

IMPLEMENTATIE VAN ROBOTISERING IN DE BOUW IS DICHTERBIJ DAN WE DENKEN

WIE DURFT TE BOUWEN MET ROBOTS?

Robothulpjes die op de bouwplaats het zware werk doen of complete huizen in elkaar zetten. Toekomstmuziek, of al gauw de realiteit? Jaren geleden leek de bouwsector al veroverd te worden door deze innovatieve machines. Toch blijft de transitie uit. Wij spraken met twee wetenschappers van TU Delft over de ontwikkelingen in robotisering en robotic 3D-printen en hun verwachtingen over het gebruik ervan in de architectuur.



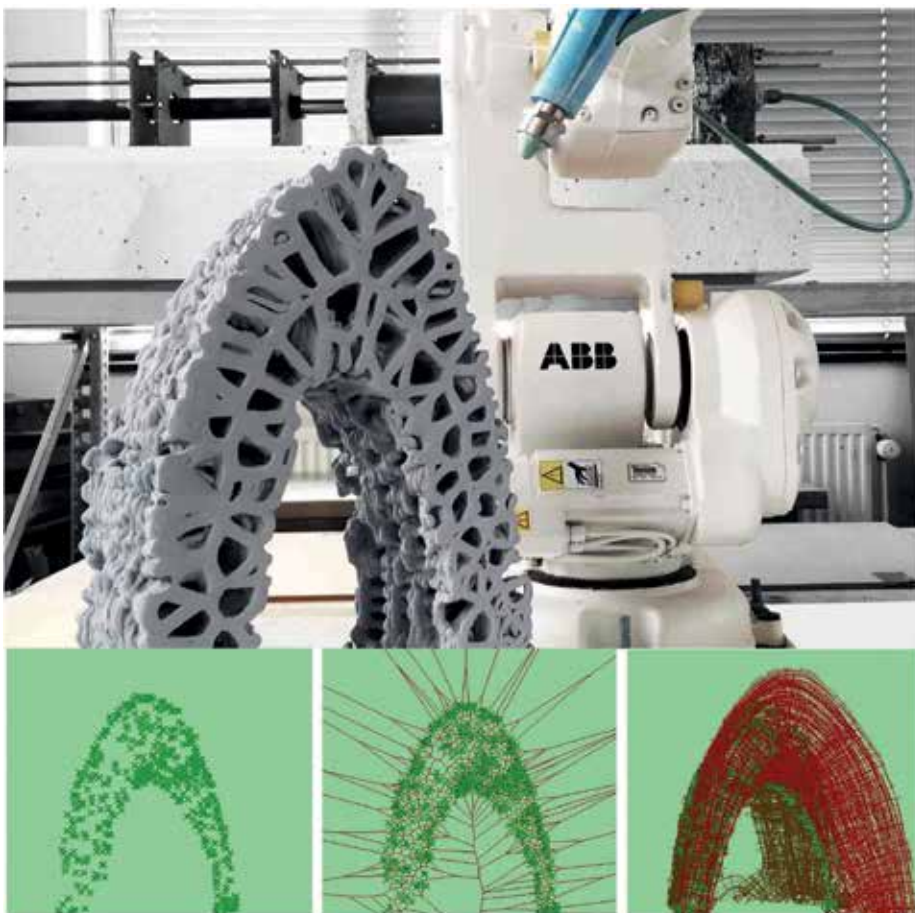
Professor Henriëtte Bier en haar promovendus van TU Delft richtten in 2014 met hulp van externe financiering het Robotic Building Lab op. Daarmee was de universiteit een van de eerste om te experimenteren met *robotic manufacturing* in architectuur. “Het gaat dan eerst om 3D-printen met keramiek”, aldus professor Henriëtte Bier van TU Delft. “We ontwerpen digitaal doorgaans een compleet gebouw, zoals een paviljoen, en vertalen dit naar robotpaden voor 3D-printen.” In de beginfasen van het Robotic Building Lab werd vooral de structurele integriteit van de geprinte bouwcomponenten getest, telkens met duurzaamheid in het achterhoofd. Bier: “We optimaliseren de bouwcomponenten en halen er zoveel mogelijk materiaal uit zonder in te leveren op draagkracht. Daardoor wordt niet alleen minder materiaal gebruikt, ook de productietijd wordt verkort.” >

HDOUBLE FACE 2.0, EEN LICHTGEWICHT, DOORSCHIJNEND EN ADAPTABELE TROMBE MUUR DOOR, ONTWIKKELD BIJ TU DELFT DOOR TUDOR COSMATU, STAVROULA ELENI TSAFOU, YVONNE WATTEZ, MICHELA TURRIN EN MARTIN TENPIERIK. HET DOUBLE FACE 2.0 PROJECT WAS ONDERDEEL VAN HET ONDERZOEKSPROGRAMMA RESEARCH THROUGH DESIGN MET PROJECTNUMMER 14574, GEFINANCIERD DOOR DE NETHERLANDS ORGANIZATION FOR SCIENTIFIC RESEARCH (NWO) EN TASKFORCE FOR APPLIED RESEARCH SIA. DE ONDERZOEKERS KREGEN HULP VAN PROJECTPARTNERS SHAU ARCHITECTURE AND URBANISM, GLASSX AG, ESTECO SPA, RUBITHERM GMBH EN ARUP EN WILLEN OOK MGM ROBOTICS BEDANKEN VOOR DE TECHNISCHE ONDERSTEUNING EN HET ADVIES VOOR HET GEBRUIK VAN EEN COMAU ROBOT.

De wetenschapper stipt aan dat de experimenten van het lab niet alleen over robotisering gaan, maar ook over materiaalontwerp. Zo leerden ze bijvoorbeeld dat 3D-geprinte structuren idealiter een celvormige structuur aannemen. "Hiermee reduceer je de hoeveelheid materiaal en je creëert een isolerende eigenschap door de lucht die in de gaten wordt opgeslagen", legt Bier uit.

In een ander, meer recent project werd robotfreen en 3D-printen gecombineerd met principes van circulaire economie in samenwerking met de Hogeschool van

Amsterdam (HVA), waarbij circulair hout wordt gebruikt en geen enkel deel van het materiaal verloren gaat. "We optimaliserden een gehele structuur en produceerden daar een fragment van", aldus Bier. "Daarvoor gebruikten we hout van oude gebouwen. We lijmden delen aan elkaar vast en freesden deze robotisch. De combinatie van materialen creëerde niet alleen interessante patronen, ook al het hout werd gebruikt. Aan de ene kant hadden we het gefreesde houten fragment, terwijl de overblijfselen als printmateriaal werden gebruikt."



3D-PRINTEN MET KERAMIEK (BOVEN) EN CIRCULAIR PLASTIC (ONDER).

BIOBASED EN DUURZAAM

Voor Bier werden de experimenten met een blik op de toekomst uitgevoerd. "Toen we met 3D-printen met keramiek begonnen, hebben we bewust de beslissing genomen om niet met beton te werken", vertelt ze, "zodat we niet bijdragen aan een negatieve footprint. Onze meer recente ontwikkelingen neigen naar biobased materialen zoals circulair hout en biopolymeren. Daar zien we veel potentie in." Zo verwijst ze naar een project in samenwerking met een masterstudent waarin een ontwerp middels robotische fabricatie uit circulaire plastic elementen werd opgebouwd. "We testten de elementen voor structurele integriteit en ontwierpen daar een soort noden van als onderdeel van een paviljoen", aldus Bier. "Al die elementen waren van plastic gemaakt die moeilijk te recyclen zijn."

Doel van deze projecten is om kansen te herkennen voor de gebouwde omgeving, laat Bier weten. Want: "Het is duidelijk dat robotisering geïmplementeerd gaat worden, niet alleen in de productie van gebouwen maar ook in de gebouwde omgeving, bijvoorbeeld in gebruik voor klimatisering, zonwering, enzovoorts. Volgens McKinsey kunnen meer dan vijftig procent van de activiteiten worden geautomatiseerd, terwijl in ieder geval vijf procent mensgedreven werk blijft. Alles daartussenin wordt een samenwerking tussen mens en machine. Wij zoeken uit welke taken geautomatiseerd kunnen worden en welke interactie dat teweegbrengt, zodat we al die kennis kunnen bundelen."

Dat is nogal een kluit, geeft de wetenschapper aan. Daarom zoekt het lab telkens naar nieuwe aspecten om te testen, 'altijd met een bepaalde waarde in gedachte', aldus Bier. "We doen niet aan robotisering omwille van robotisering, maar om uit te zoeken of we materiaalreductie kunnen bewerkstelligen of het productieproces materieel en energetisch efficiënter kunnen maken."

KANSEN VOOR HET OPRAPEN

Ingenieur Paul de Ruiter, hoofd van het Lab voor Additive Manufacturing in Architecture en gespecialiseerd in *complex design* en *large scale 3D printing* bij de TU



EEN GEÏNTEGREERD EN 3D-GEPRINT GEVELCONCEPT MET COMPLEXE GEOMETRIE VOOR ACTIEVE TEMPERATUURCONTROLE.

DOOR MARIA VALENTINI SARAKINIOTI, MICHELA TURRIN, MARTIN TENPIERIK, THALEIA KONSTANTINOOU, JAN HENSEN, MARIE DE KLIJN, ROEL LOONEN, PATRICK TEUFFEL, ARNO PRONK, ARTHUR VAN LIER, RENS VORSTERMANS, ELINE DOLKEMADE, ULRICH KNAACK, MILOU TEELING, PAUL DE RUITER, MARK VAN ERK EN DICK VLASBLOM KIWI SOLUTIONS. ONTWIKKELD BIJ TU DELFT EN TU/E, GEFINANCIERD DOOR 4TU.BOUW.

HENRIËTTE BIER: 'VOLGENS MCKINSEY KAN MEER DAN VIJFTIG PROCENT VAN DE ACTIVITEITEN IN DE BOUW WORDEN GEAUTOMATISEERD'

Delft, ziet dat het streven naar impact met robotisering en 3D-printen zijn vruchten begint af te werpen. "Naast dat duurzaam hout steeds vaker in hoogwaardige producties wordt gebruikt, zien we vooral in robotische fabricatie en het 3D-printen de stap van prototype naar productie gemaakt worden", aldus De Ruiter. "De uitdaging is nu om 3D-geprinte componenten te maken van duurzame materialen die kunnen concurreren met andere constructies. Dat is iets waar vooral de architectuur baat bij kan hebben."

Volgens zowel Bier als De Ruiter kunnen we daar nu al mee aan de slag. "Het feit

dat robotisering en 3D-printen toelaat om snel en in grote hoeveelheden te produceren, is zeer interessant", aldus De Ruiter. Bier vult aan: "In de VS is een bedrijf dat huizen in 24 uur kan 3D-printen. In Mexico worden daar hele wijken mee gemaakt. Het is al mogelijk, maar het is aan de industrie om de stap te zetten." Makkelijker gezegd dan gedaan, zo begrijpen de wetenschappers ook, maar volgens hen is innovatie nu meer dan ooit nodig om de markt in beweging te krijgen.

"De meeste technieken om 3D-printen te implementeren, zijn er al", zegt De Ruiter.

"Kijk dan bijvoorbeeld naar de noodzaak voor één miljoen nieuwe woningen in Nederland. Met 3D-printen kan dat op goedkope wijze zonder dat we inleveren op kwaliteit. De truc is om op te schalen." Volgens De Ruiter ziet een groot deel van de markt 3D-printen nog als iets wat niet grootschalig aangepakt kan worden. Onterecht, zegt hij. "Zes à zeven jaar geleden kon je misschien iets van twintig bij twintig centimeter printen. Dat is nu wel anders."

De Ruiter neemt een voorbeeld aan een project waar hij jaren geleden aan werkte: een zonweringsysteem voor op een gevel. "De vraag was: kun je dat 3D-printen gelijk aan een traditioneel systeem?" zegt De Ruiter. "Dat lukte met vijftien procent meer kosten dan een regulier zonweringsysteem, in een tijd waarin grootschalige toepassingen van 3D-printen nog in de kinderschoenen stonden. Vandaag de dag zijn zulke materialen tien keer goedkoper." Wat houdt de productie hiervan dan nog tegen? De Ruiter: "Je moet ontwerpen met het idee dat het object door een 3D-printer wordt geproduceerd. Dit rationaliseringsproces in de ontwerpfase is cruciaal voor het succesvol kunnen toepassen van grootschalig gebruik van het 3D-printen."



CIRCULAIR HOUT, ROBOTISCH GEFREESD.



EEN MOBIELE, 3-ARMIGE ROBOT
DOOR HET LAB VOOR ADDITIVE
MANUFACTURING IN ARCHITECTUR
VAN TU DELFT.

PAUL DE RUITER: 'WIE ZET DE EERSTE STAP? NIET OM HET TE PROBEREN, MAAR OM HET TE DOEN'

SYSTEEMVERANDERING

Een markt doorbreken waarin systemen uit verschillende componenten worden opgebouwd, is geen gemakkelijke taak. Toch pleit De Ruiter ervoor, want het kan ons zoveel opleveren. "Neem een buitenmuur, daar moeten zaken als isolatie en constructieve elementen in", aldus De Ruiter. "Met 3D-printen kunnen we al die factoren combineren in één geoptimaliseerd ontwerp, waarbij we minder materiaal gebruiken dan in de traditionele opzet. Daarmee creëer je een door vorm gedefinieerd systeem dat kan concurreren met huidige systemen."

De wetenschappers beseffen dat hier niet alleen de markt aan zet is. Kennis van ontwerpen die door hun vorm worden gedefinieerd moet ontwikkeld worden en dat begint bij educatie. "Daar moeten we vroeg in het proces mee beginnen, op bachelorniveau", aldus Bier. "En we moeten er rekening mee houden dat ook professionals hiervoor opgeleid moeten worden." Reden hiervoor, legt De Ruiter uit, is dat het vervaardigen in robotisering en 3D-printen op 'fundamenteel andere wijze gebeurt dan traditionele bouwtechnieken'. "Het ontwerp moet gerationaliseerd worden vanuit methodes als vouwen en frezen."

De Ruiter vermoedt echter dat de omslag minder moeilijk is dan hij lijkt. "Enkele bedrijven in Nederland gebruiken al robotisering en 3D-printen van grote objecten", aldus De Ruiter. "Wat we bovendien vaak vergeten, is dat een architect in zijn

ontwerpen vaak al kennis over fabricatie toepast. Denk aan de opbouw van gevels. Bovendien zien we tegenwoordig veel robotiserings- en 3D-printmethodes die specifiek voor architectuur worden ontwikkeld, zoals mobiele robotisering in de bouwindustrie. Er wordt gewerkt aan lichtgewicht robots die diverse taken kunnen uitvoeren *on site*, in tegenstelling tot een zware robotarm die alleen nuttig is voor *off site* productie. Op een gegeven moment krijgen we een soort Zwitserszakmesrobot als hulpje op de bouwlocatie, vooral bedoeld om de veiligheid en gezondheid van bouwers te garanderen omdat ze het zware tillen voor hun rekening nemen."

DE EERSTE STAP

De switch naar robotisering komt wel, geloven Bier en De Ruiter. Wat vooral nog in de weg zit, is het traditionele denken, zegt de Ruiter. Zoals de misconceptie dat robotisering alleen maar identieke producten levert. "Dat is allang niet meer zo", aldus de ingenieur, wijzend naar huisbouw. "Elk huis kan tegenwoordig op andere wijze geprogrammeerd worden." Dat brengt hem op een andere remmende factor: "De Nederlandse huizenmarkt is best gek. Die is niet gedreven door vraag, maar door aanbod. Wat er is, dat krijg je. Daarom is het zeer lastig voor particulieren om zelf een stuk land te kopen en te gaan bouwen. De projectontwikkelaars beslissen wat er wordt gebouwd, dus we moeten hen overtuigen dat deze technologieën het waard zijn."

Volgens De Ruiter moet er samen met projectontwikkelaars, woningbouwverenigingen, bewoners en overheden een visie ontwikkeld worden die verder kijkt dan wat we nu kunnen bouwen. "We staan voor enorme uitdagingen op het vlak van duurzaamheid en het woningtekort", aldus De Ruiter. "Dat zijn sociale, economische en ecologische problemen. Wat gaat helpen, is een visie op waar we over tien jaar willen zijn en waar we allemaal achter kunnen staan." Op dat vlak kan de overheid een grote rol spelen, denkt de wetenschapper. "Als een gemeente duurzaam wil worden, stimuleer dan niet alleen isolatie of zonnepanelen. Kijk ook eens naar wat de industrie kan doen met fabricatiemethodes om bijvoorbeeld CO₂-uitstoot te reduceren."

De Ruiter beseft dat dit makkelijker gezegd dan gedaan is in verband met de vele belangen in het bouwproces. Daarom gaat het denken al niet meer in prototypes, maar in producten die passen binnen de duurzaamheids- en circulariteitsambities. "Het is niet meer gewoon iets 'cools' maken en het daarbij laten", zegt De Ruiter. "Wij willen producten maken die daadwerkelijk gebruikt kunnen worden binnen de huidige kaders. Monomateriële producties alleen al worden echt circulair omdat ze zelfs na hun functionele leven nog waarde hebben als grondstof voor 3D-printing."