

Nr.1 Jaargang 26
maart 2018

Bruggen

VOORDRACHTEN BRUGGENDAG 2018
THEMA: LANDMARKS

Inhoud



- 4 **THE YAMUNA BRIDGE IN NEW DELHI, INDIA**



- 10 **WAALBRUG NIJMEGEN
RENOVATIE VAN EEN
MONUMENT**



- 16 **DE BRIDGE DESIGN GROUP VAN
DE TU DELFT**



- 22 **ASSEMBLAGE EN INSTALLATIE
VAN DE SPOORBRUG UTARK**



- 30 **SPRONG OVER HET IJ**



- 36 **OMDAT HET NIET
ANDERS KON**

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, Frans Remery, Heico de Lange, Wils van Soldt en Pieter Spits.

BESTUUR

Jan de Boer, Cees Heiden, Bert Hesselink, Gert-Jan Luijendijk, Dick Schaafsma, Ton Schillemans, Joris Smits en Fred Westenberg (voorzitter).

RAAD VAN ADVIES

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

BRUGGEN

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.

Abonnement € 37,50 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 opgave van redenen worden geweigerd.

ADVERTENTIES

Heico de Lange (uitgever),
heico.de.lange@rws.nl of 088 – 7970 727

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

Artist Impression Yamuna tuibrug, New Delh

OMSLAGFOTO ACHTERZIJDE

Spoorbrug UtARK Utrecht

OPLAGE

1000

ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

Het eerste lustrum van de Bruggendag zit er op! En traditiegetrouw reiken wij de lezingen aan het eind van de bijeenkomst uit in de vorm van ons kwartaalblad *BRUGGEN*. Een eerste kennismaking? Wellicht aanleiding om u als begunstiger van de Bruggenstichting aan te melden en u verzekerd te weten van een driemaandelijke toezending van het blad met actuele onderwerpen op bruggenbouwgebied.

Nieuw op deze Bruggendag zijn de ontmoetingsplekken rond een bepaald thema. Mensen met ervaringen of vragen over een bepaald thema kunnen dan gegevens uitwisselen. Een leuk idee dat komende jaren navolging verdient.

Wat heeft ons het eerste kwartaal van dit jaar zoal beziggehouden op bruggengebied? Het plaatsen van de spoorbrug in Utrecht (zie artikel) was in ieder geval een hoogtepunt.

Beheer alsmede Onderhoud en Beheer blijven aandachtspunten om de mobiliteit van het (Rijks)wegennet op peil te houden.

Op bestuurlijk gebied blijft het verleggen van de aandacht van de Bruggenstichting naar onderwerpen voor en door arbeidsactieven actueel, met gepaste aandacht voor niet-actieven en archivering. Vrijwilligers zijn momenteel druk met het beoordelen van de teksten van het studieboek met als werktitel 'Basiskennis BRUGGEN voor het HBO', alhoewel de keuze tussen een digitale uitgave of een folio-uitgave nog niet is gemaakt. Wellicht is het uitvoeren van beide opties nog de beste oplossing. Daarnaast begint ook de publicatie over 'Bruggen over de Maas', van bron tot zee, vaste vormen aan te nemen. Volgend jaar staat deze uitgave op het programma, naar het zich laat aanzien in de vorm van een 'glossy'. Het Platform Fiets'Voetbruggen is een ander

voorbeeld van het midden in de huidige praktijk van de bruggenbouw staan. Mogelijkheden om ons tijdschrift en website te gebruiken als communicatiemogelijkheid met de praktijk worden onderzocht.

Verder zal de rol van de Bruggenstichting in het kader van de Bouwagenda (nationaal innovatieprogramma voor de bouwsector van Bouwend Nederland) ten aanzien van de kennisuitwisseling voor het Beheer en Onderhoud van bruggen in kleine gemeenten, meer worden ontwikkeld.

Samenvattend kunnen we constateren dat 2018 een belangrijk jaar wordt voor de Bruggenstichting.

Rectificatie

In het In Memoriam van Jan van den Hoonaard is een vervelende fout geslopen. Jan zou niet 78 jaar geworden zijn, maar 77 jaar! Onze excuses aan de nabestaanden.

In Memoriam Auke Kingma

Op 26 februari overleed op 84-jarige leeftijd ons oud bestuurslid Auke Kingma. (1933 – 2018)

Met zijn grote technische kennis en ervaring en zijn belangstelling voor historische ijzerconstruc-

ties leverde hij een waardevolle bijdrage aan het werk van de Nederlandse Bruggenstichting. Zo was hij een aantal jaren lid en een soort geestelijke vader van de werkgroep Stalen Bruggen. Auke maakte deel uit van het bestuur van de Nederlandse Bruggenstichting in de periode van

2001 tot 2009. Hij was in ons midden een man van weinig woorden, maar wat hij zei, sneed wel hout en vond dan ook gemakkelijk gehoor.

Met eerbied en waardering houden wij zijn naam in herinnering.

Tachtig bruggen en tunnels gaan groot onderhoud in: 'Grootste opgave ooit'

De komende tien jaar wordt een groot aantal tunnels en bruggen grondig gerenoveerd, duurzamer gemaakt en voorzien van de nieuwste technieken op het gebied van bediening en beveiliging. 'Het is de grootste opgave ooit in Nederland' zei minister Cora van Nieuwenhuizen van Infrastructuur en Waterstaat.

Tot 2028 heeft Rijkswaterstaat minstens tachtig objecten in het vizier die een opknabbeurt nodig hebben. Veel van de bruggen en tunnels zijn in de jaren 50 en 60

van de vorige eeuw gebouwd en nu aan groot onderhoud toe. Uitval en storingen leiden volgens de minister tot files, en daarmee tot economische schade. "Ik wil de files aanpakken. Daarvoor is het nodig dat we meer aandacht hebben voor het onderhoud van de bestaande bruggen en tunnels. Investeren in de bestaande infrastructuur is enorm effectief om de files terug te dringen."

ZUID-HOLLAND

De grootscheepse aanpak start in Zuid-Holland, de provincie met de meeste bruggen en tunnels. "Het gaat om vernieuwing en verjonging voor een langere periode", aldus de minister. Rijkswaterstaat gaat bij het vernieuwen van de tunnels en bruggen met standaard technieken werken. De Wantijbrug bij Dordrecht in de Randweg N3 krijgt als eerste een nieuw besturings- en bewakings-systeem. Het zal uitvoerig worden getest

waarna het ook op andere plekken kan worden gebruikt. Volgens Rijkswaterstaat hebben in Zuid-Holland acht grote bruggen, waaronder de Haringvlietbrug en de Van Brienenoordbrug als mede de Heinenoordtunnel, groot onderhoud nodig. De dienst zet er op in de hinder voor de weggebruikers zo veel mogelijk te beperken en gaat daarover in overleg met de provincie, de gemeenten, netwerkbeheerders en private partijen. "De winkel van bv Nederland moet wel openblijven", zei de minister. Vanaf 2020 trekt Van Nieuwenhuizen jaarlijks 350 miljoen euro uit voor de opknabbeurt in plaats van de huidige 150 miljoen euro per jaar. Voor veertig bruggen en tunnels lopen er momenteel projecten. Later dit jaar neemt ze een besluit over de volgorde van aanpak van de andere veertig objecten.

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 € 37,50 (incl. BTW) en voor bedrijven en instellingen vanaf € 130,- per jaar (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.



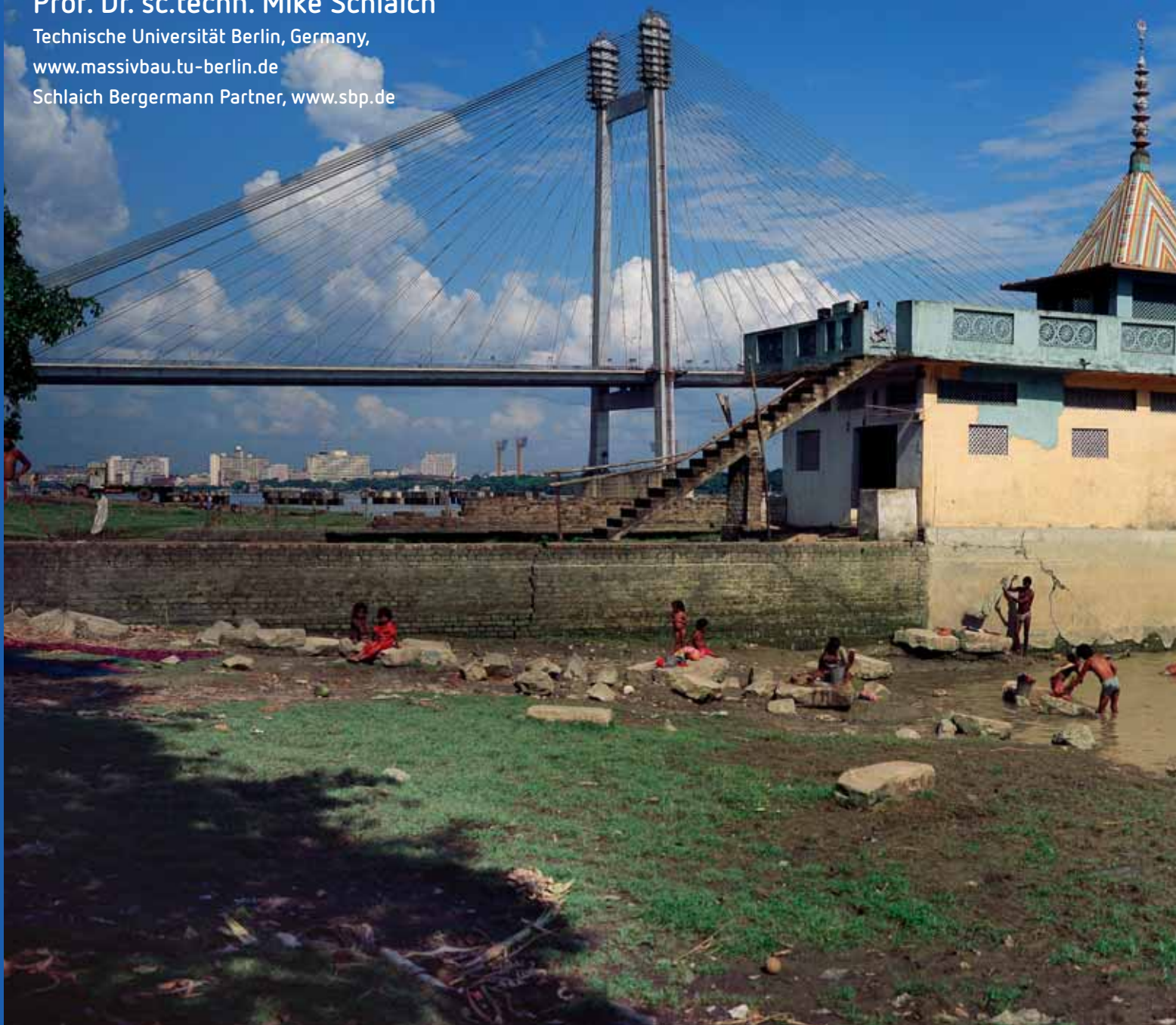
THE YAMUNA BRIDGE IN NEW DELHI, INDIA

Prof. Dr. sc.techn. Mike Schlaich

Technische Universität Berlin, Germany,

www.massivbau.tu-berlin.de

Schlaich Bergemann Partner, www.sbp.de



Dit artikel beschrijft het ontwerp en de bouw van het nieuwe landmark over de Yamuna Rivier in New Delhi. De 675 m lange, a-symmetrische tuibrug met een VVK-dek en een achterover hellende pyloon is onderdeel van grootschalige, infrastructurele werken in de hoofdstad van India, waarvan de voltooiing in 2018 wordt verwacht.

Omdat het de eerste buitenlandse inbreng op een Bruggendag is, is het artikel in het Engels opgenomen.



Second Hooghly Bridge, Kolkata (1970)
© Roland Halbe

OUR BRIDGE HISTORY IN INDIA

As early as in the 1970s, Jörg Schlaich together with Rudolf Bergemann (the two founders of our office) designed the Second Hooghly Bridge, nowadays called Vidyasagar Setu, in Kolkata (Calcutta), with a then record span of 457 m [1]. Another early cable-stayed bridge is the much smaller Sikkim Bridge in Akkar which was built in 1988 in a remote area which was difficult to access. What both bridges have in common is that they were built indigenously, with local labor, local construction methods and local material. For the Sikkim Bridge even the cables were manufactured on site! Vidyasagar Setu was also the first cable-stayed bridge with a composite deck and it has become the origin of many such long-span cable-stayed bridges all over the world.

Now, more than forty years later, another large cable-stayed bridge crossing the Yamuna river in New Delhi is nearing its completion. Globalization has it, that today also in India indigenous building has to be redefined and other issues such landmark designs have surfaced. The Yamuna Bridge is envisaged to become an attraction that will serve as the starting point for a recreation area in the Indian capital and which will improve quality of life in an area burdened by pollution.

Now, more than forty years later, another large cable-stayed bridge crossing the Yamuna river in New Delhi is nearing its completion



Rendering of the bridge with ornamental painting on the pylon.
© schlaich bergemann partner

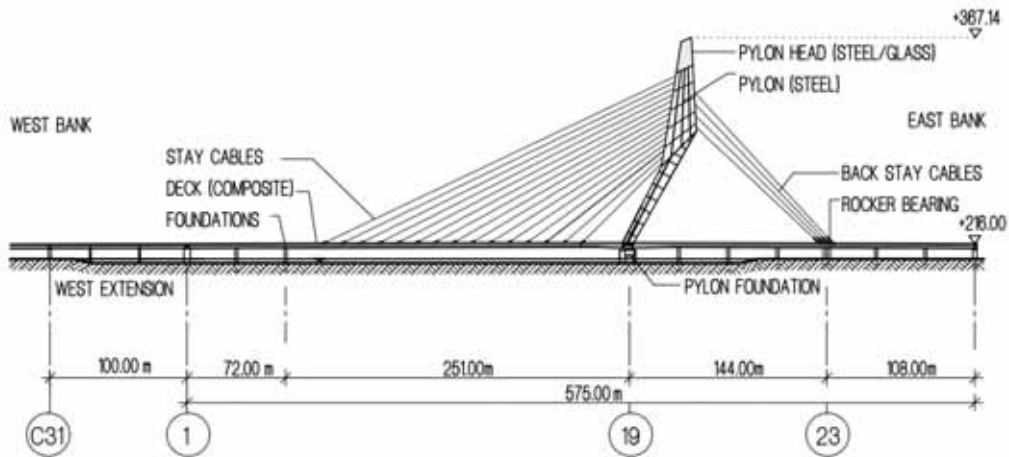
DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE YAMUNA BRIDGE

The 'Signature Bridge' as the new landmark of New Delhi connects the city Ghaziabad and its surroundings across the river Yamuna to Delhi's the inner city. The asymmetric cable-

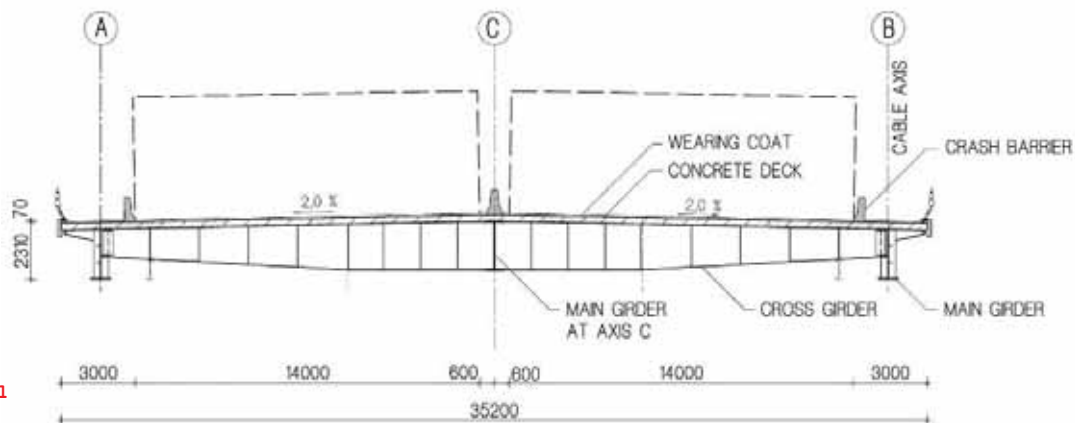
stayed bridge has a main span of 251 m (corresponding to a symmetric bridge with two pylons of 500 m span) and a total length of 675 m [2]. Its composite deck carries 8 traffic lanes (4 in each direction) and is approximately 35 m wide. The main span is

supported by lateral cables spaced at 13,5 m intervals. Towards the approaches the same deck section continues with piers supporting it at 36 intervals. The height of the steel tower is approximately 150 m.

Elevation
(© schlaich bergemann partner)



Cross section of the deck
(© schlaich bergemann partner)





The dynamically shaped pylon consists of two inclined legs, which are rigidly connected to the deck girders and bend mid-way

Pylon under construction.
© Andreas Deffner

The dynamically shaped pylon consists of two inclined legs, which are rigidly connected to the deck girders and bend mid-way. The upper portion of the pylon anchors the back-stay cables as well as the main-span cables, arranged in a harp like manner. The tip of the pylon is created by a 30 m high steel-glass structure, which can be illuminated to create a beacon visible from afar at night [3]. A special detail of the bridge is that the self-weight of the pylon partially balances out the

self-weight of the superstructure through the eccentric location of its center of gravity with respect to the pivot point of the pylon footing. This serves well to reduce the load on the back-stay cables. The fact that the modules were bolted together on site instead of welded is an adjustment to the local methods of construction. Construction started 2010, meanwhile all the 13,000 t of structural deck and pylon steel have been fabricated in China and shipped to the

construction site. By the end of 2017, most of the deck and the pylon were erected with half of the stay-cables installed.

The bridge deck consists of three main girders with a height of 2 m and cross girders at a spacing of 4,5 m. To provide sufficient space for eight lanes, the two outer main girders, supported by cables, are spaced 32 m apart from each other.



Steel grid with precast concrete panels on top before closing of the joints. © Andreas Deffner

The emergency footpath has been placed on 1,5 m long cantilevers outside of the cable planes. All main and cross girders are welded I-sections with plate thicknesses between 20 mm and 100 mm in grade S355. To save material the cross girders have a variable depth with a maximum value of 2 m in the center and 1,4 m at the connection to the outer main girders.

Similar to the Ting Kau Bridge in Hong Kong [4], all joints have been designed as bolted high strength friction grip connections. In addition to that the outer main girders are in butt contact in order to transmit the compression induced by the horizontal component of the cable force via contact and not the bolts. The contact was achieved by machining the end faces of each girder which saved a lot of bolt and splice plate weight. No machining was required for the central main girder splices since it mainly redistributes local wheel loads.

The deck of the Signature Bridge in New Delhi is located relatively low above water which is shallow outside of the monsoon period. Therefore, it was possible to erect the entire deck on temporary trestles and to install the cables only afterwards. Thus, full composite action also for dead load could be achieved, so that the concrete slab is transmitting even more compression force as in the other cases. This is reflected in the distribution of the concrete slab thickness. Outside of the cable-stayed part the precast reinforced concrete panels have a thickness of 250 mm which gradually increases to 350 mm thick panels

towards the pylon and ends in a 700 mm thick in-situ portion around the pylon legs. The deck panels are made of grade M50 concrete (similar to C40/50 in terms of Eurocode) with a size of 4,5 m by 8 m to minimize the number of transverse joints. Due to the positive experience gained from the joint detail developed for the Ting Kau Bridge (see [4]) the same detailing has been used again. For the areas outside of the cable-stayed part the detail was further developed to allow for a central layer of reinforcement between the top and the bottom reinforcement. The three layers of reinforcement cover the axial tension in the slab, created by the negative bending moments above the piers. The rigid connection between the concrete slab and the steel girders was achieved by shear studs with different diameters for main

The deck of the Signature Bridge in New Delhi is located relatively low above water which is shallow outside of the monsoon period

and cross girders. To transmit out-of-plane shear forces, the end faces of the panels have been treated in such a way that the cementitious grout was removed and the coarse aggregate became visible. Furthermore, pockets have been foreseen in the end faces of the panels to transmit the significant in-plane forces safely. A state-of-the-art stay cable system with diameter 15,7 m strands made of steel grade 1860 has been used. Up to 128 strands form one stay cable. Since no fatigue tests for the largest anchor type were available with the supplier Tensa, such tests were performed especially for this project. The larger active anchors are all incorporated in the interior of the pylon while the more compact passive anchors are located above the concrete where they can easily be inspected and maintained.



Passive cable anchorage at deck level. © Andreas Deffner

SUMMARY

Forty years ago cable-stayed bridges with composite decks were indigenously built in India for urban and easily-accessible areas like Kolkata as well as in the remote areas of India in Sikkim. Over the years detailing and building methods have evolved, e.g. from rivets to high strength bolts or from in-situ concrete decks to accurately fabricated precast panels. Durable and safe cable systems which comply with international standards have replaced in-situ made solutions. The same applies to large scale

bearings, expansion joints as well as monitoring and maintenance equipment. The new Signature Bridge in New Delhi will be a flagship project representing state-of-the-art construction possible nowadays in India combined with international engineering experience.

REFERENCES

1 SCHLAICH J., BERGERMANN R., 'Cable-Stayed Bridges with Composite Stiffening Girders - The Second Hooghly Bridge in Calcutta', Proceedings of the Sino-American Symposium on Bridge and Structural Engineering, Peking, 1982.

- 2 SCHLAICH M., BURKHARDT U., 'Composite decks for long-span cable-stayed bridges', The Bridge & Structural Engineer, Volume 46, Number 2, ING-IABSE, New Delhi, 2016.
- 3 SCHLAICH M., SUBBARAO H., KURIAN J., 'A Signature Cable-Stayed Bridge in India - The Yamuna Bridge at Wazirabad in New Delhi', SEI Journal, 1/2013.
- 4 BERGERMANN R., SCHLAICH M., 'The Ting Kau Bridge in Hong Kong', Proceedings IABSE Symposium Kobe, Japan, 1998.

DATA BLOCK

Yamuna Bridge in New Delhi, India	
Owner/Client	Delhi Tourism and Transportation Development Corporation (DTTDC)
Conceptual and structural design	schlaich bergermann partner, Germany
Cooperation	Construma Consultancy Pvt Ltd, Mumbai (foundations); Ratan J. Batliboi - Consultants Pvt Ltd, Mumbai (architectural advisor)
Wind Tunnel Studies	Wacker Engineers, Germany
Seismic Studies	IIT Roorkee
Checking Engineer	Systra and M.Virlogeux, France in association with Tandon Consultants, New Delhi
Construction	Joint-Venture Gammon-Cidade-Tensacciai



Yamuna Bridge in New Delhi nearing completion. © Andreas Deffner

WAAALBRUG NIJMEGEN RENOVATIE VAN EEN

Dick Schaafsma

Senior Adviseur Constructies

Rijkswaterstaat GPO

Afdeling Bruggen en Viaducten

MONUMENT



Waalbrug bij Nijmegen, <https://beeldbank.rws.nl>. © Rijkswaterstaat

Een **rijksmonument** is in Nederland een zaak (een bouwwerk of object, of het restant daarvan) die van algemeen belang is wegens de schoonheid, de betekenis voor de wetenschap of de cultuurhistorische waarde. Een formeel juistere aanduiding is: 'beschermd monument als bedoeld in de Erfgoedwet'. Op dit moment kent Nederland meer dan 63.000 bouwwerken met de status rijksmonument, waarvan circa 1500 archeologische rijksmonumenten.

Sinds 2007 ligt de nadruk bij nieuwe toekenningen op de wederopbouwperiode.

RIJKSMONUMENTALE BRUGGEN

Nederland kent meer dan 1750 Rijksmonumentale bruggen. Vele daarvan zijn de pittoreske bruggetjes in de binnensteden van de Gouden Eeuw, of gelegen over slotgrachten bij kastelen, of gewoon mooie bruggetjes in parken. Ze zijn van cultuurhistorische waarde door hun schoonheid of van betekenis voor de wetenschap.

Rijkswaterstaat bezit op dit moment, naar mijn weten, maar acht Rijksmonumentale bruggen. Wat ze onderscheidt van vele andere bruggen is dat ze nog volledig functioneel zijn, of zouden moeten zijn.

Dit betekent dat ze nog gebruikt worden waarvoor ze ontworpen zijn: zwaar vrachtverkeer. Het betreft de volgende bruggen:

- brug over het Julianakanaal bij Itteren, 1934, stalen vakwerkboog met staal-betonvloer;
- Oude IJsselbrug bij Zwolle (Katerveer I), 1930, stalen vakwerkboogbrug met betonnen aanbruggen;
- brug over het Julianakanaal bij Born, 1934, stalen vakwerkboog met staal-betonvloer;
- brug over het Julianakanaal bij Geulle, 1934, stalen vakwerkboog met staal-betonvloer;
- brug over het Julianakanaal bij Bunde, 1934, stalen vakwerkboog met staal-betonvloer;
- John Frostbrug in Arnhem, 1935, verstijfde staafboogbrug;
- Waalbrug bij Nijmegen, 1936, stalen boogbrug zonder trekband met stalen aanbruggen;
- John S. Thompsonbrug bij Grave, 1929, geklonken stalen brug.

Wat opvalt is dat het allemaal vaste stalen bruggen betreft die in het begin van de jaren dertig van de vorige eeuw gebouwd zijn. Maar het valt verder op dat ze in belangrijke, provinciale en gemeentelijke ontsluitingswegen liggen. Sommige bruggen vormen zelfs de enige ontsluitingsweg!

Dat de bescherming van Rijksmonumentale bruggen, het Nederlands Erfgoed, op gespannen voet staat met de huidige, hoge functionele eisen die men aan ontsluitingswegen stelt, is evident. Het stelt Rijkswaterstaat en andere wegbeheerders voor een grote uitdaging de doorstroming op dergelijke wegen en bruggen te garanderen of zelfs te bevorderen, zonder de schoonheid en/of wetenschappelijke waarde van deze bruggen teniet te doen.



Nederland kent meer dan
1750 Rijksmonumentale
bruggen

WAT IS ZO SPECIAAL AAN DE WAALBRUG BIJ NIJMEGEN?

De Waalbrug is ontworpen als een gemengde verkeersbrug, dus voor snel- en langzaamverkeer, gelegen in de Rijksstraatweg Arnhem-Nijmegen. Hij is in de jaren 1932-1936 geconstrueerd ter vervanging van een gierpontveer dat al sinds 1657 voor de oeververbinding zorgde. De Waalbrug was overigens niet de eerste vaste oeververbinding over de Waal bij Nijmegen. Zestig jaar eerder was al een spoorbrug aangelegd, ontworpen door Pierre Cuypers, de architect die ook het Rijksmuseum en het Centraal Station in Amsterdam ontworpen heeft.

De toon voor de verkeersbrug was daarmee gezet. En een grotere tegenstelling met de spoorbrug kon nauwelijks gemaakt worden. Cuypers greep met zijn ontwerp van zijn middeleeuws aandoende torens bij het Nijmeegse landhoofd terug op het verleden, terwijl de nieuwe brug vooruitkeek naar een



Beschadigde Waalbrug 1940, <https://beeldbank.rws.nl>. © Rijkswaterstaat

nieuwe tijd van mobiliteit en moderniteit, de tijd van ingenieursontwerpen: sober en doelmatig.

De Waalbrug was in zijn ontstaanstijd de breedste verkeersbrug in Nederland en de boogbrug met de grootste overspanning van Europa.

Het ontwerp van de brug was afkomstig van het Bruggenbureau Rijkswaterstaat, dat in 1928 speciaal was opgericht voor de te bouwen verkeersbruggen over de grote rivieren. Bij het ontwerp heeft het bureau zich georiënteerd op Duitse boogbruggen, maar ook op Nederlandse boogbruggen. Het ontwerp



Nevengeul de Spiegelwaal, <https://beeldbank.rws.nl>, © Rijkswaterstaat/Johan Roerink

volgde een in die jaren veel toegepast type, maar dan zonder trekband. De plaatsing van de Waalbrug betekende ontsluiting van de steden Nijmegen en Arnhem, met verstreckende sociaaleconomische gevolgen voor de stad Nijmegen, veel meer dan de spoorbrug dat had. Daarnaast had de brug een belangrijke strategische functie. Nog voor zijn eerste lustrum werd de brug al vernietigd door de Nederlandse genie om de Duitse opmars vanuit het zuiden te blokkeren. Na de wederopbouw, in opdracht van het Duitse oppercommando, vormde de brug (5^{de} schakel) samen met de John S. Thompson-brug bij Grave (4^{de} schakel) en de John Frostbrug (6^{de} schakel) een onmisbare schakel in een keten van zes bruggen in de opmars van de geallieerden tijdens operatie Market-Garden. De brug valt op 20 september 1944 wonderwel onbeschadigd in geallieerde handen. Een gedenksteen aan de ‘redder van de Waalbrug’ Jan van Hoof herinnert aan deze periode.

De brug heeft een totale lengte van 604 m en bestaat uit twee betonnen landhoofden, twee aanbruggen aan beide zijden en een hoofdoverspanning. De vijf overspanningen zijn uitgevoerd met boogconstructies in staal. De hoofdoverspanning met een lengte van 244 meter, bestaat uit twee vakwerkbogen van het tweescharniertype zonder trekband. De bogen steunen op de rivierpijlers. De half-hooggelegen rijvloer, die bij het ontwerp in hout was uitgevoerd, maar in de oorlog is vervangen door een betonnen dek, hangt aan en steunt op deze bogen. De bogen snijden als het ware door het wegdek heen. De aanbruggen zijn uitgevoerd als zuivere boogbruggen, met eenvoudige bogen tussen de pijlers en een hooggelegen rijvloer die op staanders op de bogen rust. De constructie rust op vier, in plattegrond ovaalvormige pijlers, die zich naar boven toe verjongen, en naar het water toe iets uitzwenken. De pijlers zijn bekleed met blokken steen, die aan de buitenzijde ruw behouwen zijn, wat een rustica effect geeft. Doordat het brugdek verdiept ligt in de pijlers, steken de pijlers aan weerszijden van het rijdek uit en vormen daar halfronde torenachtige uitbouwen, afgesloten door overstekende donkere dekplaten. De betonnen landhoofden zijn uitgevoerd als

viaducten met doorgangen voor verkeer. Het brugdek met een totale breedte van 23,5 meter, is ingedeeld in een rijdek voor snelverkeer binnen de hoofdliggers van 12 meter breed en voor voetgangers- en voor fietsstroken buiten de liggers. Het brugdek is in 1992 aan de westzijde iets verbreed om plaats te bieden aan een aparte busstrook. Ten gevolge van deze verbreding zijn aan de westzijde de halfronde torenachtige uitbouwen van de pijlers, verloren gegaan. Ook de brugbalustrade is niet oorspronkelijk. De kleur van de boogconstructie van de hoofdoverspanning was oorspronkelijk groen, tegenwoordig is deze beige geschilderd.

Medio 2015 is de Waalbrug verlengd om ook over de nieuwe nevengeul, de Spiegelwaal, te reiken. Deze verlenging vormt geen onderdeel van het Rijksmonument.

Hoe staat het nu met de Waalbrug? Eigenlijk verbazingwekkend goed, als je erbij stilstaat dat deze brug al meer dan 80 jaar oud is, en als je beseft hoe zwaar deze brug beschadigd is geweest in de Tweede Wereldoorlog. In 2014 en 2015 heeft RoyalHaskoningDHV onderzoek gedaan naar de staat van de brug. Daarvoor heeft het bureau archiefonderzoek gedaan in 1724 tekeningen (!) en 120 documenten. Daarnaast is een vrij omvangrijke inspectie gedaan op alle onderdelen van de brug, waaronder een inspectie van de pijlers onder water, diverse materiaalonderzoeken en het 3D inscannen van onderdelen van de constructie van de brug. Deze inspectie leverde weer input voor de verificatieberekeningen. De verificatieberekeningen richtten zich voornamelijk op herberekeningen van de brug onder het huidige verkeer. Sinds 1936 zijn niet alleen de normen flink veranderd, maar zijn er ook verschillende wijzigingen aan de brug aangebracht die niet alle goed gedocumenteerd zijn/waren. Speciale aandacht werd besteed aan de klinknagelverbindingen, (die overigens een belangrijk onderdeel van de esthetiek van de brug vormen), aan de vermoeiingsberekeningen van de hoofdtraagconstructie en aan mogelijke versterkingen en uitbreidingsmogelijkheden.



Gat in rijdek. © RHDHV Karel Vis

DRIE ZORGPUNTEN

Al snel bleken zich drie belangrijke zorgpunten voor te doen:

1 Het betonnen dek

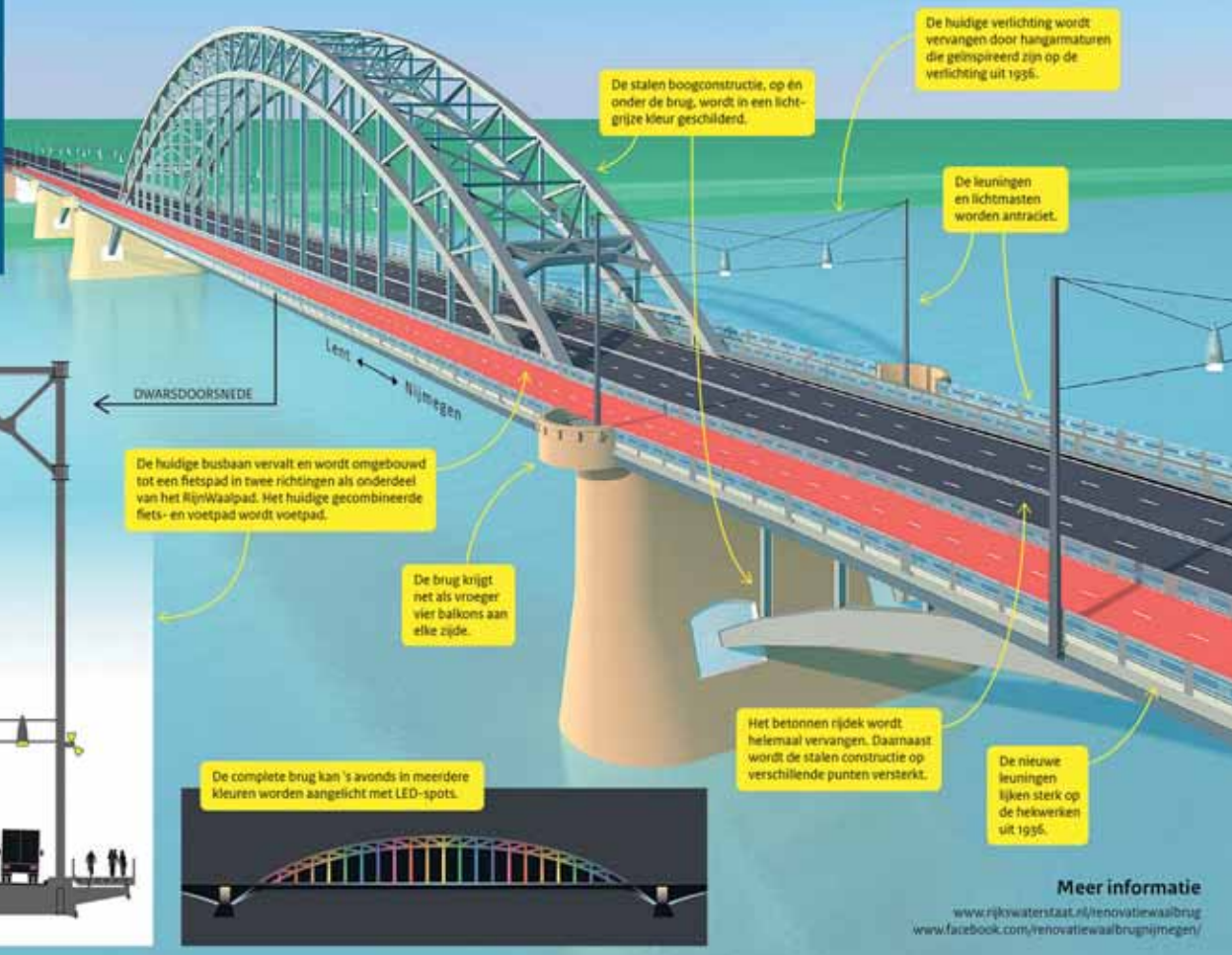
Door de toegenomen verkeersbelasting voldeden het betonnen dek en de wapeining niet alleen theoretisch meer aan de huidige voorschriften, het viel ook op dat de brug regelmatig afgesloten moest worden om schade aan dek en asfalt te repareren. Dergelijke schades constateert Rijkswaterstaat trouwens ook aan andere bruggen uit de periode van de bouw van de Waalbrug. De herberekening en de schades maakten het zelfs noodzakelijk om de brug af te sluiten voor de zwaarste typen vrachtwagens en exceptionele transporten. Op dit moment is er een beperking voor vrachtverkeer tot 40 ton en met een maximale aslast van 9 ton.

2 De vermoeiingsbelasting van de stalen onderdelen zoals consoles en staanders.

In 1936 werd nog geen rekening gehouden met de vermoeiing van staalconstructies. Gegeven het aantal verwachte voertuigbewegingen was dit destijds ook niet noodzakelijk. Bij de herberekening is geschat dat het aantal voertuigen dat de Waalbrug dagelijks passeert sinds 1936 van 75.000 tot 350.000 gegroeid is en verwacht wordt dat dit in de komende 30 jaar nog toeneemt tot 500.000 in 2050. Alleen al deze eeuw is het aantal voertuigbewegingen in en rond Nijmegen met circa 20% toegenomen. Hoe dit aantal voertuigbewegingen door de nieuwe stadsbrug De Oversteek wordt beïnvloed, moeten we nog afwachten.

Renovatie Waalbrug Nijmegen

In 2018 en 2019 wordt de Waalbrug in Nijmegen gerenoveerd. Rijkswaterstaat en de gemeente Nijmegen pakken de renovatie samen op. De monumentale Waalbrug is in 1936 in gebruik genomen. Bij de renovatie worden verbeteringen aangebracht aan de constructie van de brug. Ook het uiterlijk van de brug wordt aangepakt: de oorspronkelijke vormgeving komt waar mogelijk terug en de staalconstructie wordt geschilderd.



Meer informatie
www.rijkswaterstaat.nl/renovatiewaalbrug
www.facebook.com/renovatiewaalbrugnijmegen/

Renovatie Waalbrug

3 De onbekende wijzigingen in het ontwerp.

Vooraf het ontwerp en de materiaaleigenschappen van de reparaties die tijdens de Tweede Wereldoorlog onder auspiciën van de Duitse bezetter zijn uitgevoerd, zijn onbekend. Omdat deze reparaties zulke strategische onderdelen van de brug vormen, is gemeend In 2018 hier nauwkeuriger onderzoek naar te doen.

Wat is men van plan met de Waalbrug?
 Men hoeft alleen maar naar de breedte van de Verlengde Waalbrug over de nieuwe nevengeul, de Spiegelwaal, en naar de breedte van het Bastion, de overgang tussen de Verlengde Waalbrug en de oude Waalbrug, te kijken om te zien dat de ambities voor de N325 verder reiken dan de

Waalbrug op dit moment aankan. Deze ambitie is wel degelijk door de Gemeente Nijmegen en Rijkswaterstaat in een aantal 'Value Engineeringssessies', gesteund door Arcadis, bestudeerd.

Onderzocht is onder meer of het westelijk fietspad nog verbreed kon worden tot een fietspad dat in twee richtingen bereden kon worden met daarnaast nog een voetpad. De totale uitbreiding ten westen van de westelijke boog zou dan inclusief busbaan/baan voor hulpdiensten uitkomen op meer dan 8 meter. (N.B. de ruimte tussen de bogen bedraagt circa 12 meter!). Ook is onderzocht of de oostelijke busbaan nog verbreed kon worden met een eenzijdig fiets^voetpad van 3,9 meter, zodat de oostelijke situatie op de huidige westelijke situatie zou gaan lijken. Verder is onderzocht of een eventuele tram

baan midden tussen de bogen of net buiten de bogen mogelijk zou zijn. Herberekeningen tonen aan dat de bogen in de huidige situatie al bijna overbelast zijn. Er kan geen sprake zijn van functie-uitbreiding zonder dat de belasting op de bogen elders wordt gecompenseerd. Hoewel deze compensatie door middel van een gewichtsreductie van het rijdek wel degelijk verkend is, heeft men hier vanwege de kosten en de risico's vanaf gezien. Besloten is het rijdek te vervangen door een nieuw betonnen dek, voor vier rijstroken met gewoon verkeer. De westelijke uitkraging zal gebruikt worden voor een tweezijdig fiets^voetpad. De oostelijke uitkraging zal gebruikt worden voor een eenzijdig fiets^voetpad. Dit betekent dat de bussen in het vervolg weer op de hoofdrijbaan zullen rijden.

INNOVATIEVE OPLOSSINGEN TER VERVANGING VAN HET BETONNEN RIJDEK

Doel: een gewichtsreductie van meer dan 70% ten opzichte van een gewapend-betonnen rijdek.

1 rijdek bestaande uit Ultra Hogesterktebeton (UHSB)

De enige ervaring met UHSB-platen in wegen voor gewoon verkeer in Nederland is bij de Kaagbruggen in Rijksweg A44. De platen die daar zijn toegepast hebben

afmetingen van $7,25 \times 2,95 \text{ m}^2$ met een minimale dikte van 45 mm (!). Hiermee kan een gewichtsreductie van circa 60% bereikt worden.

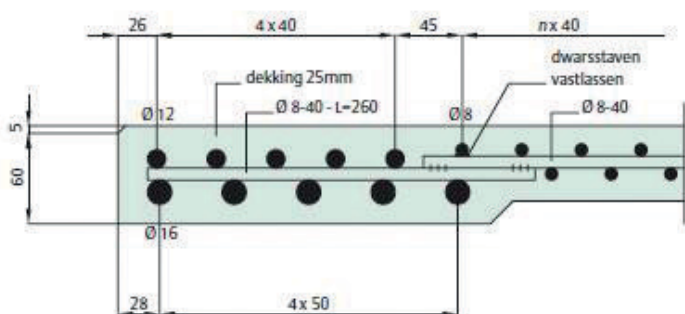
2 rijdek bestaande uit Sandwich Plate System-platen (SPS)

In Nederland hebben we nog geen ervaring met het SPS-systeem op verkeersbruggen. In de wereld is het al wel een geaccepteerde oplossing. Het principe bestaat uit een stalen top- en bottom-plate van 5 mm met

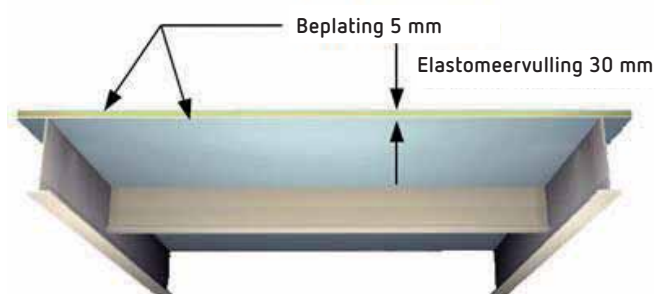
daartussen een elastomeren kern van 30 mm. Hiermee kan een gewichtsreductie van circa 75% bereikt worden.

3 rijdek bestaande uit Vezel Versterkte Kunststof (VVK)

In Nederland is al een flink aantal nieuwe verkeersbruggen uitgerust met een rijdek uitgevoerd in VVK. Met de renovatie van bestaande dekken heeft men nog geen ervaring. Hiermee kan een gewichtsreductie van circa 60% bereikt worden.



UHSB-oplossing Kaagbruggen



'SPS'-oplossing

Voor meer informatie over de toekomstige Waalbrug verwijs ik naar het "Ambitiedocument Waalbrug" scope Gemeente Nijmegen, september 2016.

CONCLUSIE

Dit artikel begon met de uitdaging waarvoor wegbeheerders gesteld staan om de cultuurhistorische waarde van Rijksmonumentale bruggen te bewaken. De acht stalen bruggen in beheer van Rijkswaterstaat zijn alle ongeveer 80 jaar oud maar functioneren nog volop en staan nog midden in de maatschappij. Ze zijn als het ware nog lang niet aan hun pensionering toe. Dat gezegd hebbende, beginnen ze wel hun eerste gebreken te vertonen, die wegbeheerders ertoe dwingen om maatregelen te nemen.

Tegelijkertijd zien we dat de omgeving van deze bruggen steeds meer eisen aan de mobiliteit en dus aan deze bruggen stelt. Smart mobility, truck platooning, circulariteit en energie neutraliteit zullen in de toekomst nog meer eisen aan het beheer en onderhoud van bruggen en viaducten stellen.

Voor de Waalbrug zijn de cultuurhistorische waarde en de functionaliteit voorlopig voor één generatie gewaarborgd. De versterkingen en vervanging van het rijdek door een nieuw betonnen dek zijn ontworpen voor minimaal een levensduur van 30 jaar. Toch trekken donkere wolken zich reeds samen boven de Waalbrug. De infrastructurele omgeving van de Waalbrug wordt al voorbereid voor een toekomst die veel verder ligt dan één generatie. Het functionele ontwerp van de nieuwe stadsbrug De Oversteek en de breedte van de Verlengde Waalbrug zijn hier voorbeelden van. De nevengeul de Spiegelwaal is misschien nog wel een beter voorbeeld van hoe men zich op de klimatologische toekomst kan voorbereiden.

Met een beetje meer lef, wat meer geld en, zeker, met meer verkeershinder had gekozen kunnen worden voor een innovatieve oplossing die tegemoet zou zijn gekomen aan een langere functionele en technische levensduur dan één generatie, maar ook aan de cultuurhistorische waarde van de Waalbrug bij Nijmegen. Laten we er allemaal voor waken dat de Waalbrug géén Lekbrug bij Vianen wordt.

MET DANK AAN

Frank van Dooren, Ernst Klamer, Arie Romeijn, Karel Vis en Sjoerd Vogels.

LITERATUUR

Ambitiedocument Waalbrug, Gemeente Nijmegen, september 2016
<https://cultureelerfgoed.nl/monumentenregister>



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

De 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)¹. 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-

¹ 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 windturbine materialen. 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 Delft². 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.

² Zie ook BRUGGEN juni 2017



ASSEMBLAGE EN INSTALLATIE VAN DE SPOORBRUG UTARK

Edwin Schepers

HSM Steel Structures, Andus Group



De nieuwe stalen spoorbrug over het Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) is in het weekend van 17 tot en met 20 november 2017 succesvol tussen twee bestaande bruggen in geïnstalleerd. Deze operatie was lastig te missen gezien de omvangrijke landelijke media aandacht. Bovendien was er het hele weekend veel publieke belangstelling langs de route en op vooraf gecreëerde uitkijkpunten. Natuurlijk is hier een behoorlijk omvangrijk proces aan vooraf gegaan om dit succesvolle evenement te bereiken.

Het project UtARK is in juli 2015 door ProRail door middel van een Best Value proces gegund aan BAM Infra en HSM Steel Structures



De installatie van deze brug is onderdeel van het project UtARK, (Utrecht - Amsterdam-Rijnkanaal), het sluitstuk van de spooruitbreiding tussen Utrecht Centraal en Leidsche Rijn in de corridor Utrecht-Gouda. Tussen de stations Leidsche Rijn en Utrecht Centraal wordt over een lengte van bijna 2 km het aantal sporen van twee naar vier verdubbeld.

Het project UtARK is in juli 2015 door ProRail door middel van een Best Value proces gegund aan BAM Infra en HSM Steel Structures. HSM is verantwoordelijk voor de bouw en aanleg van de stalen boogbrug. Uitgangspunt is het door Studio SK/Movares gemaakte voorontwerp.

Deze nieuwe oeververbinding is in dit voorontwerp tussen de bestaande spoorbrug en de gele verkeersbrug (Hogeweidebrug) gesitueerd. Tussen de nieuwe spoorbrug en de Hogeweidebrug is ruimte gereserveerd voor een toekomstige busbaan. De ruimte naar de bestaande spoorbrug is gedimensioneerd op 200 mm.

SAMENVATTING GEGEVENS SPOORBRUG UtARK

Afmetingen

Lengte spoorbrug	172 m
Hoogte spoorbrug	30 m
Staalmasa (transportmasa)	
spoorbrug	3350 t
Eindmasa spoorbrug	6000 t

Belangrijke tijdstippen

Start fabricage	augustus 2016
Aanvoer brugdelen naar de voorbouwlocatie	medio april 2017
Transport en installatie over ARK	17 t.m. 20 november 2017
Ingebruikname spoorbrug	april 2018

Projectgegevens

Opdrachtgever	ProRail
Architectuur	Studio SK / Movares
Constructief ontwerp	BAM Infraconsult / IV-Infra
Opdrachtnemer	BAM Infra / HSM Steel Structures
Transport en Installatie	Sarens Nederland bv

VOORBEREIDINGEN BOUW SPOORBRUG

Gelijktijdig met het starten van het Definitief Ontwerp, uitgevoerd door IV-Infra, zijn de verschillende mogelijkheden van assemblage onderzocht. Bij het uitwerken van het ontwerp is immers de bouwmethode een belangrijk onderdeel. De manier van bouwen bepaalt met welke bouwfaseringen de constructie te maken gaat krijgen. Hieruit volgt onder meer waar verstijvingen in het ontwerp moeten worden aangebracht. De bouwmethode is mede bepaald door de locatie waar de brug zou kunnen worden voorgebouwd. Mogelijke bouwlocaties waren

- 1 direct over het ARK
- 2 op een voorbouwlocatie aan de westzijde van het kanaal direct naast het spoor en
- 3 op diverse voorbouwlocaties in de omgeving.

Voor het bepalen van een juiste keuze van bouwmethode zijn alle belangen van betrokken partijen (stakeholders) geïnventariseerd. Door de locatie van de brug

- direct tussen een spoor- en een verkeersbrug,
- over een belangrijke en drukke vaarroute
- in de stad en direct in de omgeving van bestaande projectontwikkeling,

was het inherent dat er veel belanghebbenden waren. De belangen van deze stakeholders waren naast de bedrijfseconomische aspecten een bepalende factor in de keuze van de bouwmethode.

ProRail is naast opdrachtgever ook de spoorbeheerder. Continuïteit van het spoor is voor ProRail een maatgevend item. De gemeente Utrecht is een belangrijke partij. Langs het kanaal liggen vele kabels en leidingen, waar onder een zeer gevoelige leiding van de stadsverwarming. Ook vindt er in de directe omgeving projectontwikkeling plaats, waardoor de belangen van de gemeente Utrecht groot zijn. De bouwactiviteiten hebben altijd raakvlakken met deze ontwikkelingen. Verder dienen de toegang en ontsluiting van de stad zoveel mogelijk in stand te worden gehouden. Rijkswaterstaat is als beheerder van het Amsterdam-Rijnkanaal verantwoordelijk voor de waterkeringen en de veiligheid van dit

kanaal. Beschermende maatregelen van de oevers moeten worden afgestemd en perioden van hinder of stremmingen van het ARK moeten worden geminimaliseerd. Kortom, het bepalen van een bouwmethode vergt dan ook veel overleg met alle stakeholders, waarin de belangen van alle partijen worden meegenomen om te komen tot een optimale bouwmethode.

Uiteindelijk is de bouwmethode dan ook een compromis waarbij de brug op een voorbouwlocatie zou worden gebouwd. Hierbij is de hinder voor de scheepvaart in het ARK beperkt. Bij het direct bouwen over het ARK zou de hinder immers veel langer duren. Ook het risico op hinder van het spoor is zo beperkt. De optie voor het samenstellen van de brug direct naast het spoor heeft een hoger risicoprofiel. De mogelijkheid voor het bouwen naast het spoor is tevens een risico voor de naastliggende Vleutensebaan, de toegangsweg voor het auto- en busverkeer naar Utrecht. Hiervoor zou de busbaan moeten worden omgelegd. De voorbouwlocatie is gevonden op 800 meter vanaf de uiteindelijke bruglocatie. De brug is hier gebouwd en daarna getransporteerd naar zijn uiteindelijke bestemming.

FABRICAGE EN ASSEMBLAGE VAN DE BRUGDELEN

Op basis van de keuze 'bouwen op een voorbouwlocatie' is de brug opgeknipt in zes grote transporteerbare delen, drie boogdelen en drie dekdelen. Deze zes brugdelen zijn gebouwd en volledig voorzien van het conserveringssysteem in de fabricagehallen bij HSM (bouw van de drie boogdelen) en bij Hollandia Infra (bouw van de drie dekdelen). In totaal zijn de brugdelen in drie transporten aangevoerd, elk transport bestaande uit een dek- en een boogsectie.

Het transport naar Utrecht vond plaats over water. Op de bouwlocatie in Utrecht is een speciale loswal aangelegd voor het lossen van deze brugsecties. Ter bescherming van de leiding voor de stadsverwarming moest een overkluising worden aangebracht om de leiding tijdens het rijden niet te belasten. Aangekomen op de voorbouwlocatie rijden

vervolg pagina 27

ProRail is naast opdrachtgever ook de spoorbeheerder. Continuïteit van het spoor is voor ProRail een maatgevend item **24**



Assemblage van de brugdelen, die in boogdelen worden ingehesen.



Transport stap 1, van de voorbouwlocatie (rechts) tot aan Vleutensebaan (grondophoging links).
Foto Gerrit Serné.



Transport stap 1, over de transportroute.



Transport stap 2, over de Vleutensebaan



zwaar transport wagens (Self Propelled Modular Transporter, SPMT's) de brugdelen naar de assemblageposities. Door middel van mobiele kranen en strandjacks zijn alle delen ingehesen en gesteld.

Het middendeel van de boog is op 22 mei 2017 omhoog gehesen. Toen werd 'het pannembier', ofwel het hoogste punt van 30 m bereikt. Ondanks de nauwe toleranties verliep het plaatsen van het middelste boogdeel bijzonder vlot. Met behulp van strandjacks lukte het om met zo'n 7 m stijging per uur dit deel in nog geen drie uur op zijn eindpositie te hijsen.

Met ProRail zijn vooraf de maatregelen afgestemd om eventueel resonerende hangstangen te voorkomen. Nadat de hangstangen zijn ingebracht bleek al snel de gevoeligheid voor vortex-trillingen. Door het aanbrengen van vortex spiraalkabels is het resoneren voorkomen.

TRANSPORT EN INSTALLATIE VAN DE SPOORBRUG

Bij het installeren van een brug heeft HSM ervaring met het compleet op pontons invaren van bruggen en met het door middel van drijvende bokken inhijzen van complete bruggen. Deze methoden van installeren waren hier helaas niet mogelijk omdat deze spoorbrug tussen twee bestaande bruggen moest worden gepositioneerd. De krappe ruimte tussen de bestaande bruggen in geeft een behoorlijke beperking in de verschillende installatiemethodieken.

Om clashes eenvoudig bij voorbaat al te

voorkomen, is deze hele operatie in een 3D model gesimuleerd. De bestaande spoorbrug is hierbij door middel van een 'point cloud-meting' compleet ingemeten en in dit model geïntegreerd. Uit dit model kwam bijvoorbeeld een clash met de rail-onderhoudswagen op de bestaande brug naar voren, waardoor deze rail deels vooraf kon worden verwijderd.

Het transport en de installatie bestond uit drie stappen. De eerste stap bestond uit het oppakken en het verrijden van de brug van voorbouwlocatie naar de Vleutensebaan, in de tweede stap is de Vleutensebaan gekruist tot het Amsterdam-Rijnkanaal en in de derde stap is het Amsterdam-Rijnkanaal overgestoken.

De transportroute van de voorbouwlocatie naar de uiteindelijk bruglocatie moest zo aangelegd worden dat deze het zware transport van ruim 3000 ton zou kunnen dragen. Hiervoor is 75.000 m³ puin en zand gebruikt. Tevens moesten ter plaatse van de oevers zware overkluizingen worden gebouwd. Deze overkluizingen beschermden de kabels en leidingen, waar onder de buizen voor de stadsverwarming, tegen te grote zettingen. Deze voorzieningen waren omvangrijk en moesten onder grote tijdsdruk worden gerealiseerd door BAM Infra.

MONITORING VERVORMINGEN BRUG

Tijdens het transport en de installatie is continu de positie van de brug, en met name

de scheefstand en torsie, gemonitord. Op deze wijze kon tijdens het transport bij vervormingen tijdig worden ingegrepen en kon ook aangetoond worden dat tijdens het transport de brug niet over zijn vervormingsgrenzen belast is.

De scheefstand en torsie van de brug zijn gemeten met een hellingmeter. Er is zowel aan de oostzijde als de westzijde een hellingmeter geplaatst, die de scheefstanden maten tijdens het transport in zowel de langs- als dwarsrichting. Als back-up zijn op de hoekpunten van de brug meetpunten (prisma's) geplaatst. In het midden van de brug op het rijdek is een Total Station (Tachymeter) opgesteld die continu deze vier hoekpunten van de brug opmat. Deze informatie geeft een inzicht in de scheefstand en de torsie van de brug.

UITVOERINGSSTAPPEN

Fase 1, 17 november

Op de voorbouwlocatie zijn op vrijdag 17 november de SPMT's van de Firma Sarens onder de brug gepositioneerd, die de brug vrij drukten van de vier tijdelijke opleggingen. De brug is vervolgens tot aan de verkeersweg Vleutensebaan gereden en daar geparkeerd. Onder beide brugeinden zijn hierbij 8 lijnen SPMT's geplaatst. Dit komt neer op 2x80 assen, in totaal 640 wielen. Deze hoeveelheid is noodzakelijk om de belasting van het bruggewicht voldoende te kunnen spreiden naar de ondergrond.

Na vrijgave werd de verkeersweg voorzien van beschermende maatregelen bestaande uit het aanbrengen van een folie en daarop Repac.

Aangekomen bij de Vleutensebaan moest er gewacht worden tot vrijgave (afsluiting) van deze belangrijke verkeersader van Utrecht, bovendien werd het naastliggende spoor gestremd.

Na vrijgave werd de verkeersweg voorzien van beschermende maatregelen bestaande uit het aanbrengen van een folie en daarop Repac. Verder moesten het verkeersmeubilair en diverse bomen worden verwijderd alvorens deze weg gebruikt kon worden.

Fase 2, 18 november

Zaterdag 18 november om 10.00 uur was de Vleutensebaan zover geprepareerd dat het transport kon worden voorgezet. De brug is stapvoets doorgereden over deze verkeersweg, over het landhoofd tot op de overkluizing over de kanaaloever. Hier aangekomen moest worden gewacht voordat kon worden gestart met stap 3.

Deze overkluizingen, vanaf het landhoofd tot aan het Amsterdam-Rijnkanaal, zijn uitgegroeid tot forse constructies. Zware fundaties bleken nodig te zijn om de aanwezige kabels en leidingen te ontzien. Speciaal de aanwezigheid van de stadsverwarmingsleidingen waren kritiek. De restrictie van een gelimiteerde toegestane zetting van '0' mm was reden tot deze robuuste constructie. Op deze manier bleef het transport van de brug op het hoge niveau van circa 9 m *NAP, gelijk aan de bovenzijde van het landhoofd.

Fase 3, zondag 19 november (5 stappen)

Van Rijkswaterstaat is toestemming verkregen om het Amsterdam-Rijnkanaal zaterdagochtend vanaf 0.00 uur compleet te stremmen. Zodra deze stremming was ingegaan kon het transport worden voortgezet.

Vanaf de overkluizing is via kleppen de oversteek gemaakt tot op het ponton. Dit was op negen meter boven het wateroppervlak. Op het ponton moest dan ook een zware tafelconstructie worden gebouwd om dit verschil in hoogte te compenseren, zodat horizontaal van de overkluizing kon worden doorgereden tot op het ponton. Doordat hierbij over de smallere dwarsdoorsnede van het ponton (in breedte

richting) is gereden, vergde dit een zeer nauwkeurig samenspel tussen enerzijds het oprijden via de kleppen en anderzijds het ballasten van de compartimenten van het ponton om instabiliteit te voorkomen.

Op zondag is de oversteek gemaakt. De achterste SPMT-configuratie duwde de brug voort, terwijl het ponton waarop de voorste configuratie SPMT's staan in gelijke snelheid vooruit 'voer'. Daarbij is het ponton heel langzaam met stalen kabels aan lieren naar de overkant van het water geleid. Eenmaal aan de andere oever aangekomen, is een zijdelingse beweging ingezet om de nieuwe spoorbrug op de landhoofden, op zo'n 200 mm van de bestaande brug te plaatsen.

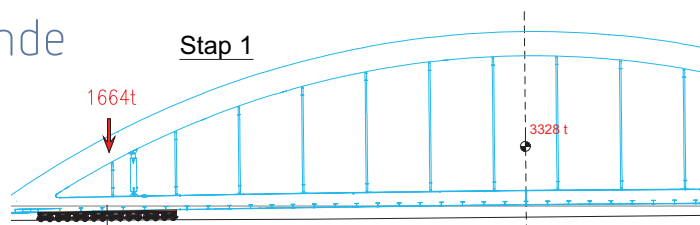
Hierna konden zowel het Amsterdam-Rijnkanaal, de Vleutensebaan als het bestaande spoor weer worden vrijgegeven.

BINNENKORT IN GEBRUIK

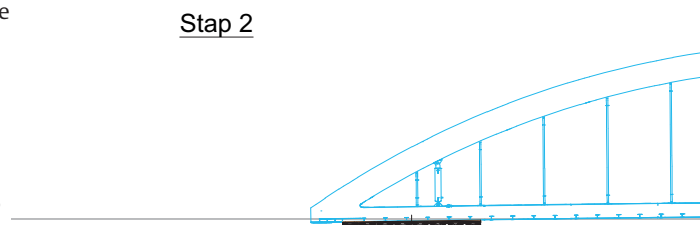
In de week na deze installatie zijn de SPMT's afgevoerd en is de brug afgevijzeld tot op zijn opleggingen, dus tot op de definitieve hoogte. Op het moment van schrijven (begin februari) staat de brug ruim binnen de toleranties gemonteerd. Het hulpmateriaal voor montage is gedemonteerd en de conservering na het verwijderen van dit hulpmateriaal is waar nodig hersteld. BAM Infra heeft inmiddels het betondek afgerond en is druk met het aanbrengen van het ballastbed en met de overige spoor-gerelateerde items. Volgens planning kan de spoorbrug vanaf april 2018 worden gebruikt.



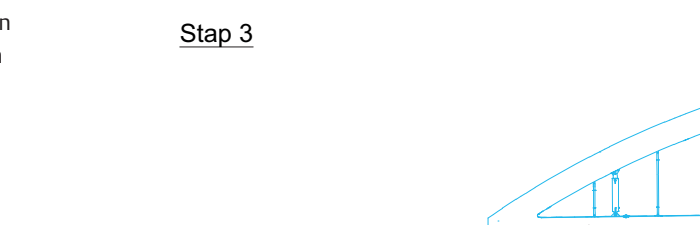
Start stap 3; oprijden vanaf de overkluizing op het ponton. Foto's Gerrit Serné.



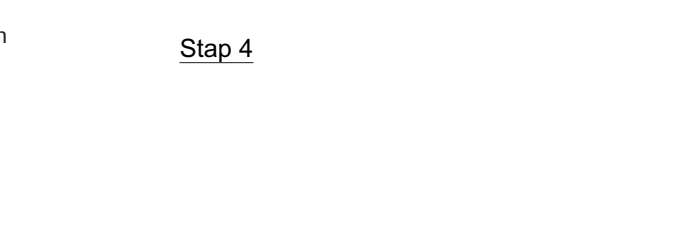
Step 1



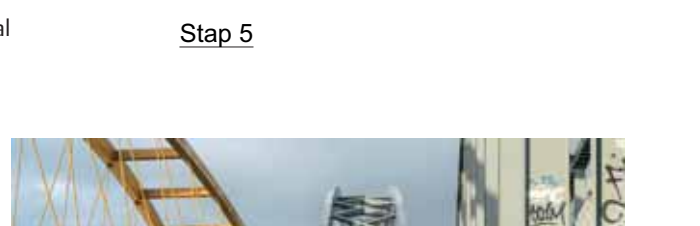
Step 2



Step 3

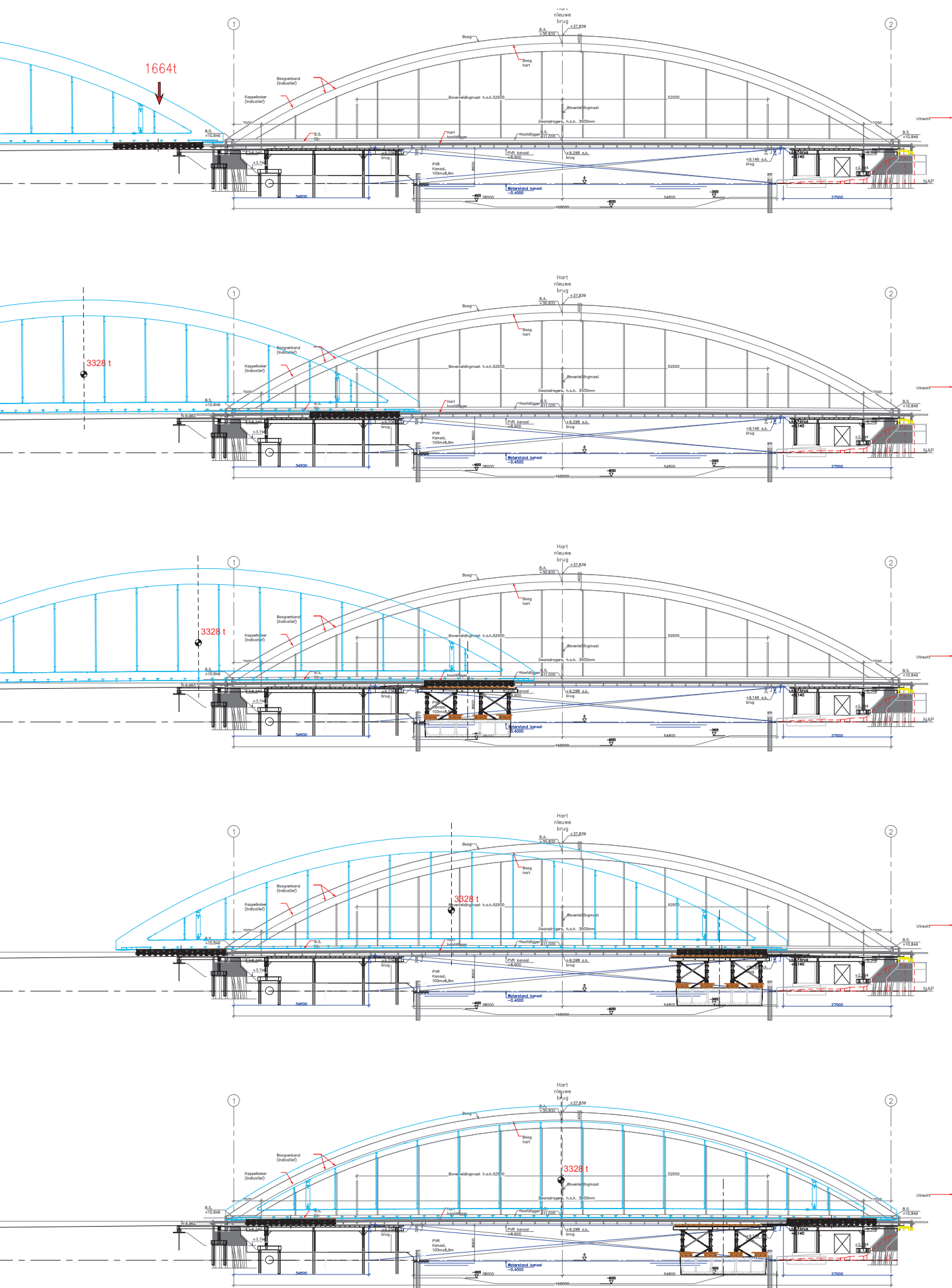


Step 4



Step 5

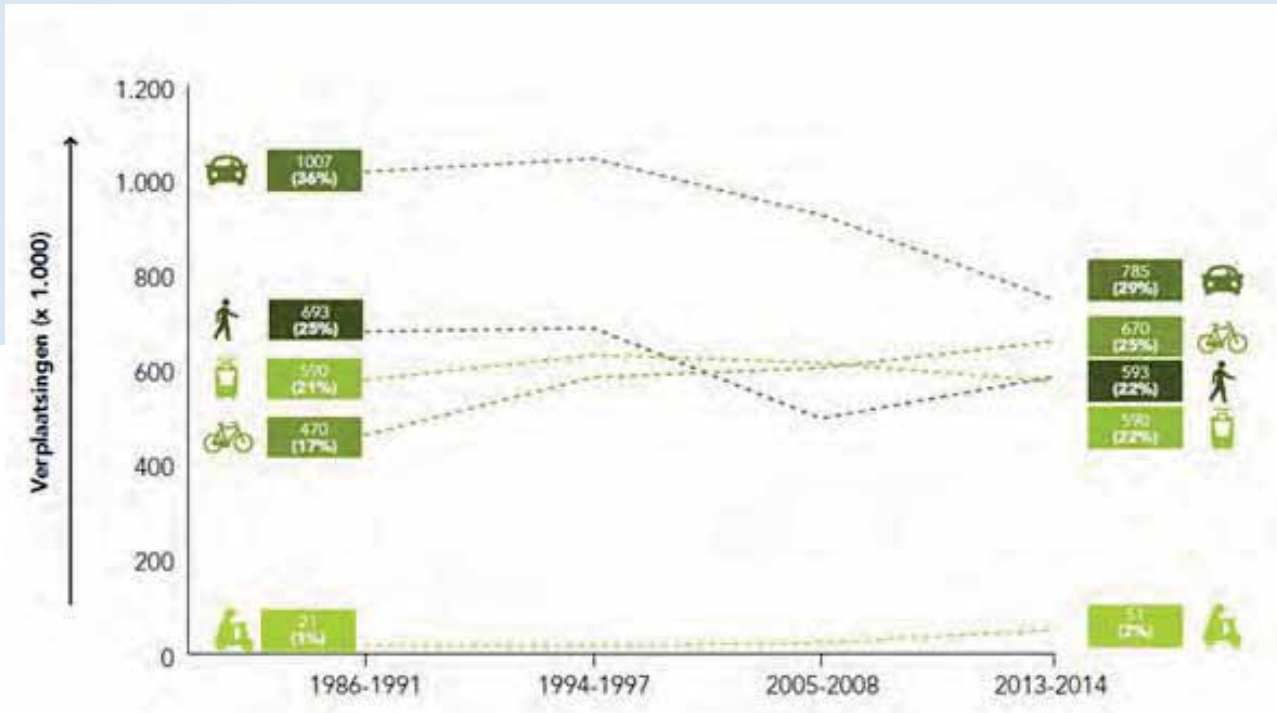




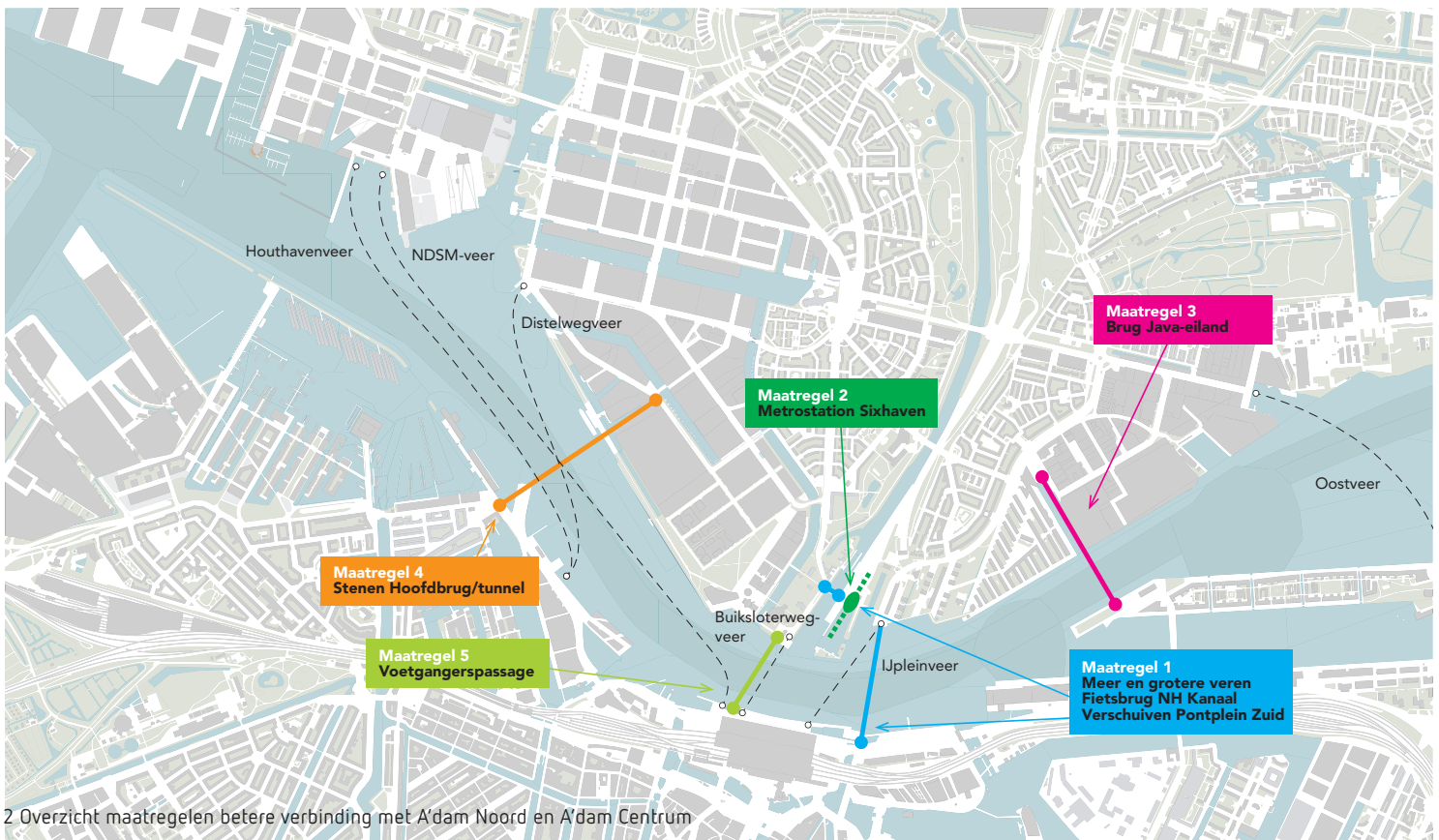
Stapsgewijs fase 3; start vanaf de overkluizing tot overgeveeren en doorgereden naar de eindpositie.

SPRONG OVER HET IJ

Bas Boeker, Projectmanager Javabrug, Gemeente Amsterdam



1 Overzicht ontwikkeling gebruik van diverse typen vervoermiddelen in Amsterdam 1986 - 2014



2 Overzicht maatregelen betere verbinding met A'dam Noord en A'dam Centrum

Amsterdam-Noord is nu een levendig stadsdeel met bijna 100.000 inwoners en veel bedrijvigheid. Maar dat is niet altijd zo geweest. Waar nu de bioscoop Eye staat en de nieuwste attractie van Amsterdam, de ADAM toren, was ooit, in de middeleeuwen, het galgenveld van Amsterdam. Een plek waar je niet graag kwam. Later, onder Napoleon, maakten de aasgieren plaats voor een veel mooiere invulling: Noord werd de groene Oase van Amsterdam. Met de stadsuitbreidingen van Amsterdam nam ook het aantal bewoners toe. Vooral veel arbeiders vestigden zich in Noord evenals de industrie in de 19^{de} eeuw. En met meer bewoners nam ook de roep om een vaste oeververbinding toe.

EEN HISTORISCHE BESLISSING

De eerste ideeën voor een brug naar Noord dateren al van 1839. Er zouden er vele volgen. De beroemde waterbouwkundig ingenieur F. W. Conrad (1800 – 1870) heeft nog tekeningen gemaakt voor een houten traliëkokerbrug. De Amsterdamse aannemer Jan Galman leverde maar liefst 36 plannen in tussen 1851 en 1886. Toch bleef het nog lang stil voordat het stadsbestuur instemde. Pas op 20 juli 2017 werd door de gemeenteraad het historische besluit genomen: er komt een brug over het IJ.

SPRONG OVER HET IJ

Sinds het begin van deze eeuw is de druk op de langzaamverkeer-verbindingen over het IJ toegenomen. Het aantal woningen en arbeidsplaatsen in Noord zorgen met de recente ontwikkeling van de IJ-oever, voor steeds meer gebruikers van de veerponten. Dagelijks maken 46.000 mensen gebruik van de veerponten. De fiets groeit in populariteit als vervoersmiddel binnen de stad (zie fig. 1;) en het toerisme naar Noord neemt met de nieuwe publiekstrekkingen eveneens toe. Voeg daarbij de nieuwe woningbouwplannen. Kortom, er moest iets gebeuren!

Het stadsbestuur heeft daarom een breed onderzoek gedaan naar welke ingrepen nodig zouden zijn om op deze groei een passend antwoord te geven. In een uitgebreid participatietraject is onderzoek gedaan naar de beste maatregelen om de bereikbaarheid te vergroten. In het kader van het programma Sprong over het IJ zijn maar liefst 77 plannen ingediend, vele voorlichtingsavonden georganiseerd en ook op sociale media was het onderwerp *rending topic*. Uiteindelijk heeft dit geleid tot een vijftal maatregelen om sneller, beter en veilig naar de overkant te komen.

De eerste maatregel die onderdeel is van Sprong over het IJ is het verbeteren van de bestaande infrastructuur. Meer, grotere, stillere en energievriendelijkere veerponten worden besteld. En door een betere aanlandingsplek van de veerponten zal het verkeer van en naar de ponten sneller afgewikkeld kunnen worden. Maar dat zal niet genoeg zijn. Er zijn meer maatregelen nodig (zie fig. 2). Een andere maatregel betreft een extra halte op de Noord-Zuidlijn, direct aan de

Noordelijke IJ-oever, nabij de Sixhaven. Hierdoor zullen met name bewoners en bezoekers die direct aan de overkant van het Centraal Station moeten zijn, een alternatief krijgen. Mocht dit niet voldoende zijn, dan kan ook nog een voetgangerstunnel onder het IJ worden aangelegd, ter hoogte van de huidige pontjes.

Twee andere maatregelen zijn erop gericht te zorgen voor een betere verspreiding van de fietsers over de stad. Veel fietsers hoeven niet bij het Centraal Station te zijn, terwijl het gros van de pontverbindingen daarop is geënt (zie foto pagina 34).

De gedachte is dat door de aanleg van twee vaste oeververbindingen die buiten het centrale gedeelte van het IJ worden gelegd, er een betere spreiding komt van het fietsverkeer. In het westen gaat het om de Stenen Hoofdverbinding, in het oosten om de Javaverbinding. Deze laatste heeft prioriteit gekregen en zal als eerste van de twee worden uitgevoerd.

Voor alle maatregelen, behalve de investeringen op korte termijn in de veerponten, geldt dat er gewerkt wordt met een adaptieve strategie. Dat wil zeggen dat de ontwikkelingen van het (langzaam) verkeer van en naar Noord goed gemonitord gaat worden. Zo worden de effecten van de Noord-Zuidlijn gemeten als die medio 2018 gaat rijden. Afhankelijk daarvan kunnen maatregelen eerder of juist later uitgevoerd worden.

BRUG OF TUNNEL?

Bij een vaste oeververbinding ligt natuurlijk nog niet de keuze voor een brug vast. Er zijn immers ook mogelijkheden voor een tunnel. Het is onderwerp geweest voor een breed onderzoek en veel discussie met de belangrijkste belanghebbenden van de vaarweg: het Havenbedrijf en Rijkswaterstaat. Voor de gemeente Amsterdam heeft de 'Maatschappelijke Kosten- en Batenganalyse' een belangrijke rol gespeeld. De tunnel komt veel dieper te liggen dan de brug hoog wordt. Daardoor is het noodzakelijk om gebruik te maken van liften en roltrappen, wat het gebruiksgemak enorm doet afnemen. Verder scoort een brug beter op de sociale veiligheid, met name in de avonduren.

EEN BRUG OVER ÉÉN VAN DE DRUKSTE VAARWEGEN VAN NEDERLAND

Toen de brug voor de gemeente Amsterdam als meest gewenste oplossing naar voren kwam, werd tevens duidelijk dat de inpassing van een brug over een van de drukste vaarwegen van Nederland geen sinecure was. In de gesprekken met Rijkswaterstaat en met de 'Handreiking Vaarwegen' als leidraad, werden de contouren van de eisen die aan de brug gesteld werden, steeds duidelijker. Een vrije overspanning van 160 meter, twee beweegbare delen voor de staande masten en een hoogte van waarschijnlijk 11,35 meter boven MHW als de richtlijn daarop binnenkort wordt aangepast. Maar ook praktische zaken zoals de bediening moeten geregeld worden. Een Amsterdamse brug, maar wel bediend door Rijkswaterstaat.

Een andere bijzonderheid is dat het IJ nog steeds gebruikt wordt door cruiseschepen die aanmeren bij de terminal. Er bestaan al langer plannen om de cruiseterminal te verplaatsen naar het westen van de stad, dichterbij de sluisen van IJmuiden. Met de komst van de Javabrug wordt die verplaatsing van de terminal noodzakelijk, die dan onder flinke tijdsdruk komt te staan.

PROJECTORGANISATIE JAVABRUG

Na het besluit in de gemeenteraad is een projectorganisatie opgezet die de Javabrug gaat uitwerken. Het team is conform het IPM-model opgebouwd dat bij dergelijke grote infrastructurele werken de standaard is geworden. Zo komen de verschillende aspecten die dit werk met zich meebrengen goed aan de orde: zowel techniek, omgevingsmanagement, projectbeheersing als contractmanagement. De expertise is deels binnen de gemeente Amsterdam zelf aanwezig, maar veel zal ook ingekocht moeten worden bij (gespecialiseerde) bureaus. Vanwege de omvang van de opgave zal het gaan om een Europese aanbesteding.

UITDAGINGEN VOOR 2018

Op een aantal belangrijke vraagstukken zal vóór 2019 een antwoord gegeven moeten worden:

1 Nautische inpassing

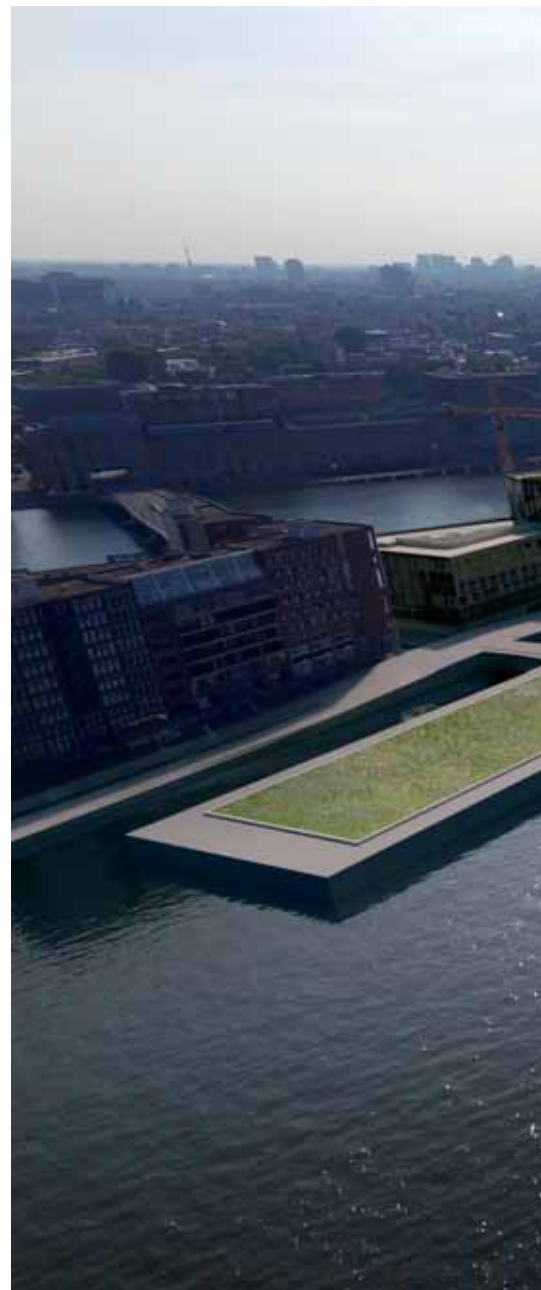
Een brug over één van de drukste vaarwegen van Nederland vraagt om afstemming met alle nautische partijen. Het gaat niet alleen over de vraag hoe hoog de brug moet worden, maar ook over hoe scheiden we de verkeersstromen op het water. Belangrijk daarbij zijn de bewegende delen, die voor zowel de staande mastroute als voor het bijzonder transport gebruikt zullen worden. En natuurlijk zal de overspanning van maar liefst 160 meter tot constructieve hoogstandjes gaan leiden.

2 Waar gaat de brug landen?

De inpassing is gekozen op een plek midden in de stad. Aan de zijde van Amsterdam Noord in een gebied met veel private eigenaren die de gronden verworven hebben voor herontwikkeling met woningbouw. En dan is de brug goud waard, want het betekent een directe verbinding met de rest van de stad. Liever ziet men de brug daarentegen niet landen op het eigen perceel, want dat kost ontwikkelmogelijkheden. Aan de overkant ligt het Java eiland met het enige open stuk grond midden op het IJ: Kop Java. Daarvoor bestaat het idee er een bijzonder park van te maken. Ook dit vraagt een nauwkeurige inpassing van de brug.

3 Wie gaat de brug gebruiken?

De brug heeft primair als doel om gebruikt te worden door voetgangers en fietsers. Maar wie nu op de fietspaden kijkt, ziet dat dit geen eenduidige groep is: bakfietsen, racefietsen, elektrische fietsen, (elektrische) scooters, maar ook Canta's, Biro's en andere zogenaamde Light Electric Vehicles (LEV's) met elk hun eigen tempo en eigen ruimtebehoefte. En wat gebeurt er als straks drommen toeristen op de brug gaan staan om een foto te maken van de skyline? Een standaard wegprofiel voldoet hier niet, maar hoe los je dit slim op in een brug van 12 meter breed?



4 Hoe moet de brug eruit zien?

Er wordt al snel gezegd dat de brug een landmark voor Amsterdam moet worden. Vraagt dit nog specifieke ontwerpeisen? Of is de brug door zijn ligging, omvang en het feit dat de brug Noord en de rest gaat verbinden al een landmark op zich?

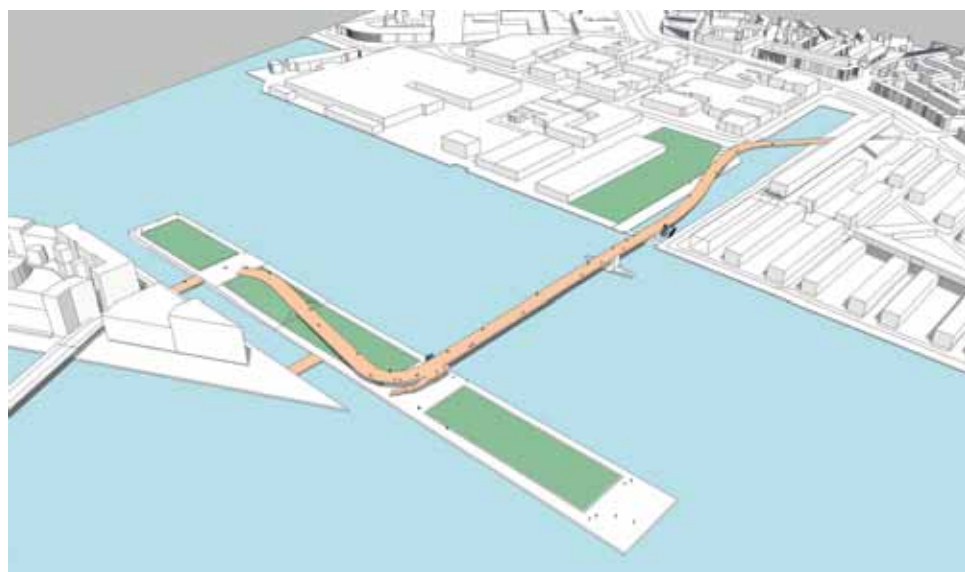
De inpassing is gekozen op een plek midden in de stad



Maatregel 2: de Javaverbinding in het oosten

5 Hoe gaat de brug ingekocht worden?

Het hoeft geen toelichting dat we in een hoogconjunctuur zitten, zowel voor aannemers als voor adviseurs die ons moeten ondersteunen. Dit hoeft niet perse slecht te zijn voor de inkoop van de brug, aannemers gaan immers minder snel failliet dan een paar jaar geleden en de bouw is weer een populaire branche om in te werken. Maar het vraagt wel om een slimme inkoopstrategie. Hoe zet je de brug op de markt waardoor hij voor architecten, adviseurs en aannemers een interessante propositie wordt.



Maatregel 2: de Javaverbinding in het oosten

Voorgaande vraagstukken worden vertaald in een ambitiesdocument, een inpassingsstudie en een inkoopstrategie. Medio 2018 zullen deze producten gereed zijn. Daarna gaat gewerkt worden aan het voorbereiden van het aanbestedingsdossier, het doorlopen van publieke procedures en de finale besluitvorming over de financiën in de gemeenteraad van Amsterdam. Dit wordt verwacht in 2019. De start van de bouw zal op zijn vroegst in 2021 gaan plaatsvinden.

WORDT VERVOLGD

Het heeft enkele eeuwen geduurd voordat er eindelijk een beslissing is genomen om te komen tot een brug naar Amsterdam Noord. Maar voordat deze echt wordt aangelegd, zullen we nog wel een paar jaar onderweg zijn. In 2025 bestaat Amsterdam 750 jaar, en wat is er mooier om dit vanaf de brug kijkend over het IJ te beleven? Een informele deadline. Tot die tijd zal er meer dan genoeg aanleiding zijn voor een vervolgartikel in *Bruggen*. Wordt vervolgd dus!



Concentratie van fietsers en voetgangers bij Amsterdam CS





Javakade en Hamerkwartier. © Peter Elenbaas

Het heeft enkele eeuwen geduurd voordat er eindelijk een beslissing is genomen om te komen tot een brug naar Amsterdam Noord



OMDAT HET NIET ANDERS KON

Groningerbrug

Bij elk nieuw ontwerp beginnen we als architect met een analyse van de opgave en een analyse van de stedenbouwkundige situatie. Dat geldt zowel voor gebouwen als voor kunstwerken. Vaak zijn het de stedenbouwkundige uitgangspunten die zo dwingend zijn dat het ontwerp daar direct uit volgt. Maar het kunnen ook functionele eisen zijn die uiteindelijk de doorslag geven. Wij houden ervan als we de opgave kunnen opsluiten binnen rationale argumenten en als de oplossing onvermijdelijk is. Bij de vier gekozen bruggen die in dit artikel worden toegelicht, zijn het steeds andere eisen die tot het ontwerp leidden, maar de aanpak en de ontwerpmethodode zijn steeds hetzelfde.

GRONINGERBRUG EN WEIJERSBRUG ASSEN¹

Rond 1860 is Het Kanaal in Assen gegraven om een verbinding te realiseren tussen de Vaart en het Noord-Willemskanaal. Het Kanaal was een belangrijk onderdeel van de vaarverbinding tussen Assen en Groningen. Bij de aanleg ervan werden eerst houten draaibruggen gerealiseerd. Later zijn de draaibruggen vervangen door ijzeren ophaalbruggen en in 1973 zijn de bruggen vervangen door dammen. Met het project de 'Blauwe As' wordt het kanaal weer bevaarbaar gemaakt voor recreatief vaarverkeer.

De opgave betreft het ontwerpen van twee nieuwe bruggen, één op de Groningerstraat en één op de Nobellaan. Bruggen zijn meestal

generatieve ontwerpen die op meerdere plaatsen toegepast kunnen worden. Zo heb je de typisch Hollandse ophaalbrug die in heel Nederland te vinden is. Net zoals bij een molen is het vaak de brug die een plek bepaalt en de plek zijn identiteit geeft. Omdat de twee bruggen onderdeel zijn van een reeks, vinden wij het belangrijk dat er een duidelijke onderlinge relatie is tussen beide bruggen. De twee situaties zijn niet identiek. Het is niet mogelijk om twee exact dezelfde bruggen te maken. We hebben gezocht naar een familieband van broer en zus. Vergelijken we de omgeving van beide bruggen dan zien we dat locaties veel op elkaar lijken. Aan de noordzijde van het Kanaal is veel groen en staan vrijstaande huizen. Aan de zuidzijde is een meer

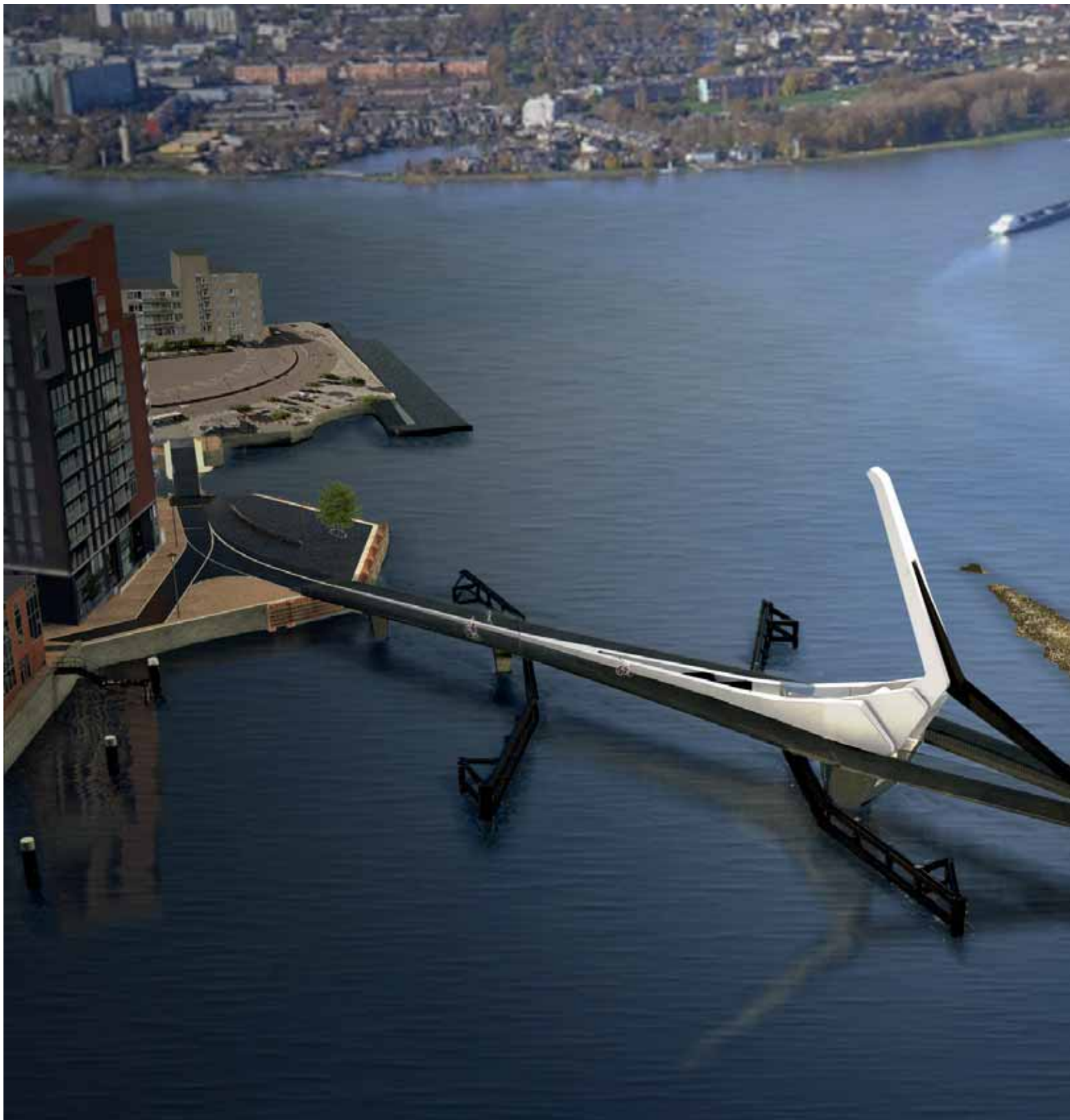
stedelijke bebouwing. Het verschil tussen beide locaties is terug te vinden in de stedelijke maat. De Nobellaan is ruim opgezet en heeft ruimte genoeg, maar de Groningerstraat is meer gedrongen en heeft kleinere tussenmaten en een hogere bebouwingsdichtheid.

Cruciaal in het ontwerpproces was dat bij de Groningerstraat de stedenbouwkundige maat tussen het kanaal en de parallelweg zo klein was dat een traditionele ophaalbrug niet tot de mogelijkheden behoorde. De uitzwaaiing van het contragewicht zou dwars door het vrij te houden wegprofiel lopen. Om dit probleem te bedwingen hebben we de hoogte van de hamei vergroot en de hamei naar het water gebogen. Hierdoor konden we

¹ Zie *BRUGGEN* juni 2016 voor alle bruggen in de Blauwe As



Brug Nobellaan



Prins Clausbrug - Dordrecht

precies binnen de gestelde normen blijven. Vanwege het familieverband hebben we aan de Nobellaan een vergelijkbare brug gemaakt maar daar is de hamei juist van het water af gebogen. Met deze kleine wijziging ontstaat een subtiel verschil waarbij de brug op de Groningerstraat een meer gedrongen

karakter krijgt terwijl de brug op de Nobellaan veel weidser overkomt, wat in overeenstemming is met de stedenbouwkundige situatie. Bij een ophaalbrug lopen de systeemlijnen volgens een parallellogram. Dit zorgt ervoor dat de brug volledig uitgebalanceerd is. Bij de

Groningerbrug en de Weijersbrug lopen de systeemlijnen volgens een trapezium. Daarmee is de brug niet volledig gebalanceerd maar is de oplegkracht in het begin groter en neemt het evenwicht steeds verder toe naarmate de brug verder open gaat.



PRINS CLAUSBRUG DORDRECHT

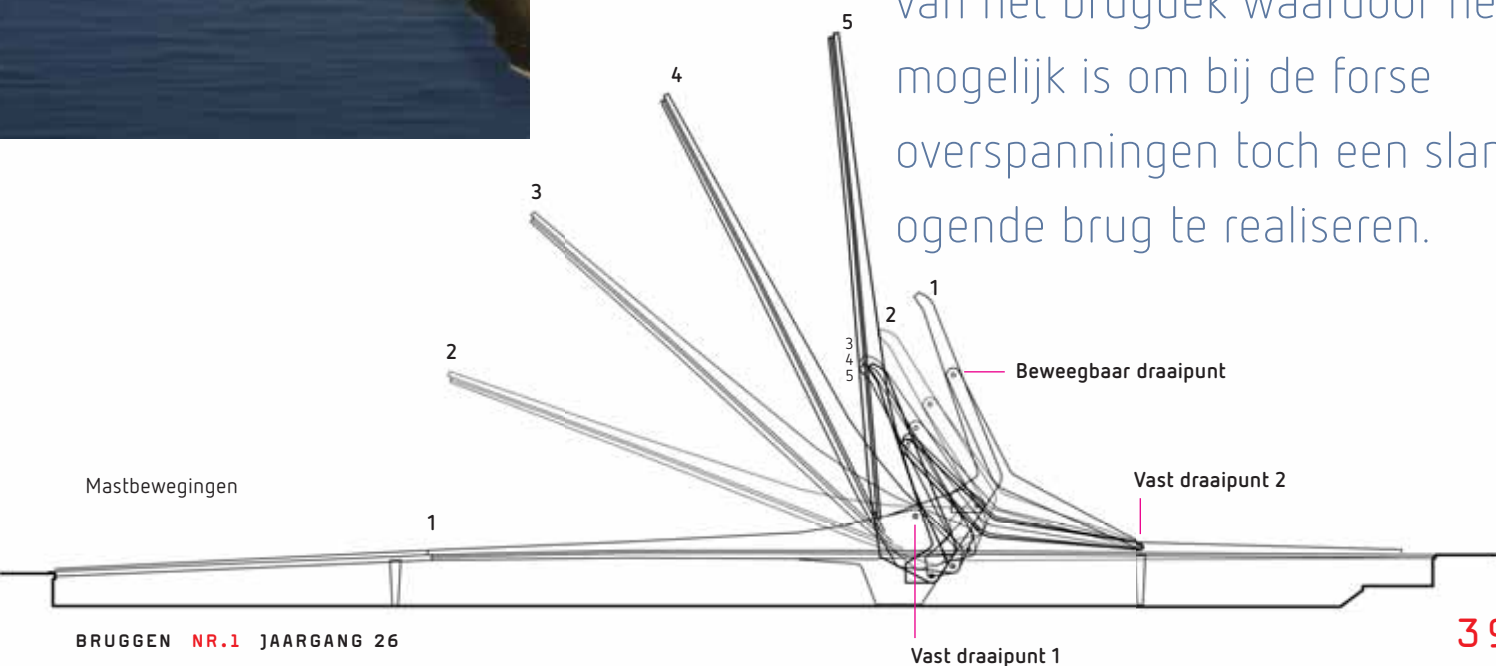
De gemeente Dordrecht heeft in 2014 een projectprijsvraag uitgeschreven voor een nieuwe fiets*voetbrug over het Wantij. De brug, van 130 meter lengte, zal in de toekomst de ontwikkelingslocatie de Stadswerven met de binnenstad van Dordrecht verbinden.

Vanuit de stedenbouwkundige uitgangspunten moest er een zo rank en slank mogelijke brug gemaakt worden. Vanuit de techniek werd een gebalanceerde brug geëist. Met een overspanning van bijna 50 meter was een basculebrug de enige variant die overbleef. Een basculebrug met een overspanning van 50 meter heeft normaal een balansarm van ongeveer 12,5 m die wegvalt in een basculekelder. Echter, een zo grote kelder was stedenbouwkundig niet acceptabel. De maximale hoogte van de brug boven het water is 6 meter; dat betekent dat bij een brug zonder basculekelder de ballastarm, wil die niet het water raken, van een zeer beperkte lengte kan zijn. Een korte ballastarm heeft een groot ballastgewicht tot gevolg. Een gewicht dat als vaste massa fysiek niet paste binnen de beperkte afmetingen van deze brug. De enige mogelijkheid was om de ballast te concentreren in een verticale mast en die massa te laten aangrijpen op het uiterste puntje van de ballastarm. Omdat de mast

tijdens de beweging verticaal blijft is het mogelijk om een bijna ongelimiteerde hoeveelheid ballast toe te passen. De mast steekt 30 meter in de lucht en wordt verticaal gehouden door een belaste pendel. Door de draaibare ballastmast wordt het openen en sluiten van de brug een happening. Een prachtige beweging waarbij de mast eerst voorover buigt en daarna weer terug komt. Dat betekent dat de ballastmast bij opening naar het val toe beweegt en dan samen met het bewegende val tot stilstand komt op 85 graden. Bij sluiting blijft de ballastmast de eerste 45 graden van de beweging bij het val waarna de mast zich majestueus opricht.

De draagconstructie van de brug bevindt zich in het midden van het brugdek waardoor het mogelijk is om bij de forse overspanningen toch een slank ogende brug te realiseren. Doordat de hoofdligger deels boven het brugdek wordt gehouden ontstaat er een mooie scheiding tussen de twee verkeersstromen. Ter plaatse van het val liggen de twee verkeersstroken uit elkaar. Hierdoor ontstaat zicht op het water waarmee de waterbeleving groter wordt. De technische ruimte en de bedieningsruimte zijn tussen de hoofdliggers geplaatst en worden volledig zichtbaar als de brug zich opent. De ruimte is toegankelijk door twee trappen die de bedienaar onder de

De draagconstructie van de brug bevindt zich in het midden van het brugdek waardoor het mogelijk is om bij de forse overspanningen toch een slank ogende brug te realiseren.



hoofdlijger door leiden. De straatverlichting bevindt zich in de ballastmast waar afgeschermd schijnwerpers het gehele dek verlichten. De constructie zelf wordt verlicht aan de noordwestzijde zodat de brug op regionaal niveau goed zichtbaar is, maar in de stad minder opvalt. De antracietkleur van de brug sluit aan bij de kleur van andere bruggen in de stad. Het contragewicht, de pendel en de liggers, wijken af met een zilvergrijze kleur.

DE NA-DRUK-GELUKBRUG

De Na-Druk-Gelukbrug is onderdeel van de vernieuwde openbare ruimte rondom het vernieuwde Olympisch Stadion in het Noord-Zuidas-gebied van Amsterdam. In materiaalgebruik en vormgeving heeft de brug een geheel eigen identiteit waardoor deze los staat van de twee werelden die zich aan weerszijden van het water bevinden. De eigen identiteit in de vormgeving van de brug was een stedenbouwkundige eis en wordt

verder versterkt door een minimale detaillering. Het moest een horizontale brug zijn zonder masten. In de bewegingsrichting naar het Olympisch Stadion toe bevindt zich een voorgeschreven uitkijkpunt.

Door een omloop wordt de voetganger gedwongen om zijn focus te verleggen van de brug naar de omgeving. Tevens wordt op deze plaats de relatie van de brug met het water versterkt dankzij een gat in het brugdek en wordt de voetganger geconfronteerd met een geheel ander beeld van de brug dan men van de zijkant zou vermoeden.

Het programma van eisen schreef een doorvaarhoogte van 2,4 m voor en een doorvaartbreedte van 20 m. Omdat de waterweg een breedte heeft van 40 m en de brug in één keer deze breedte moest overspannen, werd de constructiehoogte minimaal 1,2 m hoog.

De oever ligt op 0,6 m boven het waterpeil en dat heeft tot gevolg dat de brug ongeveer 3 m stijgt. De brug met aanlandingen is 80 m breed, wat een hellingpercentage geeft van 7,5% wat veel te veel is voor mindervaliden (maximaal 4%). De enig mogelijke oplossing was om één van de voetgangersstroken te scheiden van het wegverkeer en die onder aan de 1,2 m hoge ligger te hangen. Vanaf de zijkant zijn de afzonderlijke lijnen met elk hun eigen geometrische eigenschappen visueel samengebracht tot één geheel, waardoor ze de eigen identiteit van de brug versterken.

HENGELOBRUG ALMERE

De elegante brug verbindt als een kunstig breiwerkje twee massieve woonblokken in het nieuwe stadshart van Almere. Vanuit de randvoorwaarden werd neutrale continuïteit geëist tussen de twee gebouwen; de Silverline-toren van Klaus & Kaan en Van Zuur's eigen Block 16.



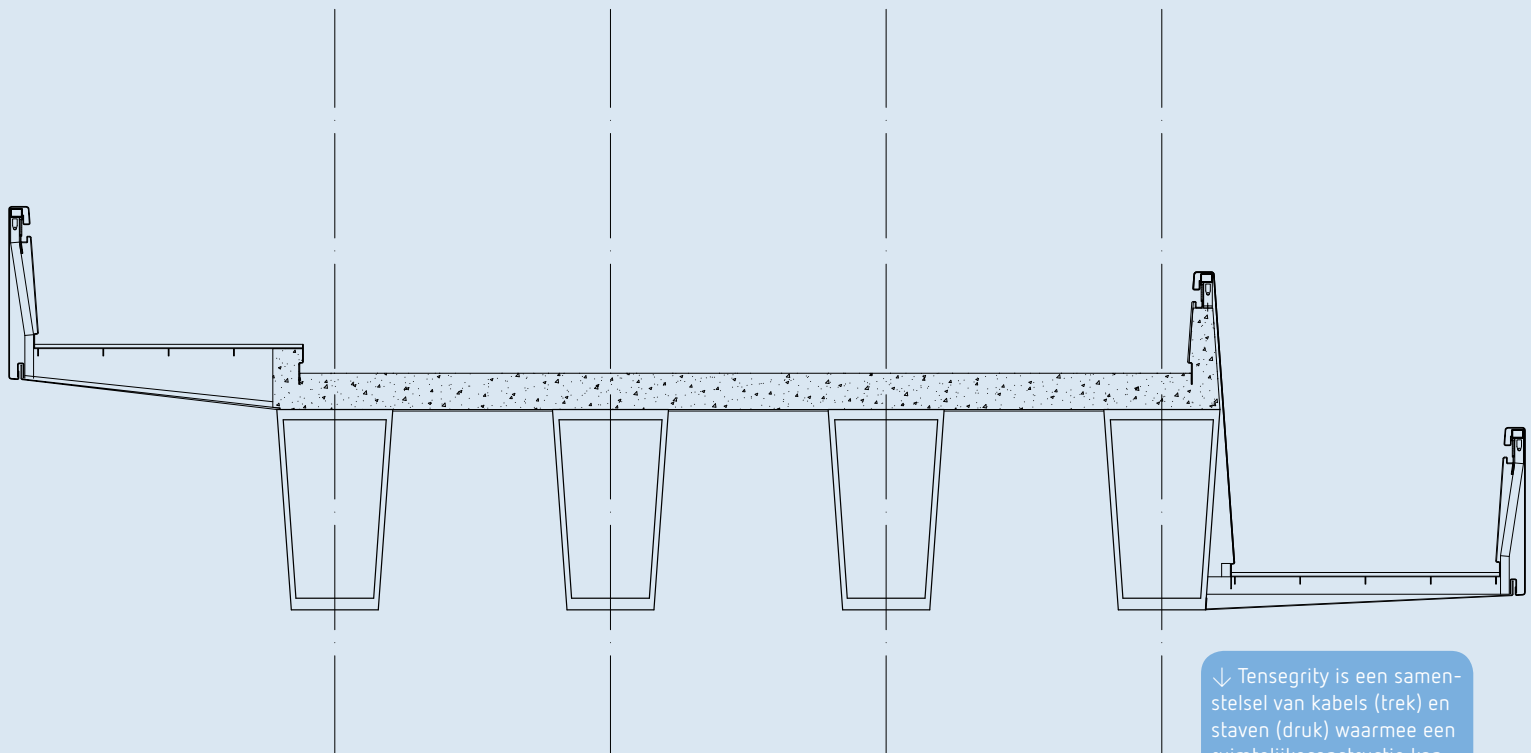
Na-Druk-Gelukbrug



Mobilis biedt integrale en duurzame infrastructurele oplossingen voor verkeer, industrie en water. Of dat nu wegen, bruggen, tunnels, viaducten, ecoducten, stations of energiecentrales zijn. Zo hebben wij bijvoorbeeld in Alpen a/d Rijn de energieneutrale brug “De Koningin Máximabrug” gebouwd, in opdracht van de gemeente Alpen aan den Rijn.

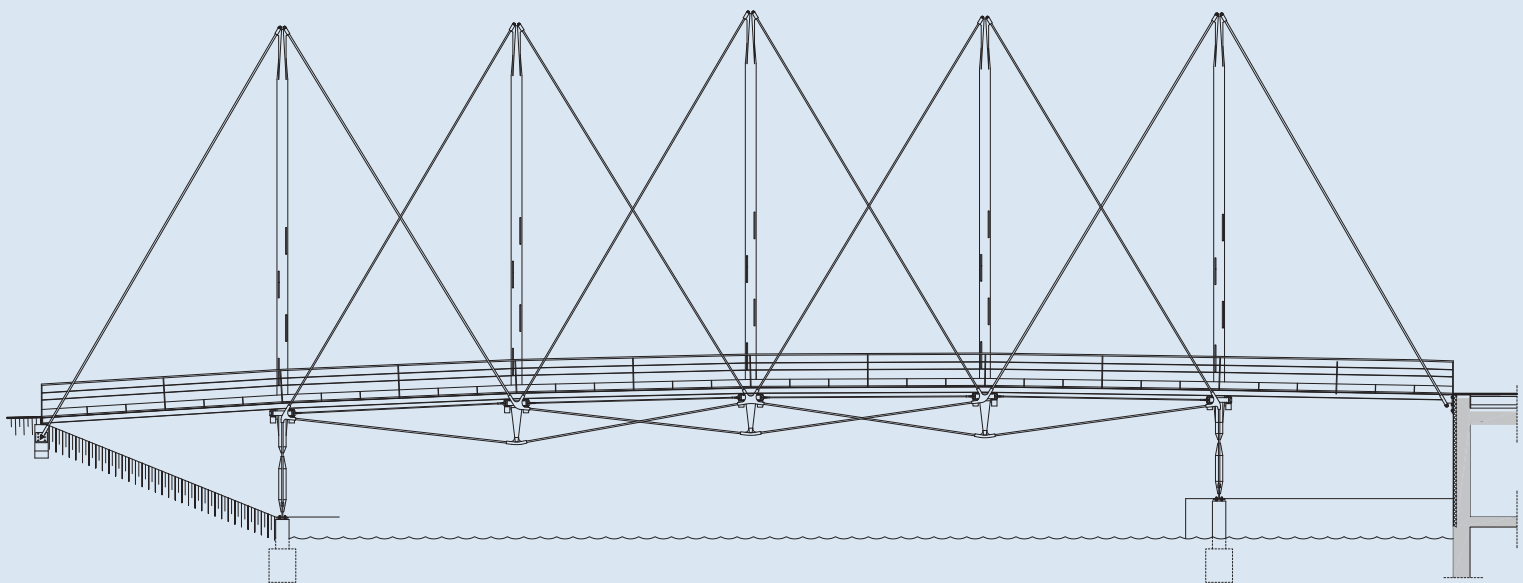
Mobilis is onderdeel van TBI, een groep van ondernemingen die onze leefomgeving op een duurzame manier vernieuwt, inricht en onderhoudt. De groep kenmerkt zich als een wendbare netwerk organisatie. De TBI ondernemingen beschikken over hoogwaardige, specialistische expertise op het gebied van Techniek, Bouw en Infra.





Dwarsdoorsnede Na-Druk-Gelukbrug

↓ Tensegrity is een samenstelsel van kabels (trek) en staven (druk) waarmee een ruimtelijkeconstructie kan worden vormgegeven. →



Hengelobrug - zijaanzicht

De elegante brug verbindt als een kunstig breiwerkje twee massieve woonblokken in het nieuwe stadshart van Almere

De constructie is zodanig vormgegeven dat de brug geen van de richtingen uit de directe omgeving benadrukt, maar een eigen identiteit heeft gekregen. De brug overspant de verbindende waterweg tussen het open Weerwater en een haventje voor gemotoriseerde boten. De vrije

doorvaarhoogte is 2,80 m. Met de constructie van onderspannen masten verwijst de brug wel naar het wispelturige beeld van zeilboten, waardoor de maritieme sfeer van het havengebied wordt verlevendigd. Dat was heel belangrijk voor de opdrachtgever.

Om een te massief uiterlijk te voorkomen, is gekozen voor een scheiding van de twee verkeersstromen. Twee smalle banen ogen immers slanker dan één brede. Het tensegrity-achtige constructieprincipe van de brug (zie kader) bestaat uit vijf dubbele liggers die evenzoveel masten

dragen. De liggers zijn op hun beurt met spankabels opgehangen aan de naastliggende masten. De twee buitenste liggers worden direct gedragen door dubbele schuine kolommen die op een betonnen fundering in het water staan en de vaste steunpunten vormen van de brug. Onder de brug lopen de spankabels door tot aan de voet van de masten die tot ongeveer een meter onder het dek uitsteken. Door de kabels voor te spannen, krijgt de brug een grotere stijfheid.

De elf meter hoge masten doen door de geïntegreerde verlichting tevens dienst als lantaarnpalen. Aan weerszijden van de verkeersstroken, bestaande uit geanodiseerde aluminium tranenplaten, komen leuninggen die zijn uitgevoerd met staalkabels, waardoor ze geen afbreuk doen aan het slanke uiterlijk van de brug. Doordat de leuninggen naar binnen toe hellen, is voorkomen dat er aanrijdingen met de schuin geplaatste masten of tuidraden plaats zullen vinden.

Het ontwerp wordt gekenmerkt door ambiguïteit. Vanaf het water gezien levert de brug een symmetrisch, statisch en neutraal beeld op. Naarmate men zich naar de rijrichting begeeft, ontstaat echter een steeds dynamischer beeld doordat de masten in de dwarsrichting scheef staan. De brug geeft het grootschalige en ambitieuze stadscentrum de benodigde lichtheid, als een stedelijke hangmat.



Hengelobrug



De brug geeft het grootschalige en ambitieuze stadscentrum de benodigde lichtheid, als een stedelijke hangmat.

Raad van Advies

ARUP



