

Joris Smits

architect RHDHV/lector TU Delft

# DE BRIDGE DESIGN GROUP VAN DE TU Delft



Hybride voetgangersbrug van glas en VVK



Afstudeerwerk van Sander van Baalen, topology optimization as a design tool for bridge design

**D**e aandacht voor het esthetisch ontwerp van bruggen en infrastructuren groeit sterk sinds de jaren negentig van de vorige eeuw. Bruggen worden niet langer gezien als louter functionele objecten. Het ontwerp van bruggen en infrastructuren was lange tijd het domein van de ingenieur. Tegenwoordig hebben bruggen, viaducten, tunnels en zelfs hele wegontwerpen een hernieuwde belangstelling gekregen van architecten, landschapsarchitecten en stedenbouwkundigen. Ook bestuurlijk en maatschappelijk is het besef gegroeid dat infrastructurele opgaven de aandacht van goede ontwerpers verdienen.

#### **WAAROM EEN BRIDGE DESIGN GROUP?**

De Bridge Design Group speelt in op de grote vraag vanuit de overheid, de ontwerpbureaus en de bouwpraktijk naar goede brugontwerpers, en op de behoefte aan onderhoudsarme en circulaire bouwmaterialen voor bruggen.

Hiervoor richt de Bridge Design Group zich op het gehele ontwerpdomein van bruggen. In het onderwijs besteden wij veel aandacht aan de synergie tussen het architectonisch ontwerp, de integratie in het (stedelijke) landschap en het structureel ontwerp van bruggen.

Ons onderzoeksprogramma beschikt over een proeftuin in The Green Village, ingericht voor het gebruik van duurzame, onderhoudsvrije en innovatieve materialen in de bruggenbouw.

Het doel van de Bridge Design Group is het opleiden van een nieuwe generatie integrale brugontwerpers, architecten en ingenieurs en hen uit te rusten met de kennis en vaardigheden die aansluiten bij de tijdgeest.

Ons onderzoeksprogramma beschikt over een proeftuin in The Green Village, ingericht voor het gebruik van duurzame, onderhoudsvrije en innovatieve materialen in de bruggenbouw





Biocomposiet brug

Daarnaast doet de Bridge Design Group onderzoek naar de integrale ontwerpmethodologie van bruggen en het gebruik van nieuwe en duurzame materialen in het ontwerp van bruggen.

Dit artikel bevat enkele voorbeelden van ontwerpen van studenten binnen de Bridge Design Group. In kort bestek lichten zij hun ontwerpen toe.

### **THE HYBRID PLATE SHELL BRIDGE, EEN GEOOPTIMALISEERDE HYBRIDE VOETGANGERSBRUG VAN COMPOSIT EN GLAS**

ARTHUR BLANKENSPoor

Vanaf de start van mijn studie Bouwkunde aan de TU Delft vond ik het van belang om constructie volledig te integreren met het esthetische deel van een ontwerp. Vanwege deze insteek bestond mijn afstuderen in de master Building Technology dan ook uit een onderzoek naar een brug: een bouwwerk waar constructie en esthetiek zeer duidelijk samenkomen (foto pagina 16). De basis van mijn onderzoek ligt bij de mogelijkheid om twee innovatieve materialen met elkaar te combineren: glas en vezelversterkte kunststof (VVK)<sup>1</sup>. Beide materialen hebben de laatste decennia gestaag aan populariteit binnen de

architectuur gewonnen vanwege hun specifieke eigenschappen. Glas is bijvoorbeeld transparant en zeer goed bestand tegen druk, terwijl VVK zeer licht en sterk is. Een voetgangersbrug is daarbij de ultieme manier om hun gecombineerde, constructieve en esthetische mogelijkheden te verkennen. Uitgebreid materiaal en precedentenonderzoek resulteerde in de keuze voor een dubbelgekromde en gefacetteerde plaatschaalconstructie. Een constructie met een hoge stijfheid ten opzichte van het gewicht, waarbij gebruik gemaakt kan worden van standaard platte glazen elementen. Dit constructieprincipe leidde tot een form-finding proces met behulp van een parametrisch model om tot de geoptimaliseerde vorm van de brug te komen. Door het ontwerp parametrisch te maken was het mogelijk om de constructieve consequenties van architectonische keuzes direct zichtbaar te maken: een synergie van constructie en design. Ontwerpkeuzes als de vorm van de schaal, de grootte en geometrische vorm van de facetten en de topologie van de brug, zijn alle geparametriseerd, geanalyseerd en vervolgens geoptimaliseerd. Ondanks het tegenkomen van enkele beperkingen van de parametrische software, heeft dit ontwerpproces geleid tot een voorstel voor een brug waar ik trots op ben.

### **BIOCOMPOSIT VOETGANGERSBRUG, EEN ONDERZOEK NAAR BIOCOMPOSIT IN CONSTRUCTIEVE TOEPASSINGEN**

DORINE VAN DER LINDEN

Een groeiende belangstelling voor milieuvriendelijke en hernieuwbare materialen stimuleert de groei van biobased materialen. De verwachting is dat tussen 2010 en 2020 het gebruik van natuurvezels als versterking in composieten zal worden verdubbeld. Tegenwoordig worden biocomposieten al veel toegepast in de auto-industrie, evenals in productontwerp, maar het gebruik van biobased composieten in architectuur en civiele toepassingen is schaars. Desalniettemin laten biocomposieten een groot potentieel zien in constructieve en grootschalige toepassingen, met het 4TUproject 'de biobased voetgangersbrug' als een recent bewijs.

Tijdens mijn afstudeeronderzoek in de studie Building Technology aan de Technische Universiteit Delft ben ik betrokken geweest bij het 4TU project: de biobased voetgangersbrug. Een project waarin verschillende onderzoeksinstituten (onder meer TU/e, TU Delft, COEBBE, Avans) samen met partners uit het bedrijfsleven (NPSP), een brug hebben ont-

<sup>1</sup> Zie ook *BRUGGEN* juni 2017



'Maas-sprong 1'

worpen en gerealiseerd met een biocomposiet, bestaande uit natuurvezels (vlas en hennep) en een biobased hars. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheden, eigenschappen en de duurzaamheid van biocomposieten.

Binnen het onderzoek is gebruikgemaakt van mechanische testen en een versnelde verwerkingstest, waarbij met behulp van uv-licht, vocht en temperatuurverschillen de natuurlijke degradatie van het materiaal versneld wordt nagebootst. Dit onderzoek heeft uitgezonden dat vlasvezel versterkt VVK een groot

potentieel heeft voor constructieve toepassingen, maar dat, mede door de natuurvezel, de mechanische eigenschappen degraderen door blootstelling aan het buitenklimaat.

Daarentegen ben ik van mening dat de realisatie van de biobased voetgangersbrug, die met een overspanning van 14 meter en een biobased content van 95 volumeprocent, aanleiding geeft tot een positieve toekomst voor het gebruik van biocomposieten in constructieve toepassingen. Hoewel versnelde verwerkingstesten waardevolle kennis opleveren over de mogelijke weersbestendigheid

van biocomposieten, blijft het spannend hoe deze experimentele brug zich in de praktijk zal bewijzen.

### **GREEN-LINKING ROTTERDAM ZUID - ONTWERP VAN EEN BRUG MET GEÏNTEGREERD GROEN OVER DE NIEUWE MAAS**

MARK ERNST

De gemeente Rotterdam wil voor 2030 twee nieuwe stadsbruggen realiseren, één in het westen en één in het oosten. De oostelijke



'Maas-sprong 2'



variant is gelegen op een bijzondere locatie met een heel eigen karakter, tussen het nog te realiseren nieuwe stadion en twee unieke natuurgebieden binnen de stad. Deze bijzondere situering vraagt om een ontwerp met een uniek karakter dat aansluit op deze gebieden.

De start van dit traject lag in een uitgebreid basisonderzoek naar de ruimtelijke ordening van de stad Rotterdam, de verschillende typologieën van bruggen en de impact die een dergelijk groot project op zijn omgeving kan hebben. Dit onderzoek, uitgevoerd in samenwerking met Merijn de Leur (zie het volgende project), leidde tot de conclusie dat Rotterdam toe is aan een extra toegankelijke en comfortabele verbinding tussen Noord en Zuid die tevens de verbindingen in het centrum ontlast.

Het ontwerp speelt in op de locatie door zowel aan te sluiten op het stedelijk netwerk als de groene gebieden en kades. Het dek is gesplitst in een dek voor snelverkeer en een dek voor langzaamverkeer. Het dek voor voetgangers en fietsers is hierbij ontworpen als een park met ruimte voor groen, om zo een groene verbinding te vormen tussen de twee natuurgebieden aan beide uiteindes van de brug. Op deze manier is de brug niet alleen een functionele verbinding, maar is het ook een fascinerende bestemming en een unieke ervaring om te gebruiken.

De integratie van groen op een grote overspanning heeft aanzienlijke gevolgen voor het constructief ontwerp van de brug. Het gebruik van een parametrisch model, met feedback over de constructieve werking, leidt ertoe dat ontwerpbeslissingen gemakkelijk toegepast kunnen worden en zijn de consequenties in één oogopslag duidelijk. Zeker in het ontwerp van een brug, waar de schoonheid ligt in de constructieve logica van de draagstructuur, kan een parametrisch ontwerp bijdragen aan een goed doordacht ontwerp.



Brug van afgedankte windturbinebladen

## **BREAKING BARRIERS, EEN GEOPTIMALISEERD BRUGONTWERP OVER DE NIEUWE MAAS** MERIJN DE LEUR

Als afgestudeerde van de studie Building Technology aan de Technische Universiteit Delft ben ik er steeds meer van overtuigd geraakt dat architectonisch ontwerp en engineering hand in hand kunnen en zouden moeten gaan. Parametrisch ontwerpen is hiervoor een goede tool. Door gebruik te maken van parametrische modellen en algoritmes streef ik ernaar alle aspecten van het ontwerp- en rekenproces te integreren en zo uiteindelijk het proces te stroomlijnen en de uitkomst te optimaliseren.

Met deze filosofie ben ik de uitdaging van een geoptimaliseerd brugontwerp over de Nieuwe Maas in Rotterdam-West ingegaan. Het ontwerp speelt in op die behoefte met een hoogwaardige verbinding voor fietsers, voetgangers en openbaar vervoer. Het gesplitste dek biedt flexibiliteit voor de toekomst om naast de tram, ook auto's te accommoderen zonder hiermee het comfort van de fiets en voetgangers te belemmeren. De invloed die dergelijke ontwerpbeslissingen hebben op de constructieve integriteit van het geheel is, met behulp van evolutionaire algoritmes en parametrische modellen, geanalyseerd en geoptimaliseerd. Zo konden bijvoorbeeld de optimale vorm van de pyloon bepaald worden op basis van de krachten die er op werken, de benodigde voorspanning van de tuien eenvoudig berekend worden en

de optimale tuiconfiguratie bepaald. Door vanaf het begin een parametrisch model op te zetten is er continu constructieve en functionele (PVR, hellingsgraden, radii enz.) feedback geweest op de gemaakte ontwerpbeslissingen. Op deze manier zijn onaangename verrassingen achterwegen gebleven. Uiteindelijk heeft dit proces geleid tot een geground ontwerp waar ik trots op ben en dat mijns inziens niet zou misstaan in een moderne architectuurstad als Rotterdam.

Brug over de  
Karitaatmolensloot,  
Delft, Sciencepark



## **BRIDGE OF BLADES - EEN BRUG ALS ONDERDEEL VAN EEN CIRCULAIRE ECONOMIE VOOR WINDTURBINEBLADEN**

STIJN SPEKSNIJDER

Windenergie wordt een steeds belangrijkere bron van duurzame energie. Als gevolg hiervan ontstaat er een grote stroom aan windturbinematerialen. Deze kunnen over het algemeen goed gerecycled worden, maar de rotorbladen vormen na hun gebruiksduur van 20-25 jaar een groot probleem. Deze bladen bestaan uit complexe composietmaterialen en zijn bedoeld om op de stortplaats of in de verbrandingsoven te belanden, terwijl het hoogwaardige materiaal vaak nog uitstekende mechanische en chemische eigenschappen bezit.

Met mijn Bridge of Blades draag ik bij aan een oplossing voor dit probleem door windturbinebladen een tweede leven te geven in de draagconstructie van een brug. Op deze manier worden de kwaliteiten van het materiaal optimaal benut. In het ontwerp is het vorige leven van de brug duidelijk zichtbaar en bovendien tastbaar gemaakt. Twee rotorbladen dienen als liggers in de constructie. Over de ruimte tussen de bladen ligt een brugdek dat een comfortabele overstek mogelijk maakt voor voetgangers, (brom)fietsers, en rolstoelgebruikers. Naast het brugdek ontstaat een ruimte op de bladen, waar voetgangers de technologie van

dichtbij kunnen ervaren. De bladen zijn over de gehele overspanning te belopen, waardoor interactie met het product wordt gestimuleerd.

Bij het ontwerpen van alle componenten van de brug wordt aandacht besteed aan materiaalkeuze en demontage. Aan het eind van het leven als brug kunnen de materialen gemakkelijk gescheiden worden en een nieuwe toepassing krijgen in de circulaire economie. Zo is de brug een constructieve oplossing voor één probleem, voorkomt het andere problemen en dient het als voorbeeld ter discussie van materiaalgebruik in de technologieën van de toekomst.

### **DE SYMBIOBRUG: HET WINNENDE PRIJSVRAAG-ONTWERP VAN EEN TU STUDENT WORDT WERKELIJKHEID!**

RAFAIL GKAI DATZIS

Op 17 november 2016 opende de Provincie Zuid-Holland het recreatieschap Midden-Delfland en de Stad Delft officieel een nieuwe fietsroute en een opmerkelijke nieuwe brug: de Symbiobrug.

Het ontwerp van de brug van student Rafail Gkaidatzis, was de winnende inzending van een studentenprijsvraag die in 2014 werd georganiseerd door de Technische Universiteit Delft<sup>2</sup>. Studenten werden uitgedaagd om een 40 meter lange fiets- en voetgangersbrug te ontwerpen aan de rand van Delft, als link tussen sciencepark

Technopolis en het recreatieve natuurgebied Midden-Delfland. De eerste prijs bestond naast een geldbedrag uit de onverkorte realisatie van het ontwerp.

Gelegen op de overgang tussen stedelijk en landelijk gebied, vertaalt de Symbiobrug de Genius Loci van beide zijden in één bouwwerk. Vanuit het zuiden wordt de natuur in een felrode kleur verbeeld door een stalen vakwerkconstructie. Het schelpvormige vakwerk met zijn gladde details, refereert aan organische structuren zoals die in de natuur voorkomen, bijvoorbeeld in een bot, een blad of een schelp. Vanuit Technopolis in het noorden weerspiegelt de brug innovatie en kennis. Deze aspecten zijn vertaald in het dek van de brug dat is gemaakt van vezelversterkte kunststof. Het dek heeft een vloeiende vorm die de snelle veranderingen in de technologische evolutie weerspiegelt. Een zit- en rustplaats maakt deel uit van het dek en de doorlopende borstweringen. Het huwelijk tussen natuur en innovatie draagt een boodschap uit: onze technologische vooruitgang vindt haar oorsprong in de natuur zelf. De naam Symbio is afgeleid van de Griekse woorden  $\sigma\upsilon\nu$  'samen' en  $\beta\iota\omega\sigma\iota\varsigma$  'leven'. De naam verbeeldt de nauwe en langdurige interactie tussen natuur en technologie, twee elementen die in de Symbiobrug een symbiotische coëxistentie hebben gevonden. De Griekse roots van de ontwerper zijn hiermee eer aan gedaan.

<sup>2</sup> Zie ook BRUGGEN juni 2017

