

# Op zoek naar een integere bouwmethodiek

## Twee bouwmethodes voor vrije vorm-architectuur

Blob of vrije vorm-architectuur kwam op in de jaren negentig en lijkt al weer over zijn hoogtepunt heen. Tijdens de hausse viel de discrepantie tussen de computergegenereerde beelden en de uiteindelijke bouwmethodiek op. De twee technische universiteiten benoemden de maakbaarheid van deze architectuur tot speerpunt. Als stroming is de Blob misschien overgewaaid, architecten blijven de verworven vormvrijheid in hun ontwerpen opzoeken. Onderzoek naar de maakbaarheid ervan blijft daardoor relevant. Twee onderzoeksrichtingen leveren concrete resultaten op die ook door de industrie zijn omhelsd en daadwerkelijk kunnen worden toegepast. **Marieke Hillen**



In Delft wordt het onderzoeksprogramma aangeduid met de naar de film verwijzende, maar in het buitenland weinig gebezigde term 'Blobs'.<sup>1</sup> Doel van het programma is het onderzoeken en ontwikkelen van nieuwe technieken die het mogelijk maken vrije vorm-architectuur te realiseren en te materialiseren. Dit heeft geleid tot een keur aan onderzoeken, die zijn onderverdeeld in drie categorieën waarin de constructie van deze architectuur, de materialisering van haar gevels en het constructief gedrag ervan wordt bekeken. Het promotieonderzoek dat Martijn Veltkamp ver-

richtte aan de TU Delft, richtte zich op de constructie van onregelmatig gevormde gebouwen.<sup>2</sup> Veltkamp schetst in zijn proefschrift *Free Form Structural Design* de incongruentie tussen de verschijningsvorm en de totstandkoming en constructie ervan. Blobarchitectuur intrigeert door zijn vorm, maar schenkt volgens Veltkamp in haar technische uitwerking weinig voldoening. Gekromde vlakken kunnen niet worden gestandaardiseerd. Tot nu toe leidt dit tot verwrongen oplossingen, waarin bijvoorbeeld door het gebruik van traditionele spantconstructies vrije vormen meedogen-

loos in platte vlakken worden vertaald en waarbij merkwaardige aansluitdetails tussen de constructie en de gevel nodig zijn. De onmogelijkheid van deze constructies zich lokaal aan te passen, waardoor zij worden overgedimensioneerd, is bijvoorbeeld zichtbaar in de Cockpit van ONL langs de A2. In dit geval is de buis die constructief het meest kritisch is, maatgevend voor de rest. Constructief gezien worden deze gebouwen gereduceerd tot een aaneenschakeling van tweedimensionale constructies. Op deze manier wordt de problematiek met conventionele bouwmethodes

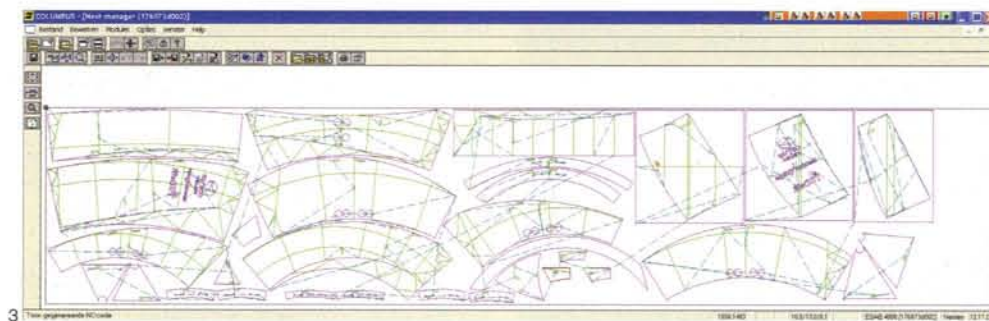
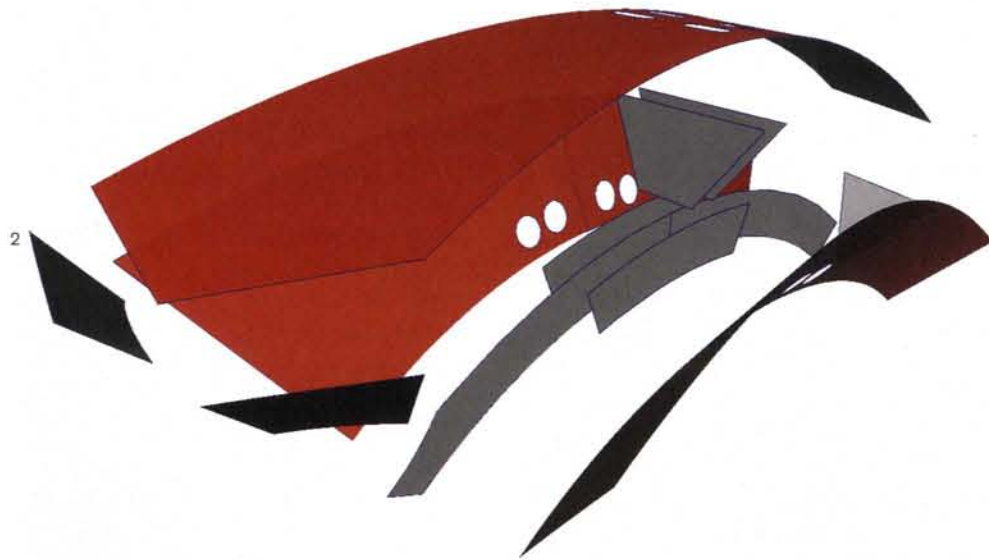
opgelost. Veltkamp zocht naar constructies die wel geëigend zijn voor vrije vorm-architectuur. Deze constructies moeten in staat zijn de gebouwworm te volgen en hebben dus minstens één gekromd vlak. De neiging bestaat om te kijken naar de auto-industrie en de scheepsbouw, maar volgens Veltkamp valt hier voor de constructies van gebouwen weinig te leren, omdat het schaalniveau en de gestelde eisen totaal anders zijn dan bij gebouwen. Zijn onderzoek kreeg richting door het bestuderen van achtbanen. Deze tonen wat betreft eisen aan onregelmatigheid en constructie-

Entree van de fietsenstalling op het 18 Septemberplein in Eindhoven door Massimiliano Fuksas.

ve werking veel meer gelijkenis met Blobs. Om arbeidsintensieve berekeningen, detailleringen en aanpassingen te voorkomen, moest het door Veltkamp gezochte systeem een harmonieus samenspel zijn van geometrie en constructieve capaciteit. Het constructief element mag uniek zijn, maar moet wel replicerbaar zijn over de hele gebouwworm. Een randvoorwaarde voor Veltkamps onderzoek was de beperking van bestaande productietechnieken. De recente mogelijkheden om door middel van gecomputeriseerde productieprocessen unica te maken, vergrootte hierbij zijn speelveld. Veltkamp schetst in zijn proefschrift een aantal oplossingsrichtingen, maar heeft uit pragmatische overwegingen gekozen het zogenoemde Deltaribben-systeem tot een prototype uit te werken.

De Deltarib is een maatwerkrub met een driehoekige doorsnede, waarmee een netwerkconstructie wordt opgebouwd. Hij is opgebouwd uit drie gekromde dunne staalplaten.<sup>3</sup> Door de vorm van de plaat en de mate van kromming aan te passen, kan de rib naar behoefte krommen en torderen en kan de constructieve capaciteit aan de lokale omstandigheden worden aangepast. Waar nodig of mogelijk kunnen ribben hoger, breder of slanker worden uitgevoerd. De vormvrijheid van de plaat zet zich door in de ribben en levert uiteindelijk de gewenste vrijheid van de totale constructie. De uiteindelijke vorm en de dichtheid van het netwerk zijn aan de ontwerper. Tijdens de ontwikkeling bleek dat het wenselijk was de kromming per plaat constant te houden, terwijl de plaatvorm mag variëren omdat deze toch computergestuurd wordt uitgesneden. Doordat de Deltaribben direct op elkaar aansluiten, hoeft niet een speciale verbindingknoop te worden ontwikkeld, zoals bij andere netwerkconstructies. Om de ribben plaatselijk te versterken, kan de rib uit dikker plaatmateriaal worden samengesteld of kan in de rib een inwendige 'flens', of een buis als onderrand worden toegepast.

De kritiek op de Deltarib richt zich voornamelijk op de logistieke complicaties die een dergelijk productieproces met zich meebrengt. Zelf benoemt Veltkamp de beperkte mogelijkheid om toleranties op te vangen als zwakke schakel in het systeem. Tijdens de prefabricage moet nauw op de maatvoering worden gelet. Op dit moment is het

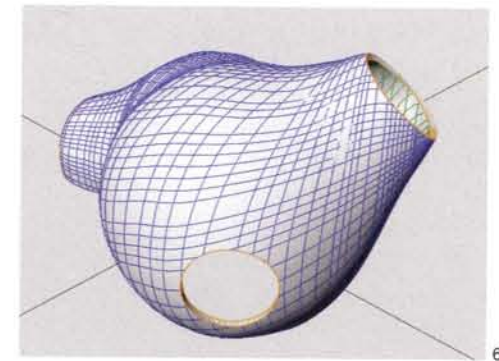
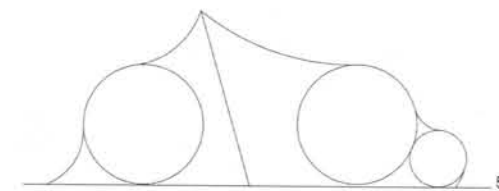


- 1 Om zijn methode te toetsen heeft Veltkamp een ontwerp van Aukett Architects gebruikt. De zogenoemde 'DO Bubble' is een 50 meter lange, drie verdiepingen hoge Blob.
- 2 en 3 De Deltarib wordt samengesteld uit elementen die middels lasertechnieken uit een staalplaat worden gesneden. *Corus Feijen Fabrication*
- 4 Prototype met inwendige flens en met een buis als onderrand.

systeem gepatenteerd. Veltkamp hoopt dat zich in de toekomst een project voordoet, waarin de Deltarib zich kan bewijzen.

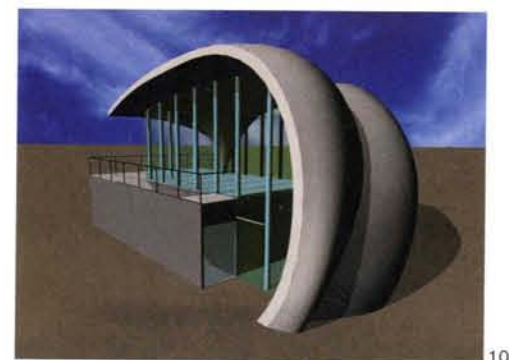
Ook Arno Pronk was gefascineerd door de problematische manier waarop de beelden van Blobs in de werkelijkheid werden omgezet. Pronk is verbonden aan de Technische Universiteit Eindhoven waar hij les geeft en onderzoek doet naar het maken en ontwerpen van gekromde vlakken met behulp van (opblaasbare) mallen van doek. Hij refereert daarbij aan het werk van constructeurs en architecten als Frei Otto, Heinz Isler, maar ook Le Corbusier en Gaudi. Waarbij hij aantekent dat zijn benadering net als die van Le Corbusier anders is dan die van de constructeurs die deze constructies voorstaan vanuit het oogpunt van efficiëntie en optimalisatie. Hij benadert de problematiek vanuit een architectonisch standpunt en ziet de vormvrijheid als een belangrijke aantrekkingskracht. Hij wil vanuit deze optiek tot een optimale oplossing komen voor de realisatie van schaalconstructies. Anders dan Veltkamp, wiens methodiek uitgaat van prefabricatie, richt Pronk zich op een bouwmethodiek waarmee in situ kan worden gebouwd. Daarnaast vindt hij dat vrije vorm-architectuur vraagt om een integrale benadering van draagconstructie en afbouw, terwijl deze bij de Deltaribben van Veltkamp gescheiden blijven. Ook Pronk heeft buiten de bouwindustrie naar productiemethodes gezocht die hij kon inzetten. De computerprogrammatuur die ondergoedfabrikanten inzetten voor de modelering en berekening van bh's bleek bijvoorbeeld goed toepasbaar. Deze software is in staat de overgang van bolle naar holle vormen geometrisch te beschrijven. Samen met studenten ontwikkelde Pronk vervolgens de Blowing Structure Method. Deze methode is vergelijkbaar met de vervormingsmogelijkheden van bijvoorbeeld een net met sinaasappels. Met behulp van pneumatische mallen en hieroverheen gespannen netconstructies kan een dubbelgekromde vorm worden gemaakt. De vorm wordt voorzien van een huid door op de mal een vloeibaar materiaal te spuiten, dat vervolgens verstijft. Dit kan beton, polyester, maar ook ijs zijn. Het oppervlak van de constructie gaat daarmee schaalwerking vertonen. Daarna kunnen de mallen worden verwijderd door ze leeg te laten lopen. Het is juist de combinatie van holle en bolle vormen waar de vernieuwing van Pronks methode in schuilt. Betonnen koepels zijn in alle soorten en maten gemaakt en ook tentconstructies kennen weinig beperkingen meer. De combinatie van beiden biedt nieuwe mogelijkheden bij het maken van vrije vorm architectuur.

Samen met Jurgen Bey ontwikkelde Pronk het blob paviljoen – een mobiel paviljoen – waarin deze techniek voor het eerst op grotere schaal is uitgeprobeerd. De huid van 0,5 centimeter glasvezelversterkt polyester bleek niet overal in staat om de krachten op te nemen. Op sommige platen was een dikker pakket nodig dat varieert van 3 tot 5 centimeter. Hier is de huid uitgevoerd als



- 5 Een doorsnede van het speelobject waarin de 'Blowing Structure' methode is toegepast.
- 6 Visualisatie ontwerp
- 7 De pneumatische mallen met daaroverheen het net gespannen.
- 8 De eerste laag spuitbeton is aangebracht.
- 9 Het speelobject als het is afgewerkt.
- 10 Paviljoen in de jachthaven van IJburg door Egon Kuchlein, waarvan de schaaldaken middels de Blowing Method Structure worden gemaakt.

een constructieve sandwich met een kern van purschuim. Daarbij werken de twee delen van de sandwich samen doordat zij op regelmatige afstanden zijn verbonden. Bij het onderzoeken van de mogelijkheden om het Philipspaviljoen te reconstrueren, is de methode doorontwikkeld. Na eerst tentdoek te hebben voorgesteld als mal van deze hyperschalen, is later een fijnmazig gaas



voorgesteld. Een dergelijke netstructuur kan een veelheid aan vormen beschrijven en is eenvoudiger te manipuleren door op het net krachten en volumes te laten werken. Op deze methodiek voor de productie van vrij gevormde schaalconstructies is een patent verkregen. In het geval van het Philipspaviljoen was het nodig om de schalen aan de buitenzijde te isoleren, om de thermische spanning in de constructie te reduceren. Dit betekent dat er eerst een laag beton wordt gespoten, vervolgens een coating wordt aangebracht, daarna polystereen of purschuim die vervolgens met een dunne betonnen schaal als visuele huid wordt afgewerkt. Om de techniek op grotere schaal uit te proberen heeft Pronk samen met twee studenten, Toine Bullens en Tidlo Folmer een mobiel speelobject ontwikkeld. Pronk is op dit moment ook betrokken bij de realisatie van de ingang van de ondergrondse fietsenstalling op het 18 Septemberplein door Massimiliano Fuksas. Het

kegelvormig object is enkelgekromd en daardoor nog te realiseren met een houten mal. Dit laat zien dat de ontwikkelde technieken afhankelijk van de complexiteit van de vorm kunnen worden aangepast. In samenwerking met Egon Kuchlein, BAM-betontechnieken en Tentech werkt de TU Eindhoven aan een innovatie- en demonstratiegebouw voor de jachthaven van IJburg, waarin de Blowing Structure Methode voor het eerst op grotere schaal wordt toegepast.

- 1 *Beware! the Blob* is een film uit 1972, waarin 'the Blob' – een gelei-achtige massa uit de ruimte – een hoofdrol speelt.
- 2 Veltkamp werkt nu als structural analyst voor ingenieursbureau Adams Kara Taylor aan projecten van Zaha Hadid.
- 3 De driehoekige doorsnede is gekozen, omdat drie platen het minimale aantal is voor een gesloten doorsnede. Het systeem staat ook vier- of meerhoekige ribben toe.