

# GEOPTIMALISEERDE BETONCONSTRUCTIES MET 'VACUUMATICS'

'HET GROTE VOORDEEL VAN  
VACUÛMCONSTRUCTIES IS DAT DE VORM  
EENVOUDIG KAN WORDEN Aangepast  
DOOR DE MATE VAN ONDERDRUK  
IETWAT TE VERMINDEREN.'



**FRANK HUIJBEN** is constructief ontwerper bij ABT bv en promoveerde in 2014 aan de TU/e op het onderwerp Vacuumatics: 3D Bekistingssystemen. Hij streeft ernaar de meest effectieve oplossing te vinden voor de ontwerp-vraagstukken van onze gebouwde omgeving, door gebruik te maken van geavanceerde (digitale) ontwerp-, evaluatie-, visualisatie- én productietechnieken.

EEN RELATIEF NIEUWE VORMENTAAL BINNEN DE HEDENDAAGSE (DIGITALE) ONTWERPCULTUUR IS DIE VAN ZOGENAAMDE TOPOLOGIE-GEOPTIMALISEERDE CONSTRUCTIES. MET BEHULP VAN EEN PARAMETRISCH MODEL EN CONSTRUCTIEVE OPTIMALISATIEALGORITMEN KUNNEN CONSTRUCTIES ONTWERPEN WORDEN WAARBIJ MATERIAAL ENKEL DAAR GEBRUIKT WORDT WAAR HET CONSTRUCTIEF EFFICIËNT IS. TOT PRAKTISCHE UITVOERING EN DAADWERKELIJKE REALISATIE VAN DERGELIJKE CONSTRUCTIES KOMT HET ECHTER NOG VRIJ ZELDEN. DIT MEDE ALS GEVOLG VAN DE TECHNISCHE TEKORTKOMING VAN BESTAANDE PRODUCTIETECHNIKEN EN HET GEBREK AAN TOEGANKELIJKHEID EN/OF RELATIEF HOGE INVESTERINGS- OF ONTWIKKELINGSKOSTEN VAN NIEUWE TECHNIEKEN. EEN RECENT PROMOTIEONDERZOEK NAAR 'VACUUMATICS' LIJKT HIERIN VERANDERING TE BRENGEN.

## VACUUMATICS

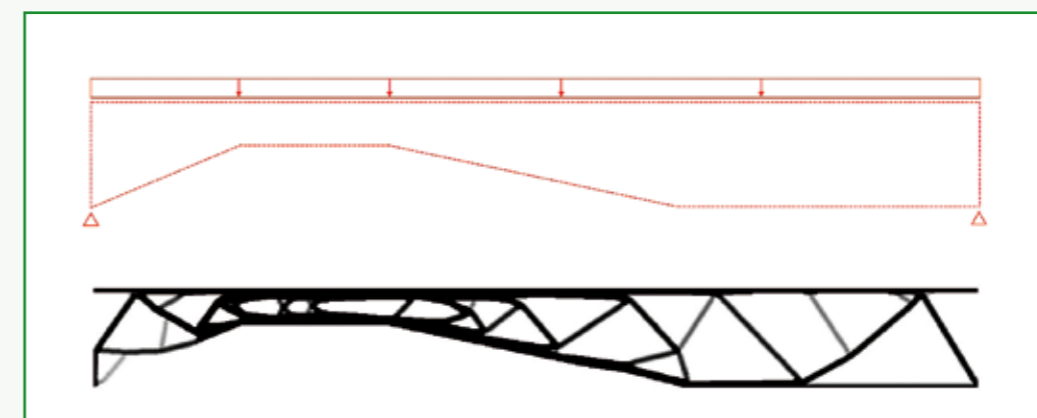
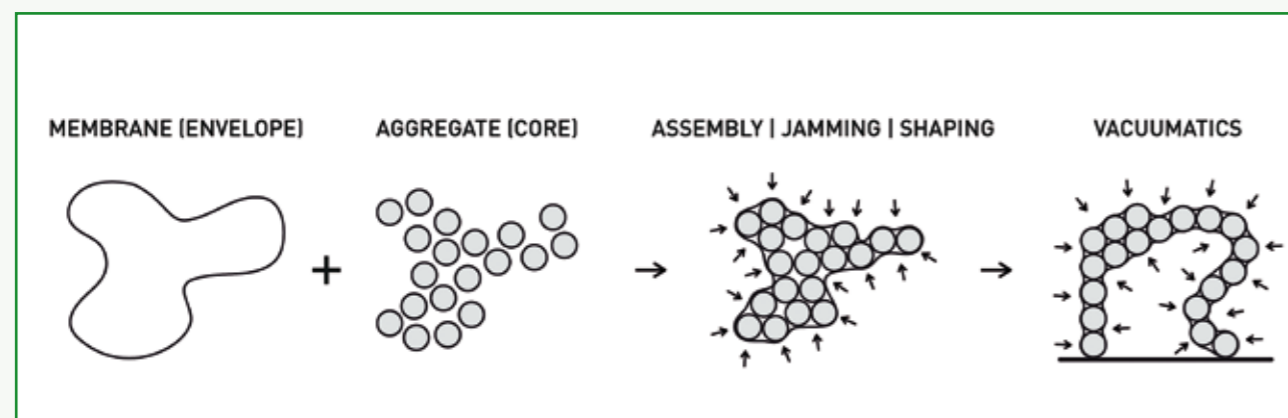
Vacuümconstructies (kortweg: vacuumatics) zijn in vorm aanpasbare constructies die zijn opgebouwd uit een kern van ongebonden granulaat (bijvoorbeeld zand) en een membraan omhulsel (bijvoorbeeld plastic folie), en als geheel op interne onderdruk is gebracht. Deze onderdruk (ofwel vacuüm) zorgt ervoor dat het omhulsel zich strak om het granulaat heen vormt, waardoor deze stevig wordt samendrukt tot een vormvast object. Exact hetzelfde constructieve principe bepaald de stevigheid van het welbekende pak koffie uit de supermarkt.

De constructieve sterkte en stijfheid van vacuümconstructies zijn voornamelijk afhankelijk van de exacte samenstelling van de constructie en de mate van onderdruk. Bij een maximale onderdruk van circa één bar is de vacuümconstructie vormvast en dus in staat te fungeren als een (tijdelijke) draagconstructie. Het grote voordeel van vacuümconstructies ten opzichte van andere (vormvaste) constructies is dat de vorm vrij eenvoudig kan worden aangepast door simpelweg de mate van onderdruk ietwat te verminderen. Hierdoor wordt de constructie letterlijk kneedbaar

en kan daardoor in nagenoeg elke gewenste vorm gebracht worden. Daarnaast is het mogelijk de samenstelling van het granulaat aan te passen, of zelfs objecten aan het granulaat toe te voegen (waarvan de contouren zullen worden weergegeven in de oppervlaktetextuur van de constructie) om te komen tot een gewenste verschijningsvorm van de constructie.

## TOPOLOGIE-GEOPTIMALISEERDE CONSTRUCTIES

Topologie-geoptimaliseerde constructies zijn constructies waarbij materiaal is toegepast op plaatsen waar het vanuit constructief oogpunt het meest effectief is. Dit biedt met name voordelen voor constructies waarbij het gewicht een kritisch ontwerppunt is of waarbij materiaalgebruik beperkt dient te blijven uit duurzaamheidsoverwegingen. Per definitie lenen zogenaamde additieve of subtractieve productietechnieken zich bij uitstek voor de realisatie van dergelijke geoptimaliseerde constructies. Bij additieve productietechnieken (zoals 3D-printen) kan namelijk materiaal worden aangebracht daar waar het nodig is, terwijl bij subtractieve productietechnieken (zoals lasersnijden of frezen) materiaal juist kan worden weggehaald daar waar het niet gewenst is.



AFBEELDING LINKS:  
HET PRINCIPE VAN VACUUMATICS.

AFBEELDING RECHTS:  
EEN TOPOLOGIE-GEOPTIMALISEERDE  
CONSTRUCTIE.  
BRON: CHRIS VAN DER PLOEG  
(TUDELFT/ABT).



GEREALISEERDE OPPERVLAKTEXTUREN MET VACUUMATICS (ONDER) EN EEN IMPRESSIE VAN EEN VACUÛMCONSTRUCTIE TOEGEPAST ALS BEKISTINGSYSTEEM (LINKS) VOOR DE PRODUCTIE VAN EEN INNOVATIEVE BETONNEN KANO (RECHTS). (GEREALISEERD DOOR STUDIEVERENIGING KOers, TU/e)



#### NOOT

<sup>1)</sup> Frank Huijben heeft in opdracht van ABT een promotieonderzoek uitgevoerd aan de Technische Universiteit te Eindhoven getiteld 'Vacuumatics: 3D Formwork Systems'. Hierbij is onderzoek gedaan naar de constructieve en morfologische eigenschappen van vacuümconstructies om deze toe te passen als in-vorm-aanpasbare bekistingssystemen voor de productie van 'vrije vormen' in beton. Voor meer informatie zie: [www.frankhuijben.nl](http://www.frankhuijben.nl).

Veelal vergen deze technieken echter nog enige vorm van nabewerking om oneffenheden te verwijderen die inherent zijn aan de nauwkeurigheid van de betreffende productietechniek.

Het assortiment aan materialen waaruit constructies vervaardigd kunnen worden, gebruikmakend van deze productietechnieken, is (nog) enigszins beperkt. Hoewel er momenteel vele ontwikkelingen gaande zijn, met name op het gebied van 3D-prints, zijn de materiaaleigenschappen en bijbehorende toetsingsregels veelal nog niet beschikbaar of toereikend, waardoor deze techniek nog niet toegankelijk is voor de hedendaagse bouwpraktijk voor de productie van constructieve elementen. Daarentegen zijn deze technieken juist wel bij uitstek geschikt voor het produceren van prototypes en/of schaalmodellen van het uiteindelijke object.

#### IN-VORM-AANPASBAAR BEKISTINGSYSTEEM

Beton is gezien de initiële vloeibaarheid van het materiaal bij uitstek geschikt voor de productie van complexe geometrieën. Het storten van beton kan in zekere zin zelfs gezien worden als een vorm van een additief productieproces. De benodigde 'complexe' bekisting wordt daarbij echter veelal als een belemmerende factor ervaren. De 'kneedbaarheid' en vrijheid van samenstelling van vacuümconstructies kan daar echter oplossing bieden. Zo ook voor topologie-geoptimaliseerde betonconstructies.

Om de vacuümconstructie in de gewenste vorm te brengen zijn verschillende technieken denkbaar. Naast het handmatig 'kneden' van de constructie lenen vacuümconstructies zich bij uitstek voor het maken van een (positieve of negatieve) afdruk van een mock-up of prototype (op ware grootte) van het beoogde object (welke

op zijn beurt bijvoorbeeld met behulp van één van bovengenoemde digitale productietechnieken vervaardigd kan worden). De mock-up kan op zijn beurt beoordeeld worden op de uiteindelijke vorm en gedetailleerdheid alvorens het definitieve object geproduceerd wordt. Een bijkomend voordeel van vacuümconstructies is dat deze weer volledig flexibel gemaakt kunnen worden door simpelweg de onderdruk op te heffen (lees: de vacuümpomp te ontkoppelen). Het ontkisten van een complexe vorm in beton is daardoor relatief eenvoudig.

#### DOORONTWIKKELING VAN BEWEZEN PRINCIPE

De technische haalbaarheid van het toepassen van vacuümconstructies als een in vorm aanpasbaar bekistingssysteem is onderzocht in een promotieonderzoek dat is uitgevoerd aan de Technische Universiteit te Eindhoven (TU/e)<sup>1)</sup>. Gedurende dit onderzoek zijn met name relatief kleinschalige betonnen objecten gerealiseerd. Een meerwaarde werd hierbij gevonden in de toepassing met hoogwaardig beton, zoals vezelversterkt ultra hoge sterkte beton (UHSB).

De toegankelijkheid van de vacuumaticsbekistingssystemen wordt bevorderd door het low-tech karakter van de techniek, de goede beschikbaarheid van de basisbenodigdheden (granulaat, membraan en vacuümpomp) en het raakvlak met gerelateerde reeds gevestigde productiemethodes zoals zandvormen (van bijvoorbeeld gietijzer). Wat rest is een concrete toepassing in de huidige bouwpraktijk, waarbij het bewezen bekistingssysteem verder ontwikkeld kan worden tot een volwaardige productietechniek voor de praktische realisatie van de nieuwe vormtaal binnen de hedendaagse (digitale) ontwerpcultuur. Interesse? [F.huijben@abt.eu](mailto:F.huijben@abt.eu)