

Nr.2 Jaargang 27
Juni 2019

Bruggen



STATION LANSINGERLAND
ZOETERMEER

Inhoud



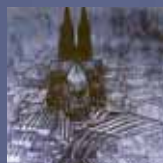
4 STATION LANSINGERLAND ZOETERMEER



8 DUURZAAM CONSTRUEREN MET SLIMME CONSTRUCTIE



20 HERGEBRUIK VAN WINDTURBINEBLADEN IN EEN VOETGANGERSBRUG



24 EEN KEULSE BRUG MET SLOTEN TUSSEN KEIZERS



28 BRUGGENSTICHTING YOUNG



32 BUSBRUG / STADSPARKBRUG ZWOLLE



36 THE ART OF BRIDGE DESIGN

COLOFON

De Bruggenstichting is een onafhankelijk kenniscentrum dat zich richt op het vastleggen en uitdragen van kennis over bruggen

Opgericht 10 april 1992

REDACTIE

Jan Arends, Michel Bakker, Elisabeth van Blankenstein, Fred van Geest, Thijmen Jaspers Focks, Frans Remery, Heico de Lange, Wils van Soldt en Pieter Spits.

BESTUUR

Jan de Boer, Bert Hesselink, Dick Schaafsma, Joris Smits, Peter Vijn en Fred Westenberg (voorzitter).

DIRECTEUR

Harm Telder

RAAD VAN ADVIES

Arup Nederland, DIVV Amsterdam, FiberCore, IV-Infra, Janson Bridging, Mobilis TBI Infra, Movares, ProRail, Rijkswaterstaat, Vereniging SNS Staalbouw, Ingenieursbureau Westenberg.

BRUGGEN

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.

Abonnement € 39,50 per jaar. Gratis voor begunstigers van de Nederlandse Bruggenstichting.

Losse nummers: € 10,-, te bestellen via NL82 INGB 0000 0589 75

KOPIJ

Ingezonden bijdragen worden alleen in behandeling genomen als zij digitaal worden aangeleverd. Alle bijdragen dienen voorzien te zijn van naam, adres en telefoonnummer van de inzender. Inzendingen kunnen zonder opgaaf van redenen worden geweigerd.

ADVERTENTIES

Heico de Lange (uitgever),
heico.de.lange@rws.nl of 088 – 7970727

REDACTIEADRES

Nederlandse Bruggenstichting, Lange Kleiweg 34,
2288 GK Rijswijk
Tel: 088 7970727
e-mail: redactie@bruggenstichting.nl
<https://twitter.com/bruggenst>

HOOFDREDACTEUR

Fred van Geest, Annaplaats 1, 2713 AK Zoetermeer,
Tel: 0623 229 836
e-mail: redactie@bruggenstichting.nl

WEBSITE

<http://www.bruggenstichting.nl>

GRAFISCHE VORMGEVING

Ronald Boiten en Irene Mesu, Amersfoort

OMSLAGFOTO VOORZIJDE

Station Zoetermeer Lansingerland. Foto: Arcadis

OMSLAGFOTO ACHTERZIJDE

Julianabrug (ontwerp: Joris Smits). Foto: Royal HaskoningDHV

OPLAGE

1000

ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

Wellicht in tegenstelling tot uw verwachtingen, treft u in deze maand van herdenkingen van D-Day, Operatie Overlord en heldhaftige verhalen over bruggenbouwende militairen, geen beschrijvingen van Callender-Hamilton-bruggen en Baileybruggen aan. Er zijn geen nieuwe ontwikkelingen op dit terrein en we moeten het gelukkig doen met een vredig hergebruik, o.a. in het station van Eindhoven.

Ons bestuurslid Joris Smits is op 7 mei jl. gepromoveerd aan de TU-Delft op het onderwerp The Art of Bridge Design. In zijn leken-speech stond Joris stil bij de huidige ontwerp-praktijk van bruggen.

In dit nummer is een bijdrage van het Platform Fiets*Voetbruggen opgenomen, dat eerder in verkorte vorm gepresenteerd is op de Bruggendag 2017. Het platform is van plan een structurele bijdrage te leveren aan ons blad.

Een ander platform dat zich via ons blad presenteert, is BRUGGEN YOUNG, een platform waar jongeren (< ± 35 jaar) elkaar willen ontmoeten. Jan Vijns heeft hiertoe het initiatief genomen en Thijmen Jaspers Focks neemt plaats in de redactie om het aanleveren van artikelen te stimuleren.

Kortom allerlei initiatieven die mede bijdragen aan het hernieuwde profiel van de Bruggenstichting!



IN MEMORIAM JOHAN DEN TOOM (1954-2019)

Met grote verslagenheid hebben wij kennis genomen van het overlijden van RWS-medewerker Johan den Toom op 29 mei op 64 jarige leeftijd. Johan heeft zich gedurende zijn gehele loopbaan (bijna 40 jaar) voor Rijkswaterstaat ingezet als werktuigbouwkundig adviseur / specialist op het gebied van beweegbare bruggen en sluizen. In die tijd heeft Johan zich ontwikkeld tot één van onze meest deskundige werktuigbouwkundigen en tot de vraagbaak voor heel RWS op dat kennisveld. Ook buiten Rijkswaterstaat werd Johan om zijn kennis, expertise en collegialiteit hoog gewaardeerd. Op hem en zijn adviezen kon je bouwen. Met zijn vriendelijke, bescheiden en behulpzame houding en enorme deskundigheid hielp hij een ieder die daarom vroeg bij de meest complexe werktuigbouwkundige vraagstukken. Johan wist als geen ander hoe onze beweegbare constructies in elkaar zitten en met hem valt een stuk van ons 'technisch geweten' op het gebied van bruggen en sluizen weg.

Johan is in 1981 bij Rijkswaterstaat in dienst gekomen bij de toenmalige Directie Bruggen in Voorburg voor het berekenen, ontwerpen en uitwerken van constructies. De afgelopen jaren werkte hij bij de afdeling Bruggen en Viaducten van RWS-GPO.

RWS is Johan zeer dankbaar voor de jarenlange inzet en collegialiteit. We zullen Johan erg missen. Onze gedachten en medeleven gaan uit naar zijn vrouw Liesbeth, zijn kinderen en andere naaste familie. Wij wensen hen veel kracht en troost om dit verlies te kunnen dragen.



BEGUNSTIGER

Belangstellenden voor het werk van de Bruggenstichting kunnen begunstiger worden, als particulier of als bedrijf/organisatie. U ontvangt dan viermaal per jaar het tijdschrift *BRUGGEN*. Begunstigers en donateurs kunnen advies krijgen van de Bruggenstichting en ontvangen korting op onze activiteiten en boekuitgaven.

De Bruggenstichting is door de Belastingdienst erkend als ANBI, wat staat voor Algemeen Nut Beogende Instelling. De minimumbijdrage voor particulieren is € 39,50 (incl. BTW) en voor bedrijven en instellingen vanaf € 135,- per jaar (excl. btw), zzp'ers € 70,- (excl. btw). Studenten betalen € 10,- (maximaal 2 jaar). U kunt zich aanmelden door het overmaken van de bijdrage op: IBAN NL82 INGB 0000 0589 75 t.n.v. de Nederlandse Bruggenstichting te Rijswijk.

Aanmelden is ook mogelijk via de website www.bruggenstichting.nl > begunstiger worden.



STATION LANSINGERLAND ZOETERMEER

Auteurs: Dennis Dierikx - Gemeente Zoetermeer, Beate Vlaanderen - Architect Arcadis
en Jeroen van Schooten - Architect Team V Architectuur
Fotografie: Arcadis



TRANSPORTHUB MET VERHOOGD PARK

Het nieuwe Station Lansingerland-Zoetermeer is een toekomstbestendige, duurzame en groene vervoersknoop met een prettig verblijfsklimaat.

Het architectonisch ontwerp is tot stand gekomen door een samenwerking van Arcadis Architecten en Team V Architectuur. De engineering en constructie is door Arcadis verzorgd en wordt verderop in dit artikel nader toegelicht.





Het hoofdconcept van het station is de creatie van een groene stedelijke ruimte op hoogte, een parkachtige laan boven de spoorlijn Utrecht-Den Haag en de snelweg A 12. Hierdoor is een vervoersknooppunt ontstaan die verschillende modaliteiten met elkaar verbindt. Het is in de omgeving van Den Haag niet ongebruikelijk dat de tram door een lommerrijke laan rijdt met de rails in het gras. Daarom zijn veel bomen en struiken op het dek geplaatst en is de afscherming rondom uitgevoerd in een origineel takkenpatroon.

Deze hekwerken zijn vervaardigd in hoge sterkte beton en speciaal voor dit project op ingenieuze wijze ontwikkeld. De wachtruimtes zijn hoog, met veel daglicht en zicht op groen. De heldere logistieke lijnen en doorzichten zorgen ervoor dat de gebruiker op een logische snelle manier naar zijn bestemming kan komen. Het houten plafond met verspringende LED-verlichting geeft de wachtzones een warme uitstraling. Royale stijlpunten, een hellingbaan en liften verbinden de laan op een soepele manier met de

omgeving en de verschillende niveaus van de vervoersknooppunt.

GROENE 'LANDMARK'

Het groen, de begroeiing, speelt een prominente rol in Vervoersknooppunt Lansingerland-Zoetermeer. De brug over de A12 zal worden ingericht als een verhoogd maaiveld. De inrichting van de laan met bomen, die aan weerszijden van de A12 door het gebied loopt, is doorgetrokken op de brug. Door de beeldbepalende bomen op het





viaduct fungeert de Vervoersknoop Lansingerland-Zoetermeer als een groene 'landmark' over de A12. Het is een levendige groene omgeving met een goede aansluiting op de verschillende toekomstige ontwikkelingen.

De met hout afgewerkte plafonds, de natuurstenen vloeren en het karakteristieke takkenmotief op de perronkappen en de borstwering van de brug versterkt de duurzame en natuurlijke uitstraling. Het uitgestrekte Park & Ride terrein aan de

zuidkant van het station onderstreept dit karakter door de toepassing van bomen, hagen en groene parkeervakken met grasbeton stenen.

TOEKOMSTBESTENDIG

In eerste instantie zal Station Lansingerland-Zoetermeer voor Randstadrail een kopstation zijn, maar in de toekomst zal de lightrail verbinding doorgetrokken worden richting Rotterdam. In het architectonische en constructieve ontwerp is hiermee rekening

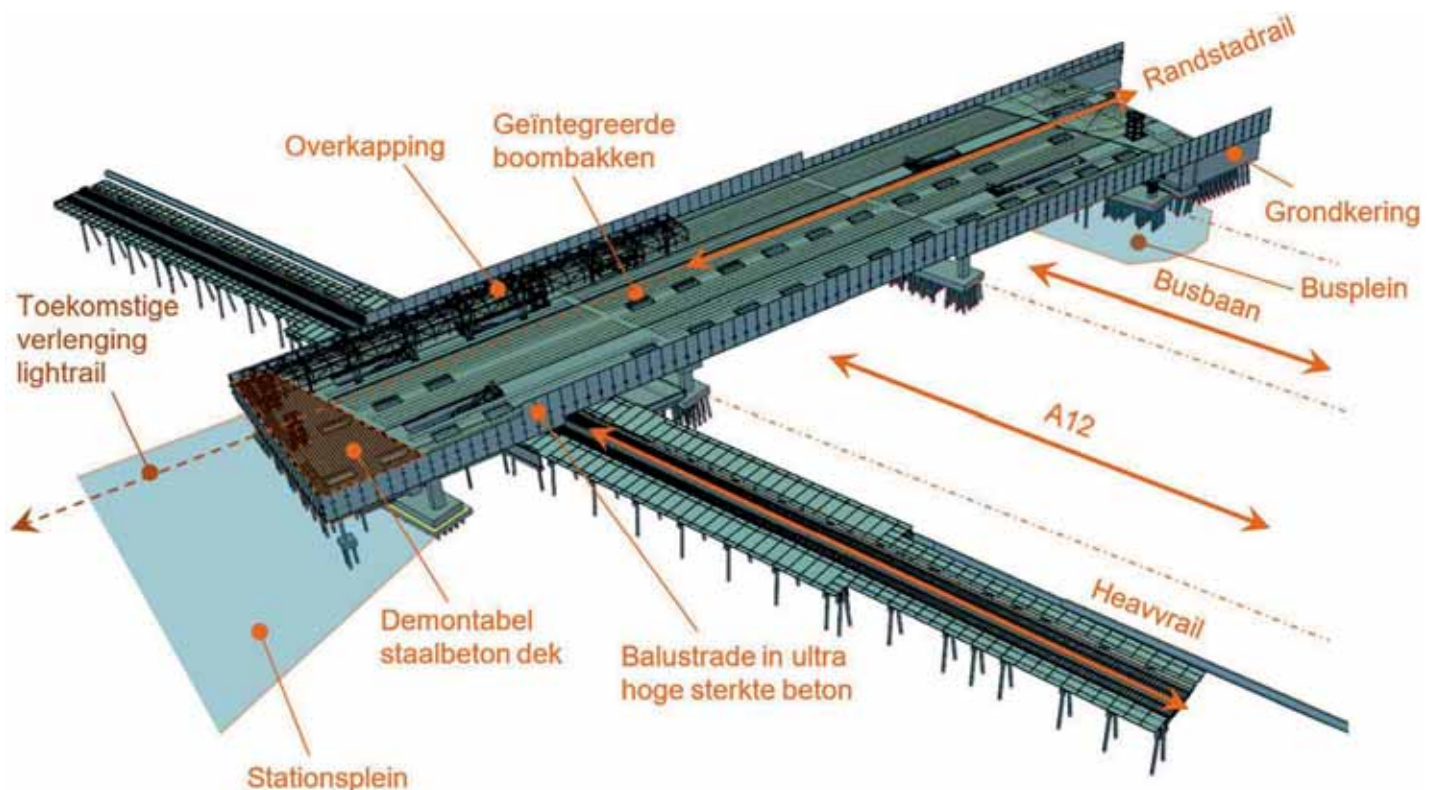
gehouden. Het station is ontworpen in een modulaire 'blokkendoosstructuur', waardoor toekomstige uitbreidingen eenvoudig te realiseren zijn door de toevoeging van nieuwe 'blokken'. In het huidige gerealiseerde ontwerp is de mogelijkheid meegenomen om in de toekomst de A12 te verbreden en de spoorlijn viersporig in te richten.

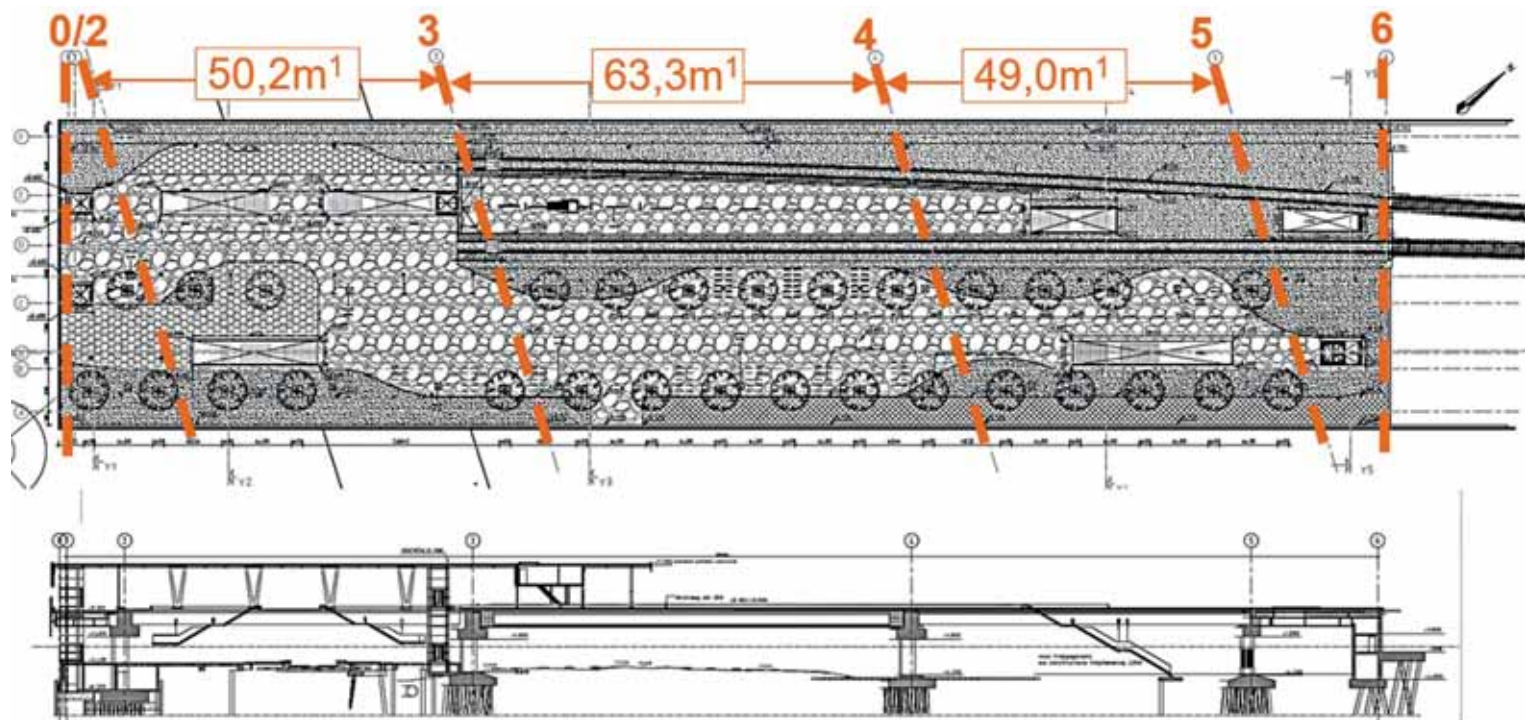


DUURZAAM CONSTRUEREN MET SLIMME CONSTRUCTIE

Auteurs: Harry M.F. Beertsen, Pieter Bout en Dennis W.C.J. Kooijman, Arcadis

Station Lansingerland-Zoetermeer grenst aan de A12 en vormt een overstappunt tussen het landelijke spoornet (heavyrail), Randstadrail (lightrail) en de regionale buslijnen. Bij het ontwerp van het station was één van de speerpunten het functioneel en toekomstvast ontwerpen van het kunstwerk. Door vroegtijdig in het ontwerpproces te anticiperen op het mobiliteitsvraagstuk van de toekomst, is er een ontwerp tot stand gekomen met maximale flexibiliteit qua doorgroeimogelijkheden van deze infra-hub. Zo is er rekening gehouden met verbreding van de A12, een verdubbeling van het heavyrail spoor, en het doortrekken van de lightrailverbinding richting Rotterdam.





Bovenaanzicht en langsdoorsnede kunstwerk

DEKCONSTRUCTIE

Om voldoende vrije ruimte op het maaiveld te creëren voor de toekomstige uitbreiding van het spoor- en wegennet, was het noodzakelijk om te werken met grote overspanningen. De overspanning over de A12 is met 61 m de grootste overspanning van het kunstwerk, al zijn ook de aangrenzende

velden van 48 m relatief groot. Het dek is 44,5 m breed en heeft ruime vides waarin slanke stalen trappen opgehangen zijn aan het dek. De overspanning is gerealiseerd met voorgespannen betonnen kokerliggers welke voorzien zijn van een druklaag. Aan de rand van het dek zijn tot 8 m hoge betonnen randelementen opgehangen welke met hun

takkenstructuur het kunstwerk een 'groen' aanzicht geven.

In de zones waar de trappen zijn gerealiseerd, zijn geen dragende kokerliggers aanwezig, echter er werkt in deze strook wel belasting op de constructie. Tevens zijn er in het dek zwaar belaste zones met bomen opgenomen waar, door de toepassing van grote verzon-



Tussensteunpunt is asymmetrisch belast in bouwfase.



Laatste moot is ontworpen op toekomstige verlenging van het kunstwerk.

ken boombakken, lokaal geen kokerliggers toegepast konden worden. Deze belasting wordt middels de druklaag afgevoerd naar de aangrenzende zones van het dek welke hierdoor relatief zwaar belast worden. Hetzelfde geldt voor de hoge belastingconcentratie uit de randelementen.

Door de uitzonderlijke breedte van het dek (44,5 m), was de afwatering van het dek een bijzonder aandachtspunt. In dwarsrichting is het afschot gerealiseerd door iedere voorgespannen kokerligger op een verschillende hoogte onder een dwarshoek op de opleg-blokken te plaatsen. Door deze aanpak zijn onnodige uitvullagen op het dek voorkomen en werd de rustende belasting op het dek beperkt. Doordat het hoofdspoor aan de onderzijde van het dek, en de Randstadrail aan de bovenzijde dwangpunten vormen, was er slechts een beperkte constructiehoogte beschikbaar.

De toegepaste voorgespannen kokerliggers hebben boven de A12 een hoogte van 2,25 m wat overeenkomt met 1/27 van de overspanning. Door de hoge belastingconcentratie naast de trappen en bij de rand van het dek, gecombineerd met de grote overspanning, mag gesteld worden dat er sprake is van een zeer slanke constructie. In de ontwerpfase werd reeds geconcludeerd dat de randvoorwaarden de toepassing van een slanke constructie dicteerden. Zodoende zijn er vroegtijdig enkele leveranciers benaderd om de haalbaarheid te toetsen. Er is een druklaag (0,25 m) toegepast om in dwarsrichting van het dek belasting te kunnen spreiden. Normaliter wordt de dwarsspreiding bewerkstelligd door de toepassing van dwarsvoorspanning ter hoogte van de bovenflens van de kokerlig-

ger, maar dit was in deze situatie niet overal mogelijk door de vides en de variabele scheefstand/afschot van de liggers.

Naast de technische haalbaarheid van de kokerliggers, is in de ontwerpfase ook reeds nagedacht over de benodigde buitendienst-

stellingen van de A12 en het spoor. Er is hierbij gedacht aan de benodigde tijd van een buitendienststelling, eventuele uitlooptscenario's (bijvoorbeeld verschuiving van de werkzaamheden door extreem weer) en de uitvoerbaarheid van de hijswerkzaamheden. Bij de uitvoerbaarheid van de hijswerkzaamheden is in de ontwerpfase gekeken naar de beschikbaarheid van het materieel, het hijsvermogen/bereik, de aanvoerroutes, de mogelijke opstellocaties en de opbouwtijd. Door vooraf voorgenoemde zaken op haalbaarheid te controleren, was het mogelijk de belanghebbenden vroegtijdig te informeren over de benodigde tijdsvakken en voldoende ruimte te reserveren.

Bij het meest zuidelijke tussensteunpunt van het dek ligt in de huidige situatie slechts aan één zijde een betonnen dek met een grote overspanning. Bij het ontwerp van het desbe-



Laatste veld van het dek is uitgevoerd als staalbetonconstructie.

treffende steunpunt is reeds geanticipeerd op het kunnen doortrekken van de Randstadrail. In de huidige situatie is aan de zuidzijde een kort dek aanwezig bestaande uit een lichte staalbetonconstructie welke relatief eenvoudig gedemonteerd kan worden. In de toekomst kan voorgenoemde staalconstructie eenvoudig vervangen worden door een betonnen dek met eveneens een grote overspanning zonder dat hiervoor de hoofdconstructie ingrijpend gewijzigd moet worden.

FUNDERING EN GRONDKERING

Net als in het grootste deel van de Randstad zijn er op de locatie van het kunstwerk slappe lagen aanwezig in de ondergrond. Het kunstwerk is zodoende op palen gefundeerd. Bij de keuze van het paalsysteem is er per paalgroep afgewogen in welke mate er trillingen in de



De liggers boven de A12 zijn geplaatst in een weekend waarbij de snelweg buiten dienst was gesteld.

omgeving acceptabel zouden zijn en welke uitvoeringsrisico's er waren. Zo zijn er langs het spoor geboorde buispalen met groutinjectie toegepast, terwijl op locaties waar trillingen acceptabel zijn, voorgespannen betonnen heipalen zijn toegepast. Door de keuze van het paalsysteem te koppelen aan

de plaatselijke randvoorwaarden, is er tot een economisch verantwoord funderingsontwerp gekomen.

Aan de noordzijde van het station grenst het kunstwerk aan de verhoogde aardenbaan van de Randstadrail. Om aan te sluiten op de aardenbaan is er een 8 m hoge grondkering gerealiseerd. Deze grondkering is uitgevoerd met 18 m lange vleugelwanden en is voorzien van een ontlastplaat. De ontlastplaat zorgt ervoor dat de gronddruk op de onderste helft van de grondkerende wand sterk gereduceerd wordt, waardoor er minder palen benodigd zijn voor de opname van de horizontale gronddruk. Tevens levert de ontlastplaat een moment dat tegen het grondmoment in werkt. Tegen de grondkerende wand is een meerlaagse, technische ruimte gerealiseerd. Doordat er reeds een forse funderingsconstructie benodigd is voor de grondkering, is er voor de realisatie van de technische ruimten slechts een beperkte investering nodig.

TUSSENSTEUNPUNTEN

De tussensteunpunten van het kunstwerk zijn voorzien van een betonnen poer van ca. $46,2 \times 6,5 \times 1,8 \text{ m}^3$ met 5 rijen palen. Boven op de poer staan 6 betonkolommen van ca. $1,0 \times 2,0 \text{ m}^2$ met een variabele hart op hart afstand. De positie van de kolommen is bepaald door de locatie van de trappen, boomzones, loopstromen en zichtlijnen. In de bouwfase zijn de kolommen asymmetrisch belast doordat er tijdelijk slechts aan één zijde van het tussensteunpunt een dek aanwezig is. In de ontwerpfase is in de hoofdberekening rekening gehouden met de bouwfasen omdat deze veelal maatgevend zouden worden voor de optredende momenten. Om de opdrachtnemer maximale vrijheid





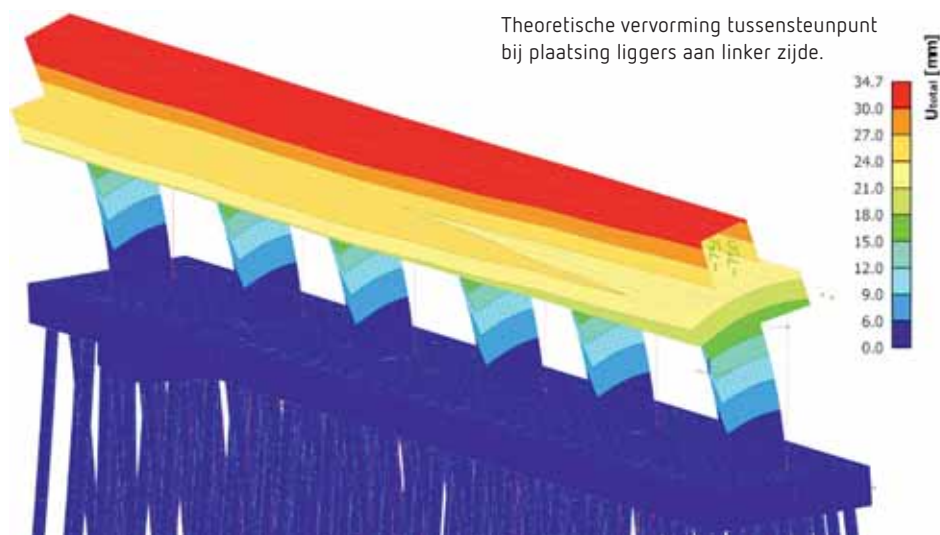
In de tussensteunpunten is gebruik gemaakt van koeling om hydratatiwarmte uit de kern van de doorsnede af te voeren.

te geven, is de constructie dusdanig ontworpen dat het mogelijk is om eerst het dek van 61 m en daarna het dek van 48 m te realiseren (en vice versa). Vanwege het grote aandeel van het eigengewicht leidt deze montagevolgorde tot een grote asymmetrische belasting op de poeren.

In de uitvoeringsfase is tijdens de plaatsing van de kokerliggers het vervormingsgedrag en de scheurwijdte van de tussensteunpunten gemonitord. De vervormingen en scheurwijdtes die op zijn getreden, waren kleiner dan die middels de berekeningen zijn voorspeld.

Mogelijke redenen hiervoor zijn:

- De belasting was tijdens de monitoring pas sinds korte tijd aanwezig waardoor de fundering zich nog relatief stijf gedroeg.
- De vervorming van diverse bouwdeelen is berekend als zijnde buigelementen, terwijl deze in werkelijkheid neigen naar gedrongen elementen waardoor deze zich stijver gedragen. Qua wapeningsconfiguratie was reeds rekening gehouden met de gedrongen aard van het tussensteunpunt waarmee beide buigvormen zijn afgedekt.



Theoretische vervorming tussensteunpunt bij plaatsing liggers aan linker zijde.



- Ondanks de gedrongen aard van de tussensteunpunten bestaan deze uit relatief slanke doorsneden; als gevolg hiervan is er relatief veel wapening toegepast. De constructie bevindt zich hierdoor aan de rand van het toepassingsdomein van de stijfheidsprognoses uit de rekenvoorschriften.

KOELING BETON

De balk van het tussensteunpunt heeft een omgekeerde T-vorm met een breedte van 4 m en een hoogte van 3,5 m. Door de grote afmetingen ontstaan er in het beton tijdens het verhardingsproces door hydratatie warmte hoge temperaturen. In de loop der tijd zal deze warmte wegvloeien uit de constructie en zal de balk verkorten en krachten uitoefenen op de onderliggende betonkolommen. Om te voorkomen dat de verkorting van de balk resulteert in te grote krachten in de betonkolommen, is ervoor gekozen koeling

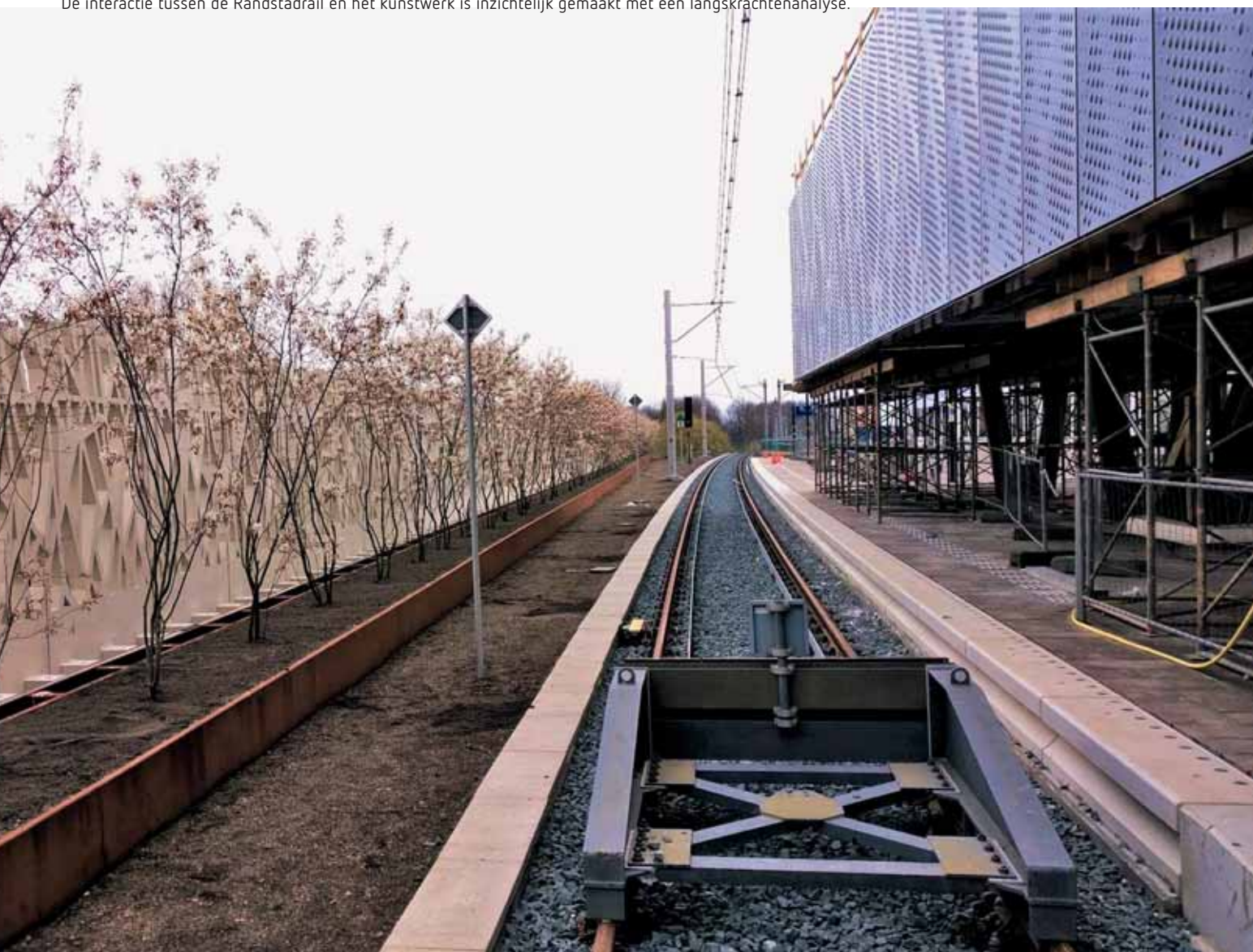
tijdens het verhardingsproces toe te passen. In de balk zijn koelsslangen opgenomen waar koelvloeistof doorheen gepompt werd; de constructie kon zo niet alleen aan de buitenzijde zijn warmte kwijt, maar ook aan de binnenzijde waardoor de opwarming van de constructie beperkt bleef.

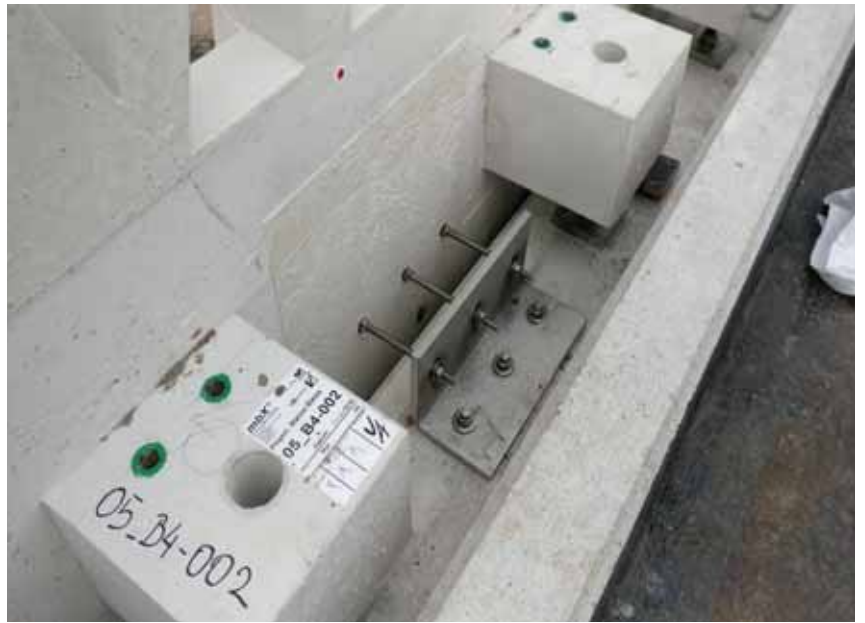
INTERACTIE SPOORCONSTRUCTIE MET KUNSTWERK

Bij de dimensionering van de dekconstructie vormt de hoogteligging van de Randstadrail een dwangpunt. Naast de hoogteligging vormt ook de fysieke aanwezigheid van de spoorstaven zelf een voorwaarde waar bij het ontwerp van het kunstwerk rekening mee gehouden moet worden. Als gevolg van de seizoenen treden er temperatuursveranderingen in de constructie op met verlenging of verkorting als gevolg. Om hoge spanningen en grote vervormingen in de constructie te voorkomen, zijn er in de dekconstructie dila-

taties opgenomen boven ieder tussensteunpunt, en zijn de kokerliggers opgelegd op gewapende rubber oplegblokken. In de spoorconstructie zijn echter geen dilatatie opgenomen aangezien deze vrij kostbaar zijn qua realisatie en onderhoudskosten. Bij een verandering van de temperatuur in de spoorstaven of het kunstwerk zullen deze invloed op elkaar uitoefenen. In de ontwerpfase is een langskrachtenanalyse gemaakt om inzicht te krijgen in de interactie tussen het kunstwerk, de spoorstaven en het aansluitende spoorlichaam. Een langskrachtenanalyse is een iteratief proces waarbij aan de hand van de resultaten het ontwerp van de onderbouw bijgesteld wordt wat vervolgens weer invloed heeft op de langskrachtenanalyse zelf. Door kritisch te kijken naar het gedrag van het totale systeem is tot een interactie gekomen waarbij de vervormingen/krachten in zowel het kunstwerk als de spoorstaven binnen de

De interactie tussen de Randstadrail en het kunstwerk is inzichtelijk gemaakt met een langskrachtenanalyse.





Randelementen, oplegnokken en uitvoeringstoleranties.

toelaatbare grenswaarden bleven. Het vervormingsgedrag heeft niet enkel invloed op de krachtwerving in de betonnen onderbouw, maar ook op de bouwkundige detaillering en het ontwerp van de staalconstructie op het dek.

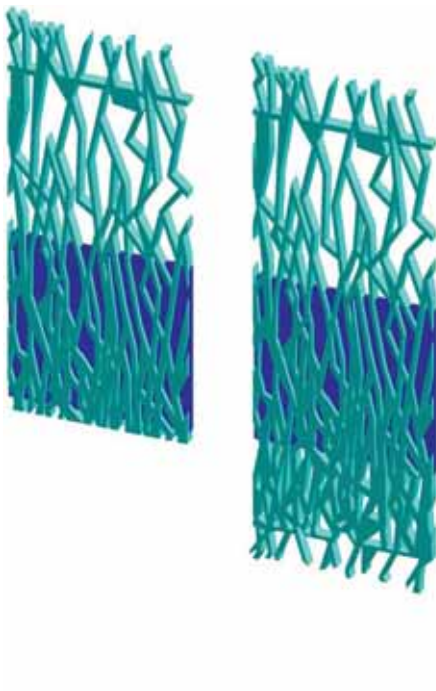
RANDELEMENTEN

Het viaduct wordt rondom voorzien van randelementen, uitgevoerd in een takken-structuur. Deze elementen zijn vervaardigd uit zeer hogesterktebeton (ZHSB). Over de hoogte van het brugdek zijn de elementen

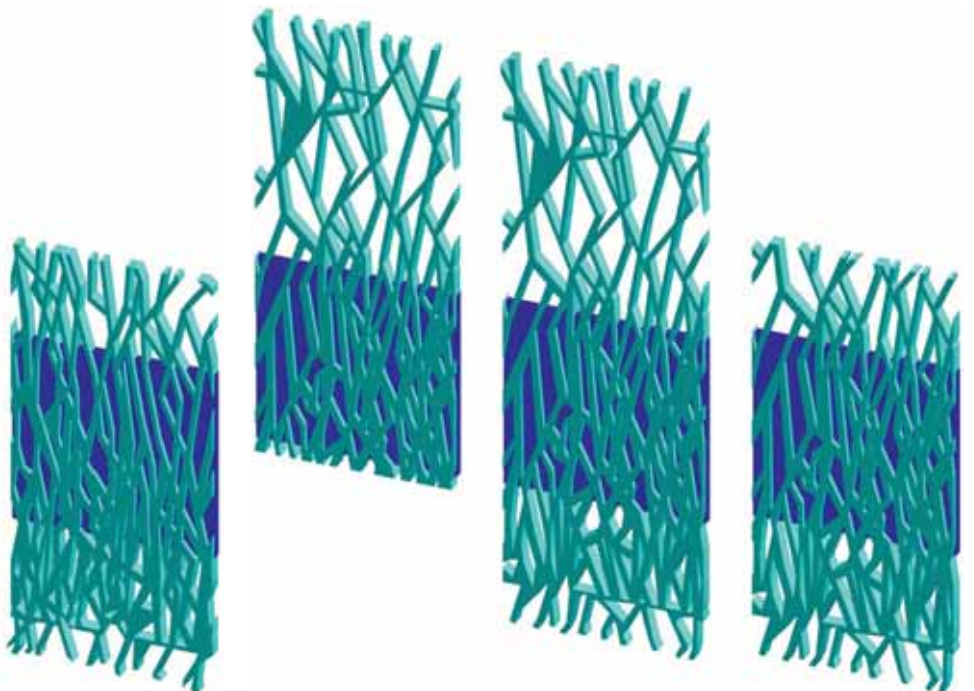
massief uitgevoerd. Dit dichte deel van de elementen is nabij de bovenzijde voorzien van drie oplegnokken en nabij de onderzijde van twee horizontale afstandhouders. In het dichte deel is thermisch verzinkte wapening in de vorm van een dubbel kruisnet aanwezig. In elke tak is een thermisch verzinkte wapeningsstaaf aangebracht. Deze wapening is niet benodigd vanwege de optredende (buigtrek)spanningen, maar om te voorkomen dat bij calamiteiten stukken van de takken in het spoor dan wel op de weg vallen (a.g.v. brosse breuk).

Alle elementen hebben een breedte van 2,50 m. De hoogte varieert tussen 6,00 m en 7,60 m. Het open gedeelte van de elementen heeft een dikte van 160 mm, het dichte deel is 100 mm dik. Dit is minimaal benodigd om bevestigingsmiddelen in het beton te kunnen opnemen.

De massa van het lichtste element bedraagt 3200 kg, die van het zwaarste 4100 kg. Naast eigen gewicht en windbelasting dienen de elementen ook een leuningbelasting van 3,00 kN/m te kunnen opnemen op een hoogte van 1,0 m boven dekniveau.



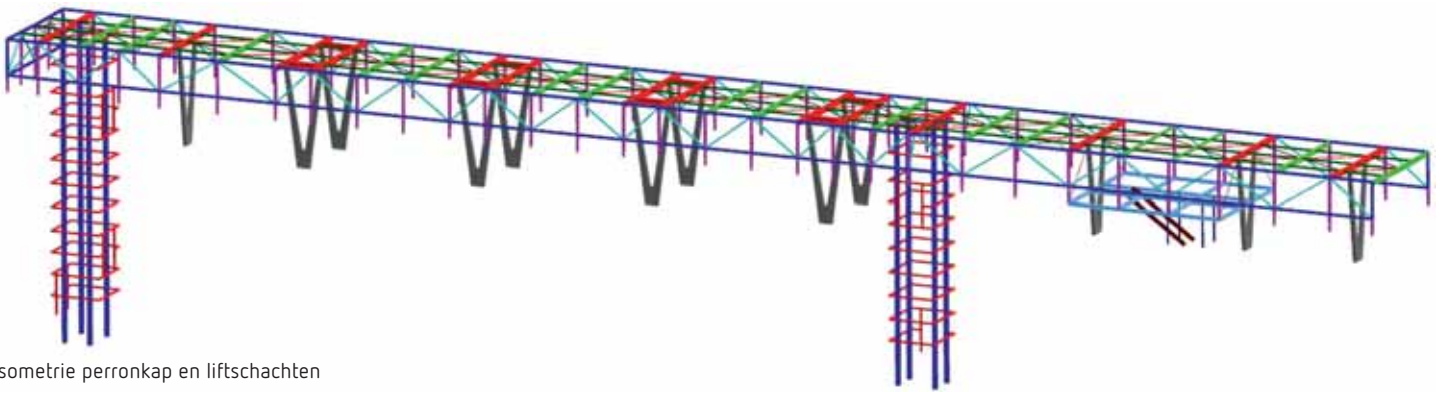
Randelementen 01B, 01 en 01C



Randelementen 02B, 02 en 02C



Aanzicht dragend schort van perronoverkapping.



Isometrie perronkap en liftschachten

Om tot een economisch ontwerp van de randelementen te komen is er gewerkt met standaardisatie. In de basis bestaan de elementen uit 2 hoofdvormen welke afhankelijk van de positie op het kunstwerk is verkort of verlengd. In figuur 11 zijn drie subvormen van hoofdvorm 1 weergegeven, in figuur 12 zijn drie subvormen van hoofdvorm 2 weergegeven. Door met hoofdvormen en modulaire maten te werken is voorkomen dat er voor ieder randelement een unieke bekisting gemaakt moest worden.

Er zijn twee typen randelementen, ieder in drie verschillende hoogten.

Om schade aan de randelementen tijdens transport te voorkomen, is in een later stadium besloten de takken aan de onderzijde van de elementen te koppelen met een horizontale HSB-regel. Een zelfde regel is toegevoegd ter hoogte van de leuning.

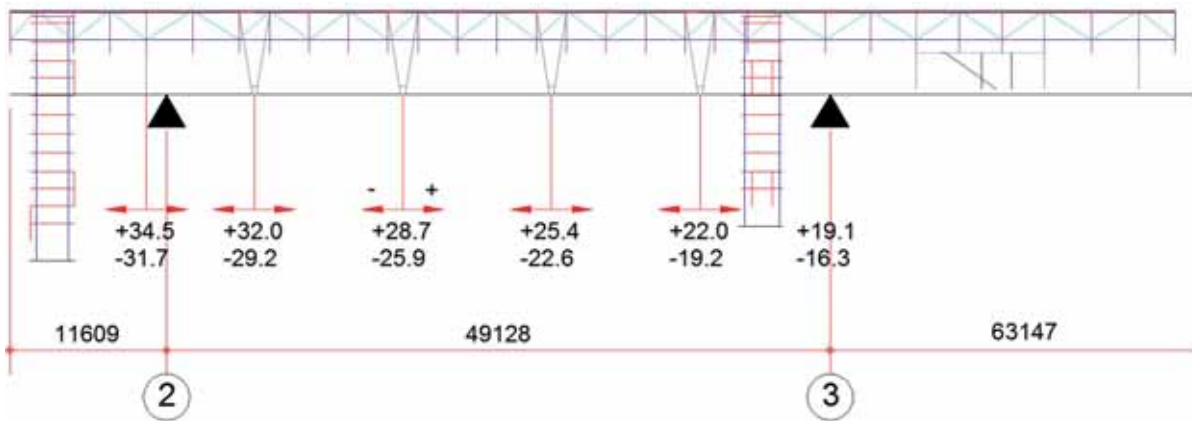
CONSTRUCTIE PERRONKAP

De perronkap heeft een lengte van 86 m, een breedte van 8,10 m en een maximale hoogte

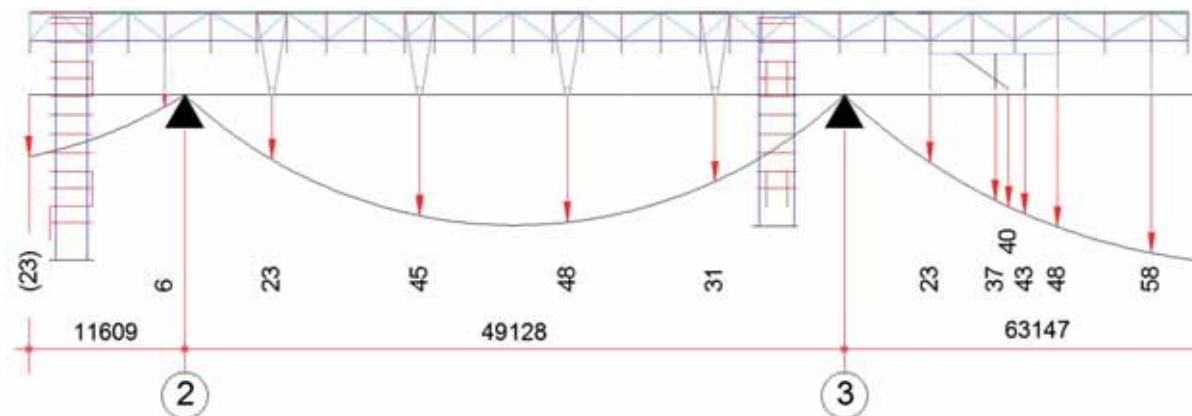
boven het perron van 6 m. De kap is rondom voorzien van 'schorten' met een hoogte van 3,50 m met als doel de reizigers zo veel mogelijk te beschermen tegen weersinvloeden. De schorten zijn opgehangen aan het dak van de overkapping. De overkapping is aan de buitenzijde afgewerkt met een aluminium beplating met een takkenstructuur en aan de binnenzijde met houten stroken op een houten regelwerk.

In de kap is plaats gemaakt voor een wacht/schaftruimte voor personeel van de HTM. Deze ruimte is ook (deels) opgehangen aan het dak van de overkapping. De wachttruimte is toegankelijk via een afsluitbaar trappenhuis op het perron, dat tevens voor extra ondersteuning van de wachttruimte zorgt. Onder de perronkap zijn twee liftschachten aanwezig. Beide liftschachten dienen als horizontale en verticale steun voor de perronkap. De liftschachten zijn rondom voorzien van glas. De liftschachten steken door de brugdekken heen en zijn daar niet aan bevestigd. De horizontale verplaatsingen van de dekken

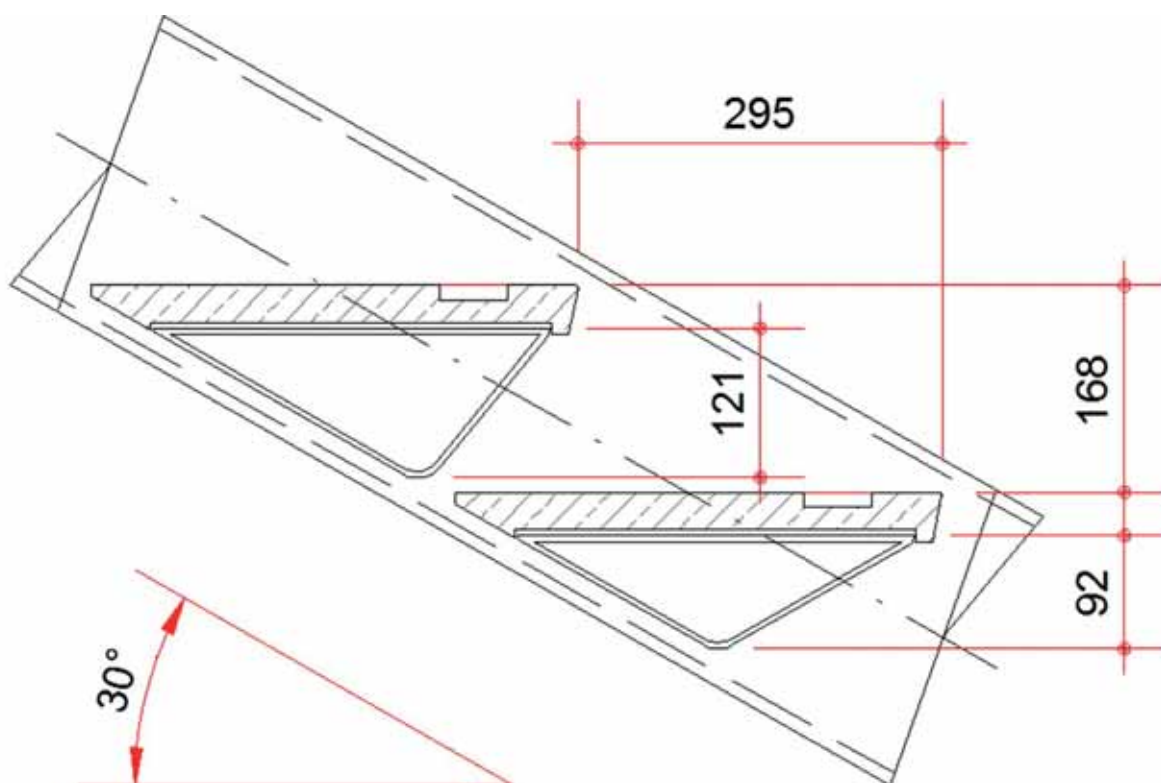
zijn dusdanig groot dat, indien zij wel bevestigd zouden zijn, de liftkooien door de opgelegde hoekverdraaiing klem zouden kunnen lopen in hun geleidingen. De constructie van de perronkap is opgebouwd uit V-vormige kolommen waarover enkele of dubbele spantliggers lopen (afhankelijk van de stand van de V-kolom). De spantliggers ondersteunen drie gordingen. Aan het uiteinde van de spantliggers zijn de schorten bevestigd. Deze zijn uitgevoerd als vakwerkliggers om voldoende stijfheid te verkrijgen bij een zo laag mogelijk gewicht. De overkapping rust op twee aansluitende betondekken die in lengterichting ten opzichte van elkaar kunnen bewegen ten gevolge van temperatureffecten en het remmen en aanzetten van de trams. Hierdoor is het noodzakelijk in de kap een dilatatie aan te brengen die deze bewegingen kan opnemen. De dilatatie is direct naast de noordelijke liftschacht (as 3) aangebracht.



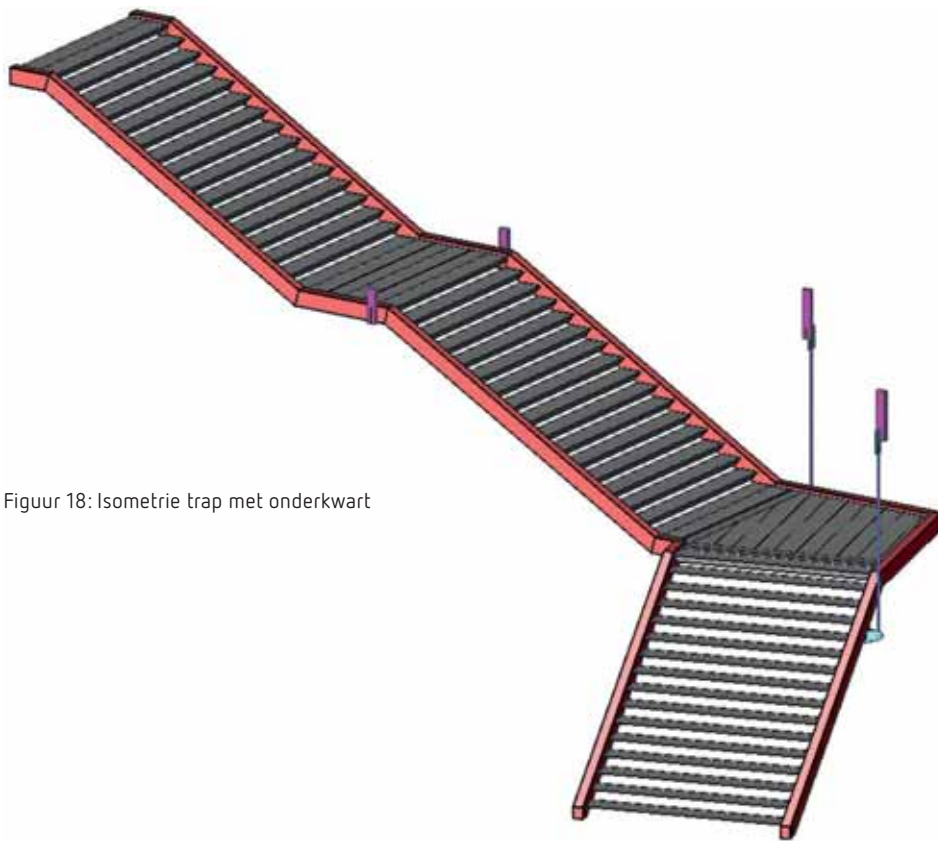
Horizontale verschuivingen brugsegment 2-3 in mm.



Verticale doorbuiging brugsegmenten in mm.



Doorsnede over hoge en lage trede



Figuur 18: Isometrie trap met onderkwart

Naast horizontale verplaatsingen moet de constructie van de perronkap ook nog de verticale verplaatsingen van de dekken door veranderlijke- en verkeersbelastingen kunnen volgen. Ten gevolge hiervan buigt het dek ca. 1/1000 van de overspanning door.

Dat geeft de verplaatsingen ter plaatse van de steunpunten van de overkapping zoals aangegeven in de figuren op bladzijde 16. Vanuit het bevoegd gezag is aanvullend nog de eis gesteld dat de hoofddraagconstructie van de perronkap een brandwerendheid tegen bezwijken dient te bezitten van 30 minuten door een externe brand.

CONSTRUCTIE STALEN TRAPPEN

De trappen zijn geheel vervaardigd uit staal en zijn opgebouwd uit twee kokervormige trapbomen aan de buitenzijde van de trap, met daartussen driehoekig gevormde treden. De treden komen in twee verschillende uitvoeringen voor, lage driehoeken voor het onderste trapdeel, hoge driehoeken voor de overige trapdelen en bordessen. Dit om op perronniveau een zo groot mogelijk doorzicht tussen de treden te verkrijgen. Dit vergroot de sociale veiligheid op het station. Drie trappen zijn uitgevoerd als rechte steektrappen, twee zijn voorzien van een onderkwart (zie figuren blz. 16). Gezien de grote lengte van de trappen, wat een enorme constructiehoogte zou vergen indien deze in één keer zouden overspannen,

zijn tussensteunpunten aangebracht. De tussensteunpunten zijn niet uitgevoerd als kolommen die afdragen op de onder gelegen constructies, maar als hangers die worden bevestigd aan de boven gelegen draagconstructie van de combibrug. Hiertoe zijn uithouders aan de buiten-/onderzijde van de trapbomen aangebracht, vervaardigd uit dik plaatstaal, waaraan de hangers zijn bevestigd. De hangers zijn uitgevoerd als nastelbare windverbandstaven en kunnen dus alleen trek opnemen.

De treden zijn afgewerkt met natuursteen. De leuningen zijn bevestigd aan glazen platen die als balustrade dienst doen. De glasplaten zijn aan de onderzijde geklemd tegen de buitenzijde van de trapbomen.

Ten gevolge van temperatureffecten en rem- en aanzetkrachten van de Randstadrail-voertuigen zullen de betonnen brugsegmenten horizontaal in lengterichting verplaatsen. Omdat de trappen zijn bevestigd aan de brugsegmenten, zullen deze dezelfde horizontale verplaatsing ondergaan. Om grote horizontaalkrachten op de fundering en grote normaalkrachten en buigende momenten in de trapbomen te vermijden, is de aansluiting met de fundering in lengterichting van de brug glijdend uitgevoerd. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van slobgaten in combinatie glijdplaten van RVS en POM-C.

Overeenkomstig de perronkap, is ook hier

rekening gehouden met de (grote) doorbuigingen van de brugdekken waaraan de trappen zijn opgehangen.

Vanuit het bevoegd gezag zijn nog de volgende aanvullende eisen aan de constructie gesteld:

- de hoofddraagconstructie van de trappen dient een 'tweede draagweg' te bezitten. Bedoeld wordt dat rekening moet worden gehouden met het wegvallen van één van de bevestigingspunten waarmee de trap is opgehangen aan het betondek. Dit dient voor alle bevestigingspunten apart te worden beschouwd.
- de hoofddraagconstructie van de trappen dient een brandwerendheid tegen bezwijken te bezitten van 30 minuten door een externe brand.

AFSLUITING

Begin 2017 zijn de eerste palen van station Lansingerland Zoetermeer ingebracht door aannemer VOBI. In de korte periode van circa twee jaar heeft men aan de oostzijde van Zoetermeer een complex kunstwerk gerealiseerd welke een belangrijke knoop in het alsmaar fijner wordende infranet van de Randstad wordt. Het is te danken aan de nauwe samenwerking tussen de opdrachtgever, opdrachtnemer, producenten, gemeente, de vervoerders en de directe belanghebbenden dat het project in een dergelijk korte tijdsperiode gerealiseerd is. Bij onvoorziene obstakels kwamen het projectbureau en de opdrachtnemer bijeen om met elkaar een oplossing uit te werken. Het is dankzij deze proactieve houding van alle betrokkenen dat er een oplossing op complexe vraagstukken werd gevonden zodat het verloop van het project niet of zo min mogelijk werd verstoord. In de huidige bouwpraktijk is het realiseren van een compleet nieuwe infra-hub een uitzonderlijke situatie. Wanneer men de gelegenheid heeft om in het ontwerp reeds rekening te houden met toekomstige uitbreidingen, is dit het ultieme voorbeeld van duurzaamheid aangezien hiermee toekomstige sloop wordt voorkomen. Door vooraf bij het ontwerp van de constructie rekening te houden met de toekomst is een economisch en duurzaam ontwerp ontstaan.





Aanzicht opgehangen trapconstructie



Aanzicht van het kunstwerk.

PROJECTGEGEVENS

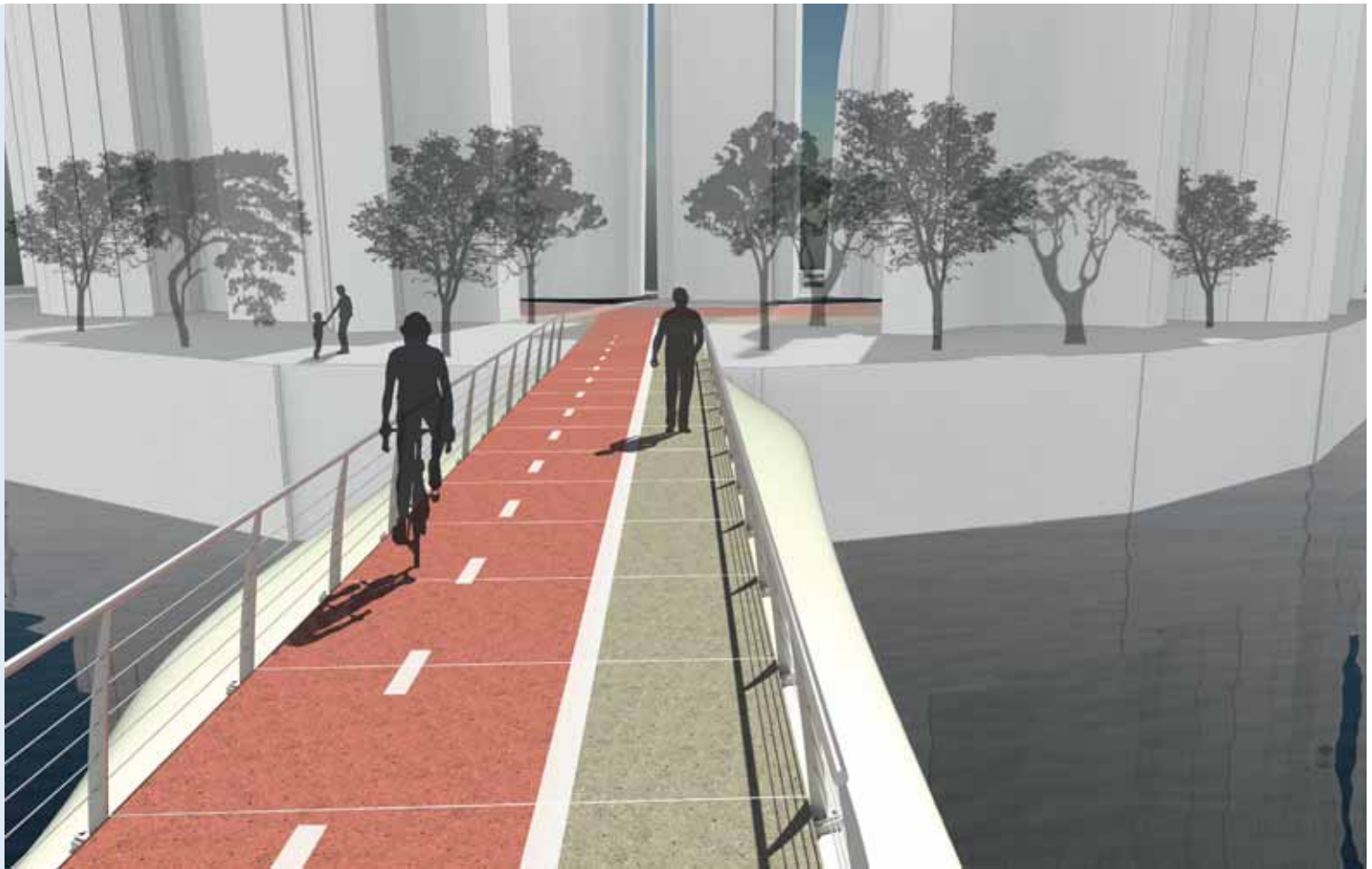
STATION LANSINGERLAND-ZOETERMEER (2019)	
Opdrachtgever en financiers	Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH) Gemeenschappelijk Regeling Bleizo, waarin begrepen de gemeenten Zoetermeer en Lansingerland
Ontwerp en Architectuur	Arcadis Architecten (Beate Vlaanderen) i.s.m. Team V Architectuur (Jeroen van Schooten)
Hoofdconstructeur	Arcadis
Engineering	Arcadis Iv-Infra (UO)
Hoofdaannemer	Aannemingsmaatschappij VOBI bv
Levering balken	Spanbeton
Prefab Randelementen	Concrete Valley/Mbx

Door bij het ontwerp van de constructie rekening te houden met de toekomst, is een economisch en duurzaam ontwerp ontstaan.

HERGEBRUIK VAN WINDTURBINEBLADEN IN EEN VOETGANGERSBRUG

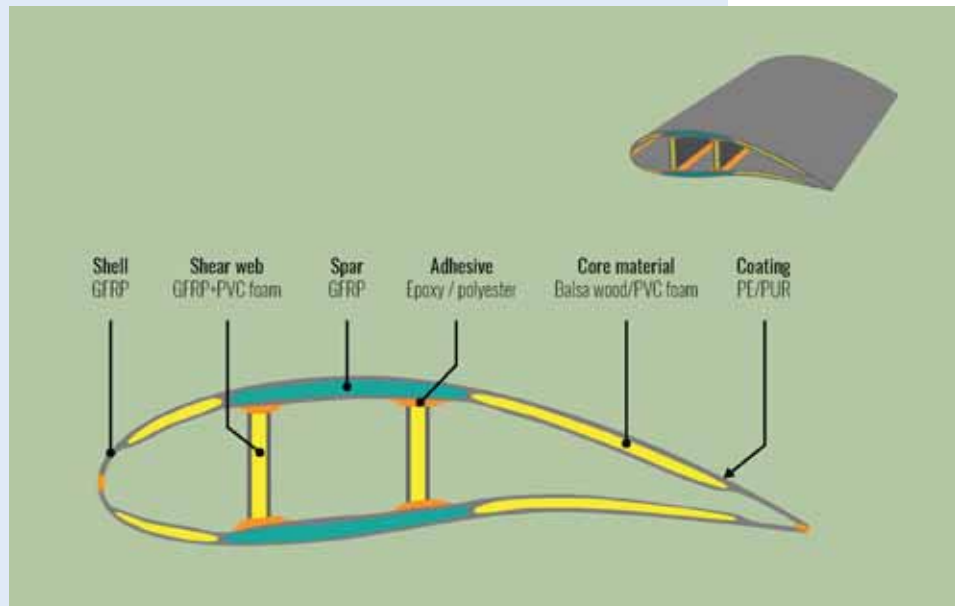
Stijn Speksnijder

Rotorbladen van windturbines bereiken na 20 tot 25 jaar het eind van hun economische levensduur. Deze bladen worden gemaakt van complexe composietmaterialen, die aan het eind van hun gebruiksduur een groot milieuprobleem vormen. Voor deze materialen bestaan op het moment zeer weinig goede end-of-life oplossingen. Industrieel ontwerper Stijn Speksnijder, afgestudeerd aan de TU Delft, ontwikkelde een brug voor voetgangers en fietsers, die wordt gedragen door bladen van windturbines – de Bridge of Blades.



First person

De komende jaren zal een enorme hoeveelheid materiaal van afgedankte windturbines beschikbaar komen. Veel van deze materialen kunnen goed gerecycled worden, maar dat geldt niet voor de rotorbladen. Die worden gemaakt van complexe, thermohardende composietmaterialen, die meestal bestaan uit combinaties van PVC schuim, balsa hout, glasvezel en epoxy. Verwacht wordt dat de hoeveelheid afval van windturbinebladen in 2050 wereldwijd zal zijn opgelopen tot tientallen miljoenen tonnen[1]. Deze materialen zijn niet meer te scheiden met conventionele methodes. Ze zijn vaak gedoemd om op de afvalstortplaats of in de verbrandingsoven te eindigen. Een huidige recyclingmethode is het gebruik van composietafval in de productie van cement. De hars wordt hierbij verbrand, waardoor een gedeelte van het composietmateriaal verloren gaat en de waarde van het materiaal sterk afneemt.



Doornede blad



Prototype

Een mogelijke oplossing van dit afvalprobleem is het versnipperen van de materialen waarvan de bladen zijn gemaakt en het toevoegen daarvan aan nieuwe composietmaterialen. Nadeel is dat de hoogwaardige kwaliteiten van het materiaal verloren gaan en dat er een aanzienlijke hoeveelheid nieuw materiaal nodig is. Dat maakt deze methode financieel onaantrekkelijk. Stijn Speksnijder geeft aan: “Ik vind het zonde dat er in de bestaande processen zoveel waarde verloren gaat. Daarom heb ik gezocht naar een vorm van hergebruik waarbij de gunstige eigenschappen van de bladen behouden blijven en worden benut.”

Zo ontstond het idee voor een fiets- en voetgangersbrug die grotendeels bestaat uit materialen die nu als end-of-life worden beschouwd: de Bridge of Blades (BoB). Bij deze brug worden windturbinebladen gebruikt in de draagconstructie.

In het ontwerp is het vorige leven van de brug duidelijk zichtbaar gemaakt. Twee windturbinebladen zijn over de gehele lengte van de brug geplaatst. De bladen zijn ten opzichte van elkaar 180 graden gedraaid. Hierdoor ontstaat een symmetrisch ontwerp en kunnen de spanningen goed verdeeld worden. Het ontwerp is speels, dynamisch en maakt duidelijk hoe ‘high-performance’ materialen kunnen worden hergebruikt in een commercieel interessante oplossing.

Gezien de schaal van het afvalprobleem van windturbinebladen, is het belangrijk dat er veel bladen kunnen worden verwerkt. Daarom moet er een schaalbaar ontwerp worden gerealiseerd, en niet een eenmalige ‘gimmick’.

Om dit mogelijk te maken moet er rekening worden gehouden met een aantal zaken.

De eis van een schaalbare oplossing heeft invloed op de vormgeving van het ontwerp. Eén van de doelen in dit project is om met zo min mogelijk aanpassingen maximaal gebruik te maken van de restwaarde van de bladen. Het vorige leven van de constructieve elementen mag daarbij duidelijk herkenbaar blijven. Tegelijkertijd moet het ontwerp in verschillende omgevingen passen en zijn functie als brug efficiënt vervullen. In de vormgeving zijn deze invloeden zorgvuldig afgewogen en is een ontwerp gemaakt dat niet als eenmalig ‘landmark’ zal dienen. Wel heeft de brug een interessante en opmerkelijke vorm, die vragen oproept bij de gebruiker. Daarnaast is het belangrijk dat het ontwerp voldoet aan alle relevante (EU) normeringen, zodat deze op veel soorten locaties mogelijk is (en ‘standaard’ kan worden toegepast). Op de bladen wordt een brugdek en een leuning geplaatst, zodat een veilige, comfortabele oversteek wordt geboden aan voetgangers, fietsers, rolstoelgebruikers en andere vormen van langzaam verkeergebruikers.

Bovendien moet het ontwerp enigszins modulaar zijn. Windturbinebladen bestaan in veel soorten en maten. Verschillen in formaat, doorsnedegeometrie, buiging over de lengte en torsie maken het lastig om een standaardontwerp te maken. De lengte van beschikbare bladen moet afgestemd worden met de benodigde overspanning en de bladen moeten verbonden worden aan het dek. De standaardisatie zit hem dus in het principe

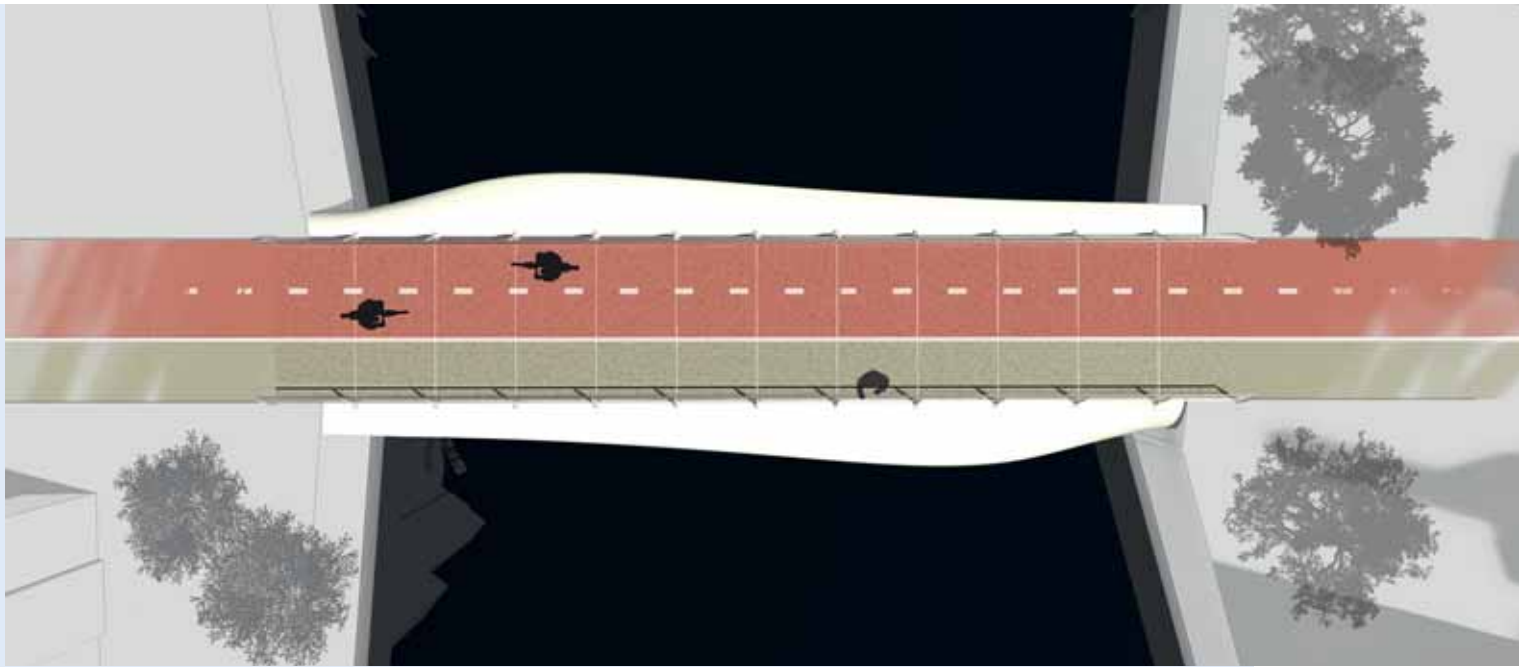
van de oplossingen, maar zal per type bladen en brugoverspanning aangepast zijn.

De toepassing van deze brug is een buitenkans om de laatste technologische ontwikkelingen op het gebied van hergebruik te tonen. Daarom worden de overige componenten – dek, leuning, verbindingen en fundering – zorgvuldig gekozen/ontworpen. Het doel is om een totaalontwerp te maken, waarbij zoveel mogelijk componenten worden gemaakt van hergebruikt materiaal. Omdat het ontwerp zich nog in de conceptfase bevindt, zijn er nog een aantal deeloplossingen in de constructie die om een oplossing vragen.

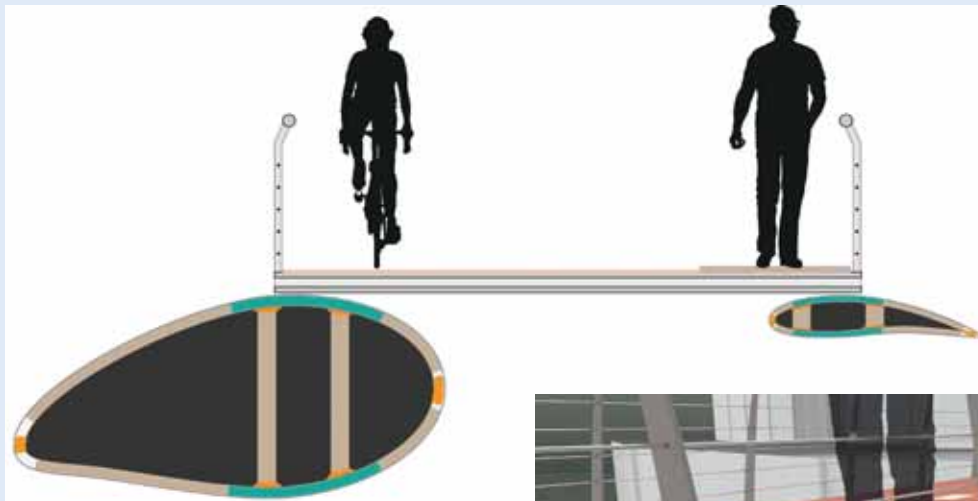
Binnen de kaders van Stijns’ afstudeerproject zijn deze deeloplossingen nog niet in detail vastgelegd.

Enkele Nederlandse gemeenten hebben al interesse getoond in het conceptontwerp. Om het ontwerp uit te kunnen voeren, werkt Stijn samen met Liesbeth Tromp van Royal HaskoningDHV en Ben Drogts van BiinC. “Als team werken wij samen verder aan de business case en de engineering, zodat een commercieel aantrekkelijke brug gerealiseerd kan worden”, geeft Stijn aan, “want het economische aspect is minstens zo belangrijk als de techniek om tot een groot aantal gerealiseerde BoB’s te komen!”

Een toepassing voor deze brug zal in eerste instantie gevonden worden in Nederland. Deze eerste (twee tot drie) bruggen, met een overspanning van ongeveer 20 meter, zullen dienen als functionele brug en als proof-of-concept. Bij de ontwikkeling van deze eerste



Bovenaanzicht



Doorsnede brug

Close-up verbinding



bruggen worden de productiemogelijkheden voor grote aantallen in acht genomen. Zo kan het ontwerp na de proof-of-concept direct op grote schaal geproduceerd worden en concurreren met de markt. Om deze ambitie te realiseren staat het team open voor mogelijke partners/opdrachtgevers.

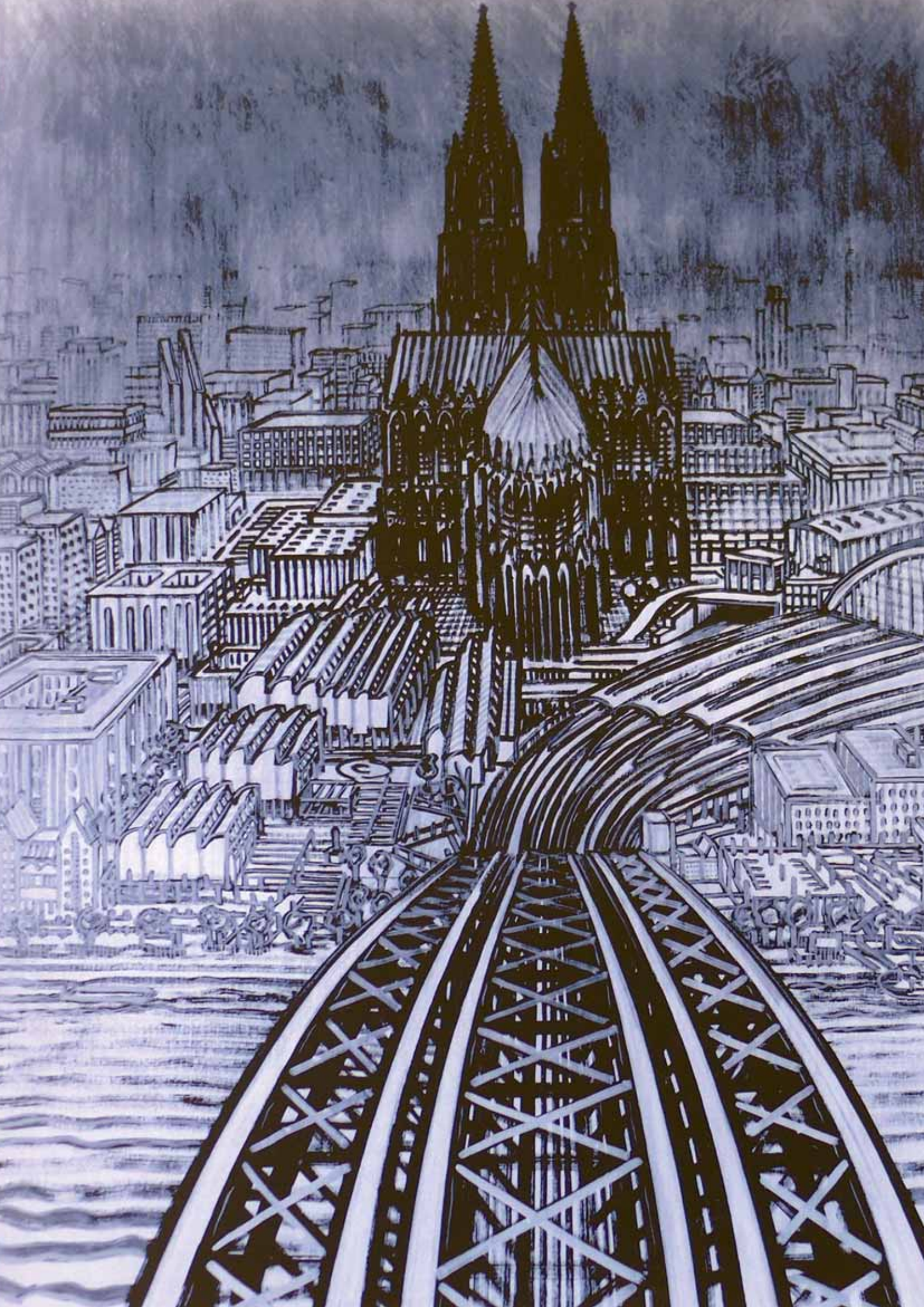
Met dit project wordt niet alleen een praktische brug ontwikkeld die een belangrijk afvalprobleem oplost, deze wordt ook zo

ontworpen dat toekomstige problemen worden voorkomen. Het onorthodoxe ontwerp van de brug is bovendien bedoeld om het debat over materiaalgebruik in de toekomst te stimuleren.

Literatuur

[1] Liu, P. & Barlow, C. (2017). Wind turbine blade waste in 2050. Waste management 62, 229-240.

Het concept van de BoB is het resultaat van het afstudeerproject van Stijn Speksnijder voor de master Integrated Product Design aan de TU Delft. De opdracht kwam voort uit een EU project, genaamd Ecobulk. Dit initiatief bestaat uit meerdere bedrijven en organisaties, waaronder de TU Delft, met als doel om 'de cirkel te sluiten' voor composietproducten. Het doel van het afstudeerproject was om een oplossing te vinden voor het afvalprobleem van windturbinebladen gemaakt van composietmaterialen. Belangrijk bij het behalen van dit doel was om een ontwerp te maken dat de hoogwaardige materiaalkwaliteiten behoudt.



EEN KEULSE BRUG MET SLOTEN TUSSEN KEIZERS

Michel Bakker

De Hohenzollernbrücke is een imposante spoorbrug over de Rijn in de Duitse stad Keulen. Met dagelijks meer dan 1200 passages is het één van de drukste spoorwegbruggen van Europa. Wanneer een reiziger het centrum per trein inrijdt, lijkt het wel of hij het koor van de Dom zal binnenrollen. Het Hauptbahnhof staat vlakbij het westelijke einde van de brug. De Nederlandse kunstenaar Jeroen Henneman legde het op een groot schilderij vast.

← 1 Köln, giclée (basis is een groot schilderij), 2000, Jeroen Henneman, uit de serie Köln, Kassel, Torino, New York, Amsterdam, Brussel / Bruxelles, 80 cm x 65 cm, oplage 50, druk Bernard Ruijgrok, uitgave Parc Editions.

→ 2 Hohenzollernbrücke (zuidzijde) destijds. Ansichtkaart (verstuurd 1912), van de Keulse kaartenfirma Ed. Becker.





3 Hohenzollernbrücke vandaag. Foto © Raimond Spekking.

DE BRUG

Tussen 1955 en 1959 werd op de plaats van de latere Hohenzollernbrücke al een brug gebouwd: de Dombrücke, die vanwege zijn kooiachtige uiterlijk bij Keulenaars in hun dialect bekend stond als Muusfall (muizenval). Aan het begin van de twintigste eeuw kon deze brug het steeds toenemend verkeer niet meer aan. Aldus werden plannen voor vervanging gemaakt. Dit begon onder de president van het Directoraat Keulse Spoorwegen, Paul von Breitenbach. Zijn opvolger Rudolf Schmidt startte het voorbereidende werk in 1906. De eigenlijke bouw van de Hohenzollernbrücke vond plaats tussen 1907 en 1911. Spoorwegingenieur Fritz Beermann had de supervisie en Friedrich Dirksen werkte de plannen verder uit.

Deze eerste 'Hohenzollern' leek in vorm en constructie sterk op de huidige, maar werd toen aangelegd als een gecombineerde spoor- en verkeersbrug. De huidige brug is uitsluitend nog spoorbrug met aan weerszij-

den een voet- en fietspad. Omdat de brug zo dicht bij de Dom lag, vond men dat er passende architectuur aan moest worden toegevoegd. De destijds beroemde Duitse architect Franz Schwechten (1841-1924) ontwierp in een wat neo-romaanse stijl de toegangsgebouwen met grote torens; ook op de pijlers kwamen torens, weliswaar wat kleiner. De oude kathedraalbrug – de Muusfall – had al aan elke oever een ruitersstandbeeld: Friedrich Wilhelm IV van Pruisen (beeldhouwer Gustav Blaeser) en keizer Wilhelm I (beeldhouwer Friedrich Drake). Deze twee kwamen bij de Hohenzollernbrücke aan de Deutzeroever te staan (rechteroever). Louis Tuillon kreeg de opdracht twee nieuwe ruitersstandbeelden te maken: Friedrich III van Pruisen en bij leven keizer Wilhelm II. Deze twee vorsten kwamen aan de linkeroever te staan. Vier telgen uit het huis Hohenzollern bewaken aldus de brug, ook nu nog. Keizer Wilhelm II was overigens bij de openingsplechtigheid op 22 mei 1911 zelf aanwezig.

De brug overleefde nagenoeg ongeschonden de bombardementen op Keulen in de Tweede Wereldoorlog, maar toen echter geallieerde troepen de brug naderden, bliezen genie-soldaten van de Wehrmacht de brug op 6 maart 1945 op. Na de oorlog werd tussen de overgebleven brugpijlers een noodbrug geplaatst. Men begon echter al snel met de herbouw van de brug. Eerst werden twee van de drie bruggdelen herbouwd. De eerste tussen 1946 en 1948, de tweede tussen 1956 en 1959. Het zuidelijke deel, dat als verkeersweg gebruikt werd, liet men achterwege. Pas in de jaren 80 kwam het derde deel gereed, maar dan als toegevoegd aan de noordzijde; met name gebruikt door de S-Bahn. Bij de eerste Hohenzollernbrücke lag de middelste overbrugging in lijn met de as van de dom; nu is dat de zuidelijke overbrugging.

Delen van de verwoeste Hohenzollernbrücke belandden in Duisburg waar ze gebruikt werden voor de wederopbouw van de Karl-Lehrbrug aldaar.



4 Een wand van slotjes. Foto © Reinder Hummel.



5 Ruitersandbeeld Friedrich Wilhelm IV van Pruisen. Foto © Superbass.

We kunnen de huidige zes-sporige brug omschrijven als een overbrugging van driemaal drie vakwerkboogbruggen.

De totale lengte belooft ongeveer 410 meter. De bogen aan de westelijke oever: 118,88 meter, de middelste 167,75 meter en die aan de oostelijke oever 122,56 meter. Totale breedte: 29,5 meter.

Bij een bezoek aan de brug valt het op dat de hekken tussen de voetpaden en het spoor vol hangen met kleine sloten. Geliefden bevestigen deze slotjes ter bevestiging of bestendiging van hun band; de sleuteltjes gooien ze daarna in de Rijn. In 2015 schatte men het aantal al op 500.000. De gewoonte is mogelijk uit Italië overgewaaid. Sommigen zien het ook als een soort moderne ex-voto om een gunstige ontwikkeling af te smeken. De Duitse spoorwegen gedogen de gewoonte mits het de statica niet in gevaar gaat brengen.

De kunstenaar Jeroen Henneman (Haarlem, 1942) is één van de bekendste, levende Nederlandse kunstenaars. Hij is actief als schilder, tekenaar, graficus, beeldhouwer en toneelschrijver. Hij studeerde van 1959 tot 1961 aan het Instituut voor Kunstnijverheid in Amsterdam, later aan de Rijksnormaalschool voor Teekenonderwijzers (1963) aldaar en vervolgens aan het Hoger Instituut voor Schone Kunsten te Antwerpen (1964). In 1966 vond zijn eerste expositie plaats. Zijn bekendste werk als beeldhouwer is misschien wel 'De Schreeuw', het monument voor Theo van Gogh, dat in 2007 in het Amsterdamse Oosterpark werd onthuld. Een ander bekend werk is een portret van Beatrix en 'De Kus' (2002) in

Apeldoorn, het huwelijkscadeau van de gemeente aan Willem-Alexander en Maxima. Henneman: "Ik ben een lijnenman (...) een fantastische uitvinding, de lijn." Zijn sculpturen noemt hij ook 'staande tekeningen', een soort in staal vertaalde lijntekeningen. Iets van deze fascinatie voor de lijn, met een nader accent op contour en ritme, komt ook tot uitdrukking in de weergave van de Keulse Hohenzollernbrücke. Jeroen Henneman woont en werkt in Amsterdam. Met dank aan Jan Arends, Jeroen Henneman, Olga van der Klooster, Olga Minkema en Ernest van de Wiel.

Bronnen:

Hekker, P. Smulders, Actuele Grafiek, uitgave van Stichting Arcaopteryx Lithographica, Amsterdam 2010.
H.-W. Scharf, Eisenbahn-Rheinbrücken in Deutschland, Freiburg 2003, pp. 220 – 242.
L. Hammer, 'Köln, die Hohenzollernbrücke und die deutsche Brückenarchitektur der Kaiserzeit', in: Stadtsuren – Denkmäler in Köln., deel 25, Köln 1997.

www.jeroenhenneman.com



6 Zicht op de brug vanaf de vieringstoren van de Keulse dom. Te zien is dat nu de zuidelijke drie vakwerkboogbruggen in de lijn van de middenas van de dom liggen. Foto © Raimond Spekking.



Bruggenstichting Young (BY) is opgericht door en voor studenten en young professionals met als doel hun netwerk en kennis te vergroten. Door middel van verschillende activiteiten biedt BY de mogelijkheid om op de hoogte te blijven van de laatste innovaties en in contact te komen met mede-bruggenbouwers/enthousiastelingen. Hiermee wil het de bindende factor vormen voor alle starters in de bruggenbouw.



BY | ARTHUR BLANKENSPoor



BY | RENÉ HEIDEVELD



BY | THIJSen JASPERS FOCKS



BY | MARIA SELKOU



BY | PETER VIJN

De jongerenafdeling biedt de mogelijkheid voor afgestudeerden om hun afstudeerwerk te promoten. Zo blijf je op de hoogte van interessante innovaties op het gebied van bruggenbouw en krijgt aanstormend talent de kans om in contact te komen met mensen in het vakgebied.

In de toekomst hoopt BY zich ook op een nog jongere generatie te richten: de scholieren. Wij zijn ons er van bewust dat de bouw niet altijd even sexy overkomt bij scholieren, iets wat naar onze mening enorm jammer en bezijden de waarheid is. Door de schooljeugd vroegtijdig kennis te laten maken met de bouw hopen wij dit beeld te veranderen.

Ben je geïnteresseerd en wil je deel uitmaken van dit platform? Schrijf je dan in als begunstiger en houd de website en LinkedIn in de gaten!

Bruggenstichting Young is in 2019 van start gegaan en wordt met veel enthousiasme geleid door de onderstaande bruggenbouwers, die zich graag voorstellen.

ARTHUR BLANKENSPoor

afgestudeerd aan de TU Delft (2017) in de master-richting Building Technology.

Mijn afstuderen omvat het architectonisch ontwerp én de constructieve haalbaarheid van een brug.

Sinds 2018 werk ik bij het ingenieursbureau Royal HaskoningDHV in de functie van 'architectural engineer'. Daarbij focus ik mij op digitalisatie en maak ik gebruik van parametrische ontwerptools om sneller te kunnen itereren, preciezer te werken, maar ook om het architectonisch ontwerp direct te koppelen aan bijvoorbeeld FEM rekensoftware.

De mooiste brug is voor mij een brug waar architectuur en constructie samenkomen en elkaar versterken. Sterker nog: daar waar de constructie tegelijk de architectuur is. Daarvan zijn meerdere voorbeelden maar een noemenswaardige vind ik de Ganterbrücke in Zwitserland.

Via het jongerenplatform hoop ik mijn enthousiasme nog verder te versterken, te delen en over te brengen op anderen!

RENÉ HEIDEVELD

31 jaar, in 2012 ben ik afgestudeerd op Civiele Techniek aan Hogeschool Windesheim te Zwolle. Na mijn studie ben ik werkzaam als inspecteur/adviseur beheer en onderhoud van bruggen, sinds 2017 bij Ingenieursbureau Westenberg waar ik de functie van senior inspecteur/adviseur vervul.

Met mijn constructieve achtergrond vanuit mijn studie vind ik het leuk om bezig te zijn met constructieve veiligheid van bruggen en de technische onderzoeken die daarbij komen kijken. Ook het inspecteren van bruggen doe ik graag, het liefst zo groot mogelijk.

Ik blijf graag op de hoogte van de laatste innovaties op het gebied van beheer en onderhoud van bruggen. Hierbij kan gedacht worden aan nieuwe inspectiehulpmiddelen of nieuwe ontwikkelingen rondom de aankomende vervangingsopgave, met de nadruk op levensduurverlenging.

Op dit moment houd ik me vooral bezig met de programmeringsinspecties van Rijkswaterstaat binnen het contract van Instandhoudingsadvisering Kunstwerken (IAK) 2020-B (beweegbare objecten). Mijn favoriete brug is de John Frostbrug in Arnhem, een oeververbinding met veel geschiedenis. Enkele jaren geleden heb ik het betonnen dek van deze brug mogen onderzoeken en herberekenen.

THIJMEN JASPERS FOCKS

25 jaar. Begin 2019 ben ik afgestudeerd op Civiele Techniek in Delft. Sinds kort werk ik bij Antea Group als constructeur kunstwerken.

Hier combineer ik mijn achtergrond in de informatica met opleiding civiel om ontwerpen te parametriseren en verschillende aspecten te optimaliseren.

Hedendaagse uitdagingen zijn de renovatie-opdracht voor vele kunstwerken die aan het eind van hun levensduur zijn of het verduurzamen van nieuwe bruggen. Daarnaast moeten we vormgeven aan de toepassing van allerlei innovaties zoals parametrisch ontwerpen en modulair bouwen. Dit zijn veelbelovende methodes, die al wel toepasbaar zijn, maar nog lang niet volledig geïntegreerd in de huidige ontwerpprocessen. Kortom, ik zie veel uitdagingen waaraan Bruggenstichting Young een mooie bijdrage kan leveren!

MARIA SELKOU

afgestudeerd aan Technische Universiteit in Athene, mijn geboortestad. Mijn opleiding bij de Technische Universiteit in Delft heeft mij de fundamentele ontwerpvaardigheden en architectonisch-ruimtelijke perceptie gegeven om architectonische problemen op te lossen en ontwerpen te maken die de integratie met de omgeving opzoeken. Bruggen zijn voor mij fascinerend en uitdagend, omdat ze architectuur en engineering samenbrengen.

Ontwerpen vertaal ik in mijn werk (bij Zwart & Jansma Architects) naar een digitale omgeving via parametrisch ontwerp, een innovatief systeem dat het ontwerpproces slimmer en efficiënter maakt. Het ontwerpen van bruggen is één van mijn passies in mijn werk.

Daarmee zou ik graag willen bijdragen aan de verrijking van de identiteit en het karakter van de leefomgeving.

PETER VIJN

25 jaar, op dit moment afstuderend aan de TU Delft. Mijn onderzoek is gericht op een spoorbrug van vezelversterkte kunststof. Hoewel de bouw niet in de familie zit, heeft de bouw mij van jongs af aan al geboid en mijn studiekeuze voor Civiele Techniek bepaald, waar ik in aanraking kwam met de bruggenbouw. Het was duidelijk: dit ambacht wordt mijn vakgebied.

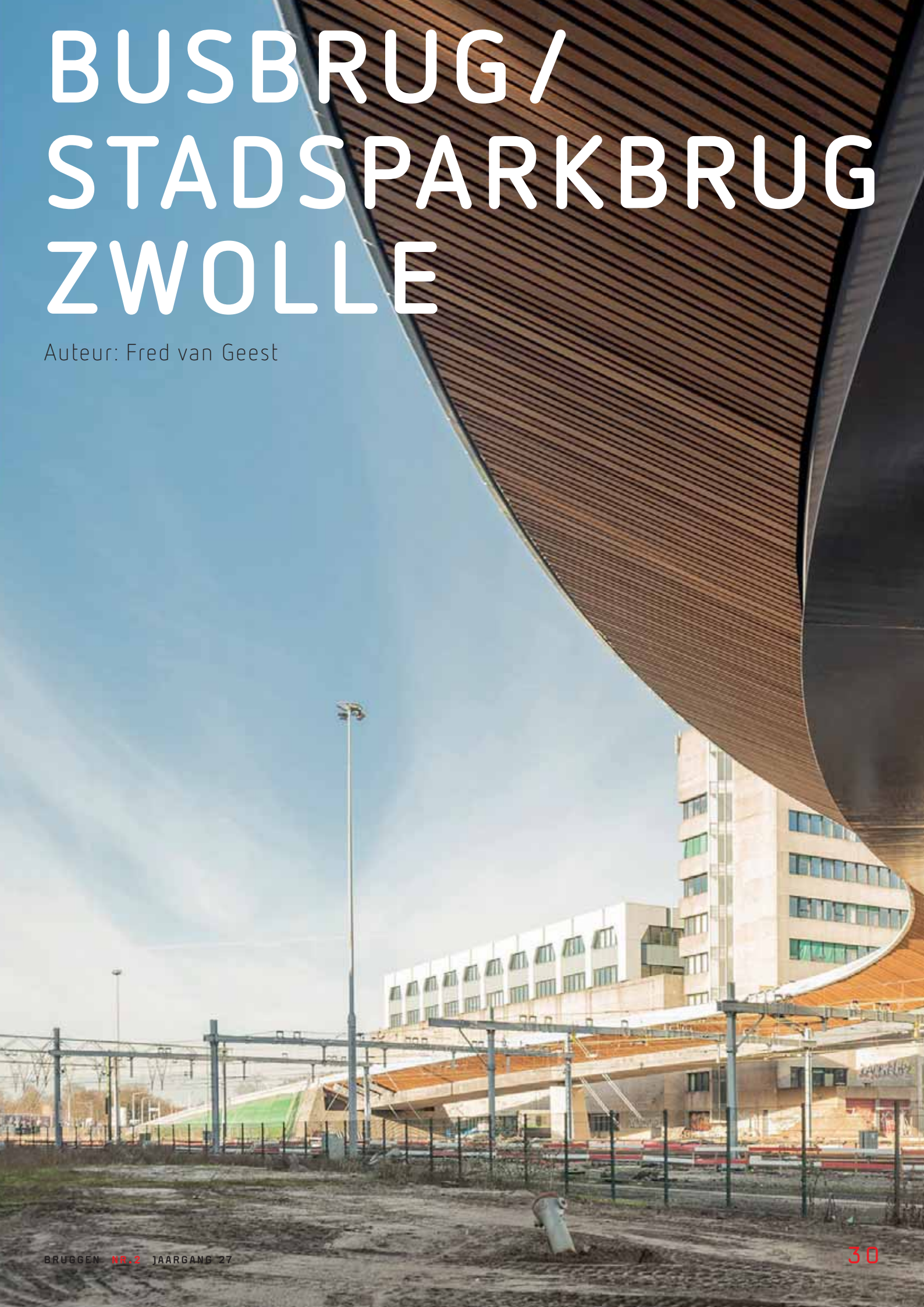
Echt een favoriete brug heb ik niet, maar als ik een brug zou moeten kiezen, dan is het brug van Millau in Frankrijk. Tijdens een documentaire over deze brug is mijn enthousiasme voor bruggen namelijk pas echt begonnen.

Helaas merkte ik dat het moeilijk is met mede-bruggenbouwers contact te leggen, met name de studerende en de young professionals binnen het vakgebied. Gelukkig biedt de Bruggenstichting nu een platform om deze mede-bruggenbouwers te vinden.

De eerstvolgende activiteit, een rondleiding in de Erasmusbrug, staat gepland voor september 2019.

BUSBRUG/ STADSPARKBRUG ZWOLLE

Auteur: Fred van Geest





Op 17 februari jl. zijn bij station Zwolle de busbrug en het nieuwe busstation in gebruik genomen. Bussen kunnen dan over het S-vormige viaduct in een vloeiende lijn het spoor overbruggen tussen het nieuwe busplatform aan de zuidzijde van het treinstation en de nieuwe westelijke hoofdroute voor openbaar vervoer. Daarbij hebben passagiers optimaal uitzicht over het spoor en de directe omgeving. Dankzij de heldere, ingetogen vormgeving, het materiaalgebruik en de natuurlijke inpassing, draagt het viaduct op maaiveldniveau bij aan een prettige openbare ruimte.

Het totale tracé van een kleine 500 meter bestaat voor 245 m uit een viaduct op steunpunten en verder uit grondlichamen. Het brugdek slingert als een overkapping over het spoor en de naastgelegen groenzone, het stadspark. Hoogwaardige bamboebekleding

aan de onderzijde van het dek vormt als het ware een houten plafond, waarmee het viaduct de uitstraling van een stadsparkbrug krijgt. Samen met de S-vorm geeft het het viaduct bovendien een eigen karakter.



S-vormige, grijze kokerligger

SLANK EN DYNAMISCH

Het programma van eisen was heel dwingend: de hellingbanen en het S-vormige tracé lagen vrijwel volledig vast. Daardoor kon eigenlijk alleen een kokerligger als hoofdconstructie gekozen worden, een kokervormige hoofdligger met een eenvoudig gevormd, uitkragend randelement.

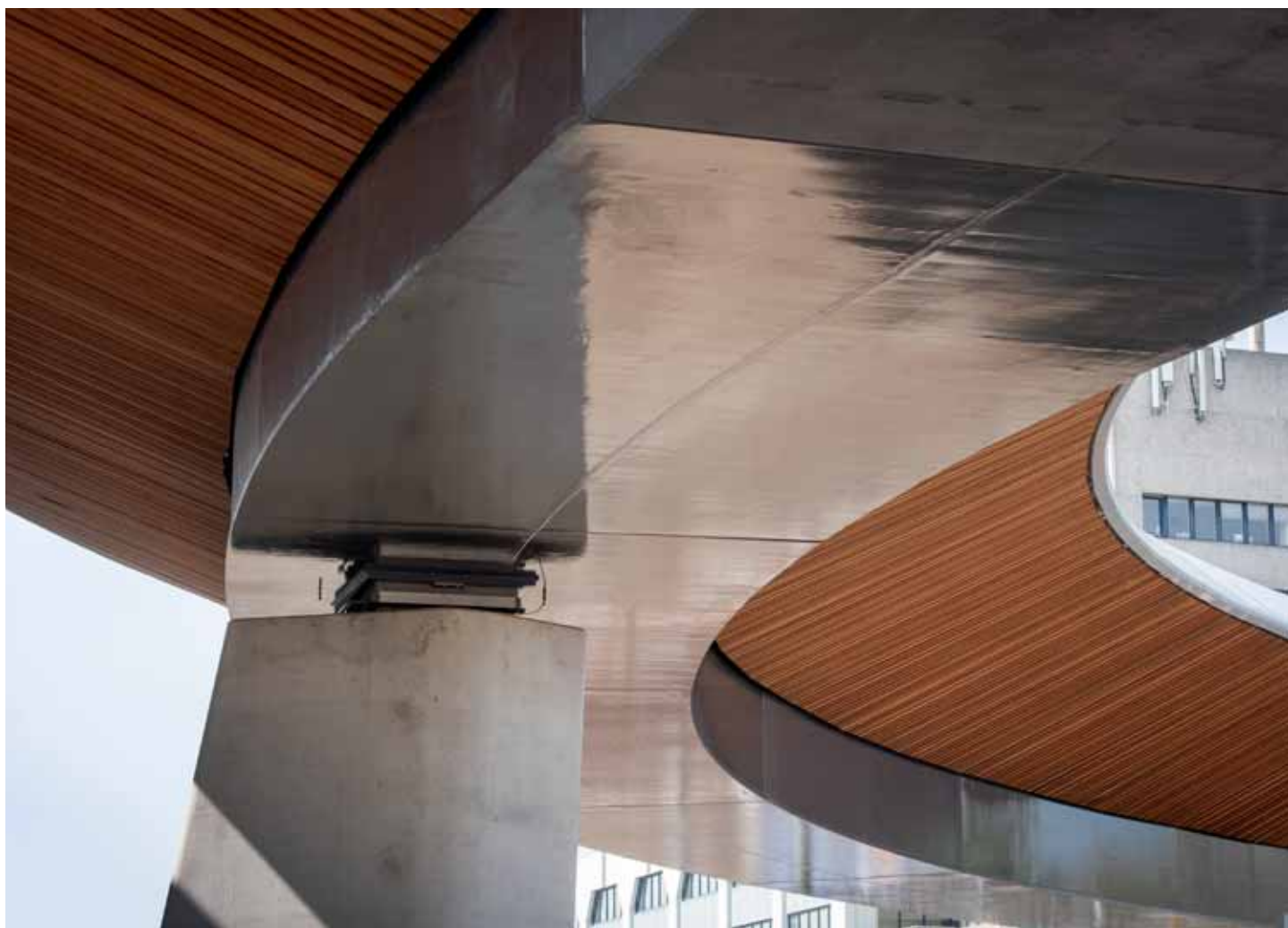
Het geheel is verdeeld in drie horizontale lijnen, wat zorgt voor een luchtig eindbeeld:

onderaan de donkergrijze stalen kokerligger, daarboven de houten lamellen en tot slot de slanke, lichte lijn van het randelement.

De pijlers zijn excentrisch geplaatst aan weerszijden van het spoor. Om de dynamiek van het viaduct te versterken, zijn ze zo vormgegeven dat ze schuin lijken te staan met de bocht van de brug mee. Verder zijn de vlakken van de pijlers afgeschuind en de hoeken afgerond, waardoor ze slanker ogen en aan-

sluiten op de vormgeving van het brugdek. In de brugrand zijn verschillende voorzieningen geïntegreerd: de verlichting voor de rijbanen, maar ook voertuigkering, afscherming van de bovenleiding, hemelwaterafvoer en geluidswering.

De vlakken van de pijlers afgeschuind en de hoeken afgerond, waardoor ze slanker ogen en aansluiten op de vormgeving van het brugdek



Excentrische oplegging onder koker

CONSTRUCTIE EN UITVOERING

De stalen hoofdoverspanning en de betonnen aanbruggen zijn aan elkaar vast gestort. Zo vormt de hoofdkoker zowel constructief als esthetisch één geheel. Zoals vermeld, staan de pijlers niet centraal onder de hoofdligger, maar excentrisch. De lengte van de hoofdoverspanning kon hierdoor worden verkleind. Dat de brug vervolgens ook maar op één oplegblok per pijler ligt in plaats van de gebruikelijke twee, geeft een luchtig beeld, haast alsof de brug los op de steunpunten ligt. Dit was mogelijk door gebruik te maken van de torsiestijve koker, die we toch al nodig was om de S-vormige hoofdoverspanning te realiseren.

De bouw duurde anderhalf jaar. Vooral de plaatsing van het 110 meter lange brugdeel boven het spoor was een complexe operatie die veel bekijks trok.



PROJECTGEGEVENS

BUSBRUG STATION ZWOLLE (2019)	
Opdrachtgever	ProRail – Gemeente Zwolle
Vormgever	ipv Delft, Gerhard Nijenhuis, Ronald Rozemeijer en Joris Veerman
Engineering	BAM Infraconsult, Tristan Wolvekamp
staalconstructie	Victor Buyck (B), Simon Roelofs
uitvoering	BAM Infra



Voorzieningen in brugrand

BRIDGE TECHNIEK

DE BRUG TUSSEN WERKGEVERS
EN WERKNEMERS



Wij leveren vakmensen met kennis van bruggen & sluisen

Plaza 24D | 4782 SK Moerdijk | (078) 629 55 36 | info@bridgebv.com | www.bridgebv.com

Raad van Advies

ARUP



ProRail



DISSERTATIE JORIS SMITS THE ART OF BRIDGE DESIGN

Auteur: Pieter Spits



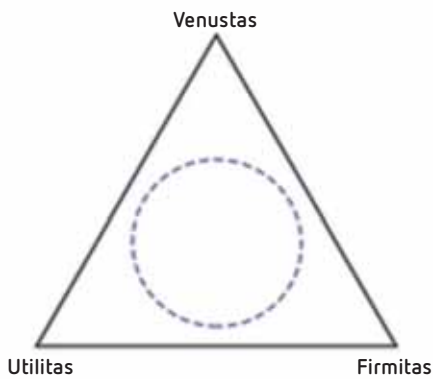
dr. ir. Joris Smits

Op 7 mei 2019 heeft Joris Smits aan de TU Delft met succes zijn dissertatie verdedigd die de titel draagt The Art of Bridge Design. Smits is werkzaam als brugontwerper bij Royal HaskoningDHV en als universitair hoofddocent Bridge Design aan de TU Delft, aan de Faculteiten Bouwkunde en Civiele Techniek. Tijdens de bijeenkomst hield hij voorafgaand aan de promotie een zogenaamd 'lekenpraatje' waarin hij zijn visie op het onderwerp weergaf, geïllustreerd met aansprekende beelden van bruggen. Aan die voordracht ontleen wij de volgende tekst. De dissertatie is verschenen zowel in boekvorm als online (zie het eind van dit artikel).

Iedere beschaving gedijt bij goede infrastructuur,
dat was in de oudheid niet anders dan nu.



1 De (herbouwde) brug bij Mostar is het levende bewijs dat een brug ook een sterke culturele en emotionele waarde heeft



2 De bouwmeester van de oudheid was architect en ingenieur in één. Vitruvius leerde ons dat een bouwwerk pas waardevol is als schoonheid, nut en degelijkheid met elkaar in balans zijn

DE VROEGE TIJD

Iedere beschaving gedijt bij goede infrastructuur, dat was in de oudheid niet anders dan nu. De expansie van het Romeinse rijk vroeg om wegen, en wegen kunnen niet zonder

bruggen. De Romeinen bouwden bruggen en waren daar knap in. Binnen 10 dagen een militaire brug over de Rijn bouwen is niet niks! Maar ook de meer permanente bruggen en waterwerken van Rome, zodanig ontworpen dat er bij belasting hoofdzakelijk drukkrachten optraden, zijn een indrukwekkend staaltje vakmanschap. Opvallend is dat tal van Romeinse bruggen nog altijd overeind staan. Zouden ze er niet meer zijn dan zouden we ze missen omdat ze onlosmakelijk met het landschap verbonden zijn; brug en landschap passen bij elkaar. Als beeld op ons netvlies zijn bruggen niet weg te denken. De kracht van het beeld, noemde Joris dat. In ons collectief geheugen kun je zeggen ‘bruggen zijn van ons allemaal’, mede omdat we er allemaal aan meebetalen. De symbolische en emotionele waarde van een brug voor de gemeenschap wordt duidelijk wanneer een brug wordt verwoest, denk aan

de brug in Mostar (foto 1) die een op een is herbouwd na de Balkanoorlog. Van recente datum is de brug in Genua.

Oorspronkelijk was het de bouwmeester die architect en constructeur in een persoon verenigde. De bekendste bouwmeester uit de oudheid, Vitruvius, beschreef de bekende driehoeksverhouding tussen schoonheid, stevigheid en bruikbaarheid, waarbinnen hij het evenwicht zocht (fig. 2). Het ontwerp-proces van bruggen is tegenwoordig te complex geworden om door een persoon te worden ingevuld, en kent veel bijkomende facetten, samenhangend met de opsplitsing in tal van disciplines.

VERANDERINGEN

De kentering van bouwmeester naar bouwteam vond plaats in 1794, wanneer in Parijs de Ecole Polytechnique wordt opgericht,



3 De Salginatobelbrücke in Zwitserland; Robert Maillart had als begenadigd brugontwerper een goed ontwikkeld gevoel voor schoonheid

daar vindt de huidige constructeur zijn oorsprong. Aanvankelijk met een militaire insteek. Enkele jaren later volgt de Ecole des Beaux Arts, waar architecten worden opgeleid. In de eeuwen daarna zijn goede voorbeelden te noemen van begenadigde constructeurs met een goed ontwikkeld gevoel voor esthetiek, zoals Gustave Eiffel die het Gabarit viaduct ontwierp in Ruynes-en-Margeride (1884), of uit een latere periode de Zwitser Robert Maillart, onder meer vanwege de in gewapend beton uitgevoerde brug over het Salginadal bij Schiers (foto 3) uit 1929/30. In de naoorlogse periode was de bouwopgave groot maar lag het geld niet voor het oprapen. Dat vertaalde zich in utilitaire, goedkope en vaak lompe constructies. Van de ongeveer 40.000 bruggen die Nederland momenteel telt, is de helft van voor 1970. Dat die bruggen onderhoud nodig hebben, behoeft geen nadere toelichting. Het is wel de vraag hoe dit wordt aangepakt. In Nederland is er sinds de jaren 90 van de vorige eeuw weer volop aandacht voor de esthetische kant van het brugontwerpen, denk aan de Erasmusbrug in Rotterdam die het vormen van een verbinding tussen twee oevers ver overstijgt.

SEGREGATIE VAN KENNIS

In de huidige tijd zijn kennisinstituten steeds meer monodisciplinair gericht, en niet meer in staat om goede allround ontwerpers op te

leiden. De scheiding van esthetisch en constructief ontwerp is voor de bruggenbouw een groot gemis. Sinds de jaren '90 van de vorige eeuw is het werk van brugontwerpers complexer geworden. Naast constructeurs en werktuigbouwkundigen spelen ook stedenbouwers en landschapsarchitecten hun rol. Daarnaast speelt mee dat door het aanbestedingsbeleid van de overheden, de ontwerpogave steeds meer versnipperd is geraakt. Het gevolg van deze trends is een segregatie van kennis en een gebrek aan cohesie in het ontwerpproces. Was het tot circa 20 jaar geleden de overheid die een ontwerp maakte, het bestek schreef, dit openbaar aanbesteedde en uit de inschrijvingen het werk gunde aan één van de inschrijvers. Nu is dat heel anders, denk aan design en construct: een opdrachtgever vraagt bijvoorbeeld vijf aannemers een brug te realiseren. Al die aannemers moeten een esthetisch en constructief ontwerp laten maken, alle

randvoorwaarden moeten worden meegenomen, van bouwtijd, bouwmethode tot en met de prijsopgave. Uit die vijf gaat de opdrachtgever een keuze maken en daarvoor is eveneens 'hulp' van buitenaf nodig, omdat vakinhoudelijke kennis en kunde binnen de overheid nog nauwelijks aanwezig is.

Kenmerkend voor een goed brugontwerp is dat het zich afspeelt over drie schaalniveaus:

- stedenbouwkundig en landschappelijk, de inpassing in de omgeving;
- de typologie van het object zelf (architectuur en hoofdconstructie);
- detaillering en materialisering (denk aan nieuwe materialen zoals kunststoffen).

In zijn dissertatie pleit Smits voor de herintroductie van ontwerpintegrator, de man of vrouw die op grond van kennis en ervaring de kwaliteit van het ontwerp over alle drie de schaalniveaus moet bewaken en de juiste beslissingen kan nemen voor het

Om de introductie van de ontwerpintegrator een kans van slagen te geven moet er binnen het onderwijs alles aan gedaan worden om deze mensen goed op te leiden.



↑ 4 Het in beton 'gestolde' krachtspel van de Navelbruggen in Getsewoud.
Ontwerp: Joris Smits

→ 5 De Nelson Mandelabrug in Alkmaar is met het 22,5 m lange val nog steeds de langste beweegbare verkeersbrug te wereld in composiet. De gewichtsbesparing van 50% maakte compacte contragewichten mogelijk.
Ontwerp: Joris Smits

gehele proces. Ideaal zou zijn de combinatie van disciplines. Om de introductie van de ontwerpintegrator een kans van slagen te geven moet er binnen het onderwijs alles aan gedaan worden om deze mensen goed op te leiden. Dat is de leeropdracht van nu en van de komende jaren, voor een vak om van te watertanden! Een leeropdracht met toekomst, aldus Joris Smits.



Joris Smits, The Art of Bridge Design, 212 blz., ISBN 978-94-6366-164-5 uitgever TU Delft Open.



BRUGGEN

