op de bouwplaats vervaardigd. Bij een productie van  $300 \text{ m}^3$  is dus  $60 \text{ m}^3$  water nodig. Dit houdt in dat een wateraansluiting met een capaciteit van  $10 \text{ m}^3$  per uur noodzakelijk is.



Dit kan gerealiseerd worden door middel van een standpijp op het waterleidingnet of met behulp van

een klokpomp vanuit schoon open water in de nabijheid van het werk.

#### 6. Vermijd huidcontact

Zoals bij elk cementgebonden materiaal dient huidcontact met de specie vermeden te worden. Schuimbetonspecie is sterk alkalisch en heeft een schurende werking, waardoor de huid kapot kan gaan. Spoel specie zo snel mogelijk van de huid met water.

#### 7. Verdrinkingsgevaar in schuimbeton

In schuimbetonspecie met een volumieke massa lager dan water blijft een mens niet drijven. Daarom dienen bij laagdiktes groter dan 400 mm veiligheidsmaatregelen genomen te worden. Bijvoorbeeld het plaatsen van waarschuwborden, hekken, afzetlinten of zelfs bewaking.

#### 8. Laat schuimbeton met rust

Schuimbetonspecie hoeft, in tegenstelling tot gewone beton, niet verdicht te worden. Sterker nog, het mag niet verdicht worden (ontmenging), dus ook geen hei- of trilwerk uitvoeren nabij een verse schuimbetonstort.

9. Bekisting licht, maar dicht De bekisting voor een schuimbetonstort dient de volle hydrostatische druk van het vloeibare product te kunnen weerstaan. De vloeistof is echter lichter dan beton en meestal ook lichter dan water. De naden van bekisting en de aansluiting van de kist op de ondergrond vragen aandacht, omdat schuimbeton door zijn vloeibaarheid al kan weglekken via een spijkergat.

Daarom naden en gaten goed afdichten met specie, PUR-schuim of glaswol.

#### 10. Kabels en leidingen fixeren

Kabels en leidingen dienen plaatsvast gemonteerd en afgedopt te worden, zodat deze niet opdrijven of vollopen.



## Bijlage

### 11 Links

#### Schuimbeton links

- <http://www.pbsvastgoed.nl/kennisbox/schuimbeton/>
- [Cement, how it is made](#)
- [Schuimbeton zelf maken](#)
- [advanced dry recovery](#)
- [Jacob alkema over schuimbeton](#)
- [Schuimbeton Info website,](#)
- [Video over schuimbeton maken](#)
- <http://www.youtube.com/watch?v=UhKQvs7Os2M>
- <http://www.youtube.com/watch?v=EOOY2NMaH70>

#### Normen/aanbevelingen/literatuur

- CUR–Aanbeveling 59, Vervaardiging en beproeving van schuimbeton.
- Betoniek 7/28, Schuimbeton.