

Nr.3 Jaargang 29
september 2021

Bruggen



DROGE VOETEN

Inhoud



4 DE EHZERBRUG



10 MAASPARK OOIJEN-WANSSUM



16 EEN VERNIEUWDE, CIRCULAIRE 'OER'BRUG IN ULFT



19 TWEELINGBRUGGEN OVER DE HERSTELDE SINGEL VAN UTRECHT



23 VIA SBIR NAAR CIRCULAIRE VIADUCTEN



30 VAN BRON TOT ZEE – BRUGGEN OVER DE MAAS



36 EERSTE BIO-BASED VVK BEWEEGBARE FIETSBRUG



42 **BY** ONDERHOUDSOPGAVE ALLEEN HAALBAAR MET IFD-BOUWEN

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 en Wils van Soldt.

BESTUUR

Jan de Boer, Bert Hesselink, Dick Schaafsma, Peter Vijn, Beate Vlaanderen, Jan Willem Warner en Fred Westenberg (voorzitter).

RAAD VAN ADVIES

Arup Nederland, DIVV Amsterdam, FiberCore, IV-Infra, Janson Bridging, Mobilis TBI Infra, Movares, ProRail, Rijkswaterstaat, 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: € 12,50, te bestellen via NL82 INGB 0000 0589 75

KOPIJ

De kopij dient voorzien te zijn van naam, adres en telefoonnummer van de inzender. Inzendingen kunnen zonder opgave van redenen worden geweigerd.

ADVERTENTIES

C&C Design, Ciska Klooster
ciska@ccdsgn.nl

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 VOOR- EN ACHTERZIJDE

© paul poels fotografie

OPLAGE

1000

ISSN 1571-4586

VAN DE REDACTIE

FRED VAN GEEST

Duizend miljard beschikbaar voor de verbetering van de Infrastructuur in de Verenigde Staten! President Trump beloofde het al, maar zijn mislukte herverkiezing strooide roet in het eten. Biden zet de plannen door en dat wordt hoog tijd want de erbarmelijke staat van bruggen, viaducten en wegen is allang een feit dat ook in het buitenland niet onopgemerkt is gebleven. In eigen land kunnen we er ook van meepraten gezien de recente problemen met het beweegbare deel van de Haringvlietbrug en alle monitoringsystemen die in bedrijf zijn om vroegtijdig gevaarlijke situaties te kunnen onderkennen.

Hergebruik van (onderdelen van) bruggen staat hoog op de agenda. In vervolg op ons artikel circulaire viaducten uit het juninummer, wordt nu meer recht gedaan aan de tien bedrijven die een offerte hebben uitgebracht om in aanmerking te komen voor het uitvoeren van een betaald haalbaarheidsonderzoek. Inmiddels zijn de haalbaarheidsonderzoeken uitgevoerd. In deze aflevering dus meer aandacht voor circulariteit en hergebruik van materialen. Maar ook de harde actualiteit wordt niet vergeten. Er is aandacht voor de wateroverlast in Limburg. In de programma's 'Ruimte voor de rivier' en 'Maaswerken' van Rijkswaterstaat is er gelukkig de afgelopen

decennia aandacht geweest voor een verbeterde waterafvoer en waterberging van onze Grote Rivieren. De schade is er dit voorjaar door beperkt gebleven en resulteerde in mooie opnamen van bruggen over waterwegen die meestal geheel of nagenoeg geheel droog staan. De mooie luchtopnamen uit het artikel over de bruggen in het Maaspark Ooijen-Wanssum getuigen hiervan. Veel leesplezier en een goede hervatting van de werkzaamheden na de vakantieperiode toegewenst!



NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

BRUGGEN

PLATFORM FIETS+VOETBRUGGEN

Het PLATFORM FIETS+VOETBRUGGEN organiseert haar 7^e symposium door en met u als spreker op 11 november 2021

Programma en aanmelden via bruggenstichting.nl

Fietsbrug Tegenbosch over de A2
© paul poels fotografie

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.



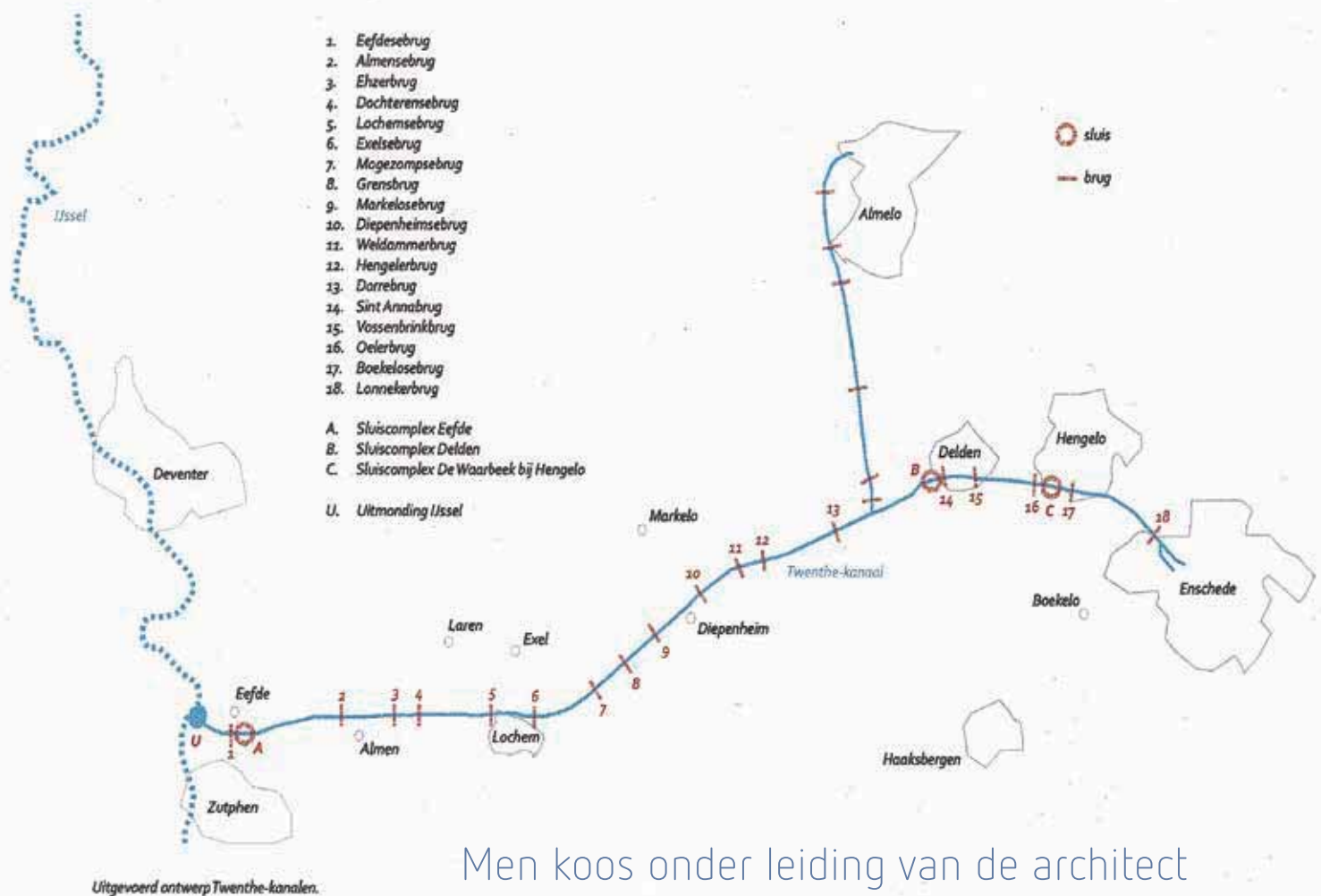


1 De brug gezien in westelijke richting
© auteur

DE EHZERBRUG

Geri van Itersum

In 1946 werd bij Almen over het Twentekanaal de in de oorlog vernietigde oude brug tijdelijk vervangen door een Callender-Hamilton brug. Deze tijdelijkheid duurt inmiddels 75 jaar. De brug heeft in die tijd een bijzondere status verkregen, want het was de locatie voor een filmset, verscheen op een postzegel en de gemeente Lochem beschouwt het als één van haar parels. Zo'n brug maakt je nieuwsgierig.



2 De Twentekanalen met bruggen en sluisen

© Rijkswaterstaat

Men koos onder leiding van de architect Dirk Roosenburg voor vaste boogbruggen met een doorvaarthoogte van 5 meter

SUCCES VAN EEN MISLUKKING

Dat is de titel van een boek over de ontstaansgeschiedenis van het Twentekanaal. Je verwacht dan een moeizame start van het kanaal en dat was ook zo. De Twentse textielbaronnen lobbyden eind 19e eeuw al voor een kanaal vanwege de aanvoer van steenkool, die nodig was voor hun stoomweverijen en -spinnerijen. De planvorming begon echter pas in 1907. Er passeerden maar liefst acht mogelijke tracés de revue, want de steden in de regio wilden allemaal hun eigen belang doordrukken. Er werd zelfs een tracé voorgesteld van de Rijn bij Lobith door de Achterhoek naar Enschede. Na meer dan 20 jaar gekibbel, viel de keuze uiteindelijk op de aansluiting van het kanaal op de IJssel bij Zutphen. Daar begon men met de aanleg in 1929 en in 1936 werd het laatste stuk naar Enschede opengesteld (zie fig. 2). In 1938 volgde nog de zijtak richting Almelo. Het was crisistijd en de aanleg werd in het kader van de werkverschaffing deels met de hand uitgevoerd.

BEZUINIGING OP BRUGWACHTERS

Bij het ontwerp van de bruggen had men daarentegen geen oog voor de werkgelegenheid. Bij de aanleg werden over het gedeelte Zutphen-Enschede 18 bruggen gebouwd, 14 betonnen bruggen en 4 stalen bruggen. Men koos onder leiding van de architect Dirk Roosenburg voor vaste boogbruggen met een doorvaarthoogte van 5 meter. Deze waren duurder dan beweegbare bruggen, maar men verwachtte deze investering terug te verdienen, doordat er dan geen brugwachters nodig zouden zijn. Eén van deze betonnen bruggen was de Ehzerbrug, die in 1930 werd opgeleverd. Tot verbazing van de omwonenden werden de bruggen al gebouwd voordat er een kanaal lag (zie fig. 3). Men maakte zich zorgen of het allemaal wel goed zou uitkomen. Het kwam uiteraard goed, maar dan technisch gezien. Economisch gezien liep het anders, want de crisis had natuurlijk ook negatieve gevolgen voor de industrie in

Twente, waardoor de scheepvaart niet op gang kwam. Men zag het kanaal dan ook als een mislukking.

HET KANAAL ALS VERDEDIGINGSLINIE

De Nederlanders hielden al in 1939 rekening met een inval vanuit Duitsland. Een opmars uit het oosten moest worden vertraagd door versperringen en het vernielen van bruggen. Er liep een verdedigingslinie van de Rijn door de Achterhoek naar Lochem, vervolgens langs het Twentekanaal en de zijtak naar Almelo. Dat betekende dat alle bruggen oostelijk van Lochem zouden moeten worden vernietigd bij een inval. Op 10 mei 1940 werd dit scenario ook daadwerkelijk uitgevoerd. De Ehzerbrug lag echter westelijk van deze linie en is bewaard gebleven. Althans voorlopig, want bijna vijf jaar later, om precies te zijn op 2 april 1945, werd de brug alsnog opgeblazen, dit keer als gevolg van de Duitse strategie om de opmars van de geallieerden te stoppen.



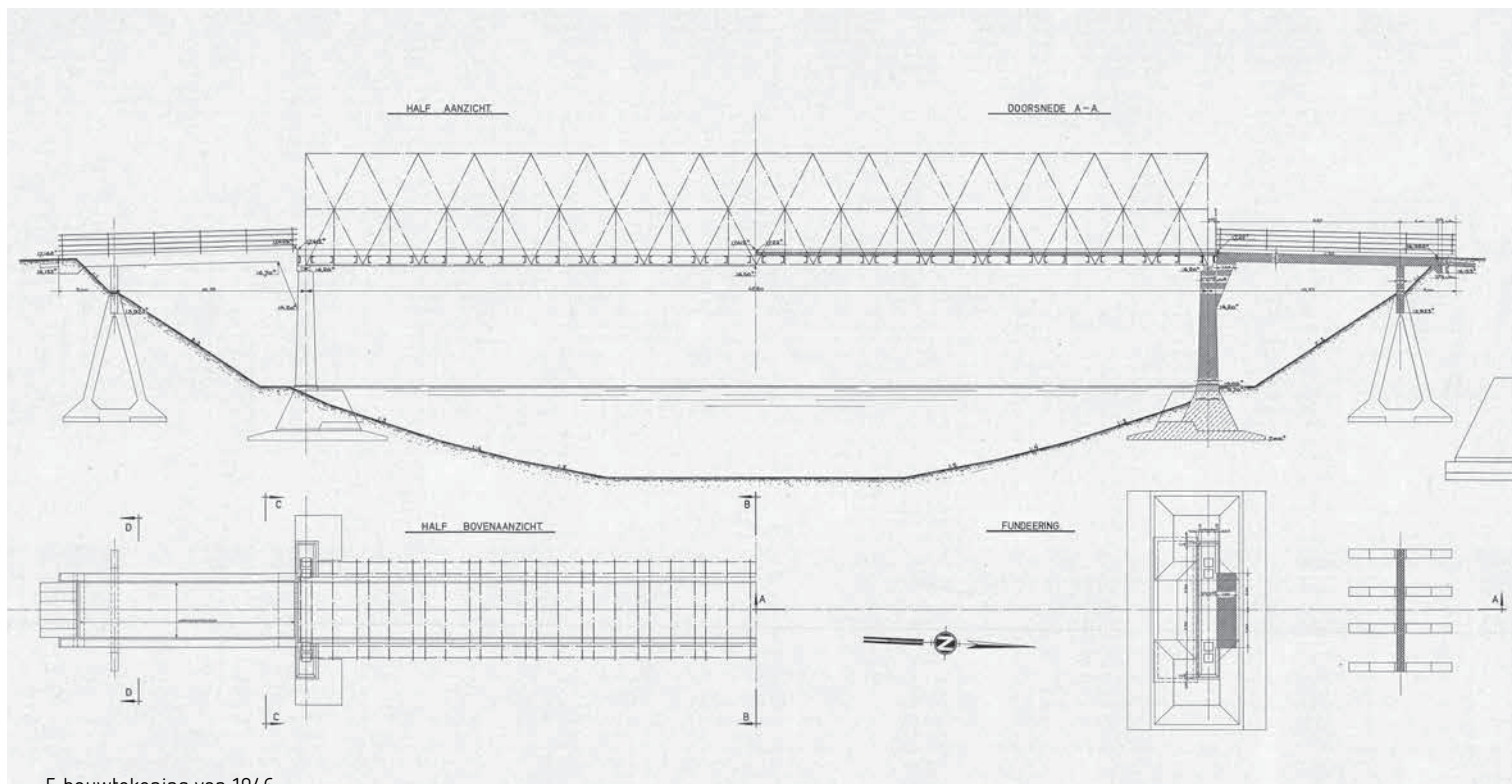
3 Aanleg van een van de betonnen boogbruggen in het droge
© Rijkswaterstaat

HAMILTON VERSUS BAILEY

Langs het Twentekanaal werd in de laatste oorlogsweken fel gevochten. Alle bruggen werden vernield. Het kanaal was als het ware een grote tankgracht. Het kostte veel tijd om alle puin op te ruimen. Daartoe liet men het kanaal eerst leeglopen. Hergebruik van delen van de betonnen bruggen was niet mogelijk. Men moest het voorlopig doen met ponten en enkele door de geallieerden aangelegde baileybruggen, vernoemd naar de uitvinder Donald Coleman Bailey. De bevelvoerder maakte echter gebruik van een ontwerp van Archibald Mine Hamilton, een ingenieur uit Nieuw Zeeland. In samenwerking met het Britse Callenders Cables bouwde hij wat de Callender-Hamilton brug ging heten, een modulair geprefabriceerde, stalen vakwerkbrug, die als een soort meccano met bouten in elkaar wordt gezet. De montage duurde echter veel langer dan die van de baileybrug, die ook alleen met menskracht kon worden aangelegd.



→ 4 vernielde brug bij Almen in 1945, bewaakt door
een man van de binnenlandse strijdkrachten
© Heitling en Jensen



5 bouwtekening van 1946

© Rijkswaterstaat



6 In het kader van de werkverschaffing werden delen van het kanaal met de hand uitgegraven. Men moest 60 uur per week werken voor 20 gulden;
© Heitling en Jensen

De Baileybrug kreeg dan ook de voorkeur bij snelle militaire operaties. De Callendar-Hamilton was echter veel sterker en duurzamer. Bij de vervanging van de Ehzerbrug werd voor dit ontwerp gekozen ten behoeve van militaire transporten van de geallieerden tussen Zutphen en Duitsland. Die duurzaamheid is wel bewezen, want hij ligt er nog steeds na 75 jaar. En hij voldoet nog prima, al waren daar wel een paar aanpassingen voor nodig.

AANPASSING AAN DE SCHEEPVAART

Vanwege de toename van het containervervoer en de komst van een containerhaven in Hengelo was het gewenst dat schepen met drie lagen containers door het kanaal zouden kunnen. Dat kon net, op één knelpunt na: de Ehzerbrug. Die was iets te laag. Daarom besloot Rijkswaterstaat de brug in 2001 met 200 mm op te vijzelen. Daarmee kwam de doorvaarthoogte op 6,5 m. Er waren echter meer maatregelen

nodig. Vanwege de groei van de havens in Almelo, Hengelo en Enschede en de toenemende afmetingen van de schepen besloot Rijkswaterstaat het kanaal op te waarderen van een klasse IV- tot een klasse Va-vaarweg. Daarmee werd het kanaal bevaarbaar voor schepen met een lengte van 110 m, een breedte van 11,4 meter en een diepgang van 3,5 m. Tussen 2004 en 2007 werd in de eerste fase van dat plan de vaarweg tussen Eefde en Delden verbreed en verdiept.

Dit had geen consequenties voor de Ehzerbrug, wel voor wat er onderdoor vaart. In 2018 passeerden er ruim 13.000 schepen de brug. Dat aantal was weliswaar minder dan in de naoorlogse jaren, maar de hoeveelheid lading was verveelvoudigd. Om de wachttijden bij de sluis bij Eefde te verminderen, is daar een tweede sluiskolk gebouwd, die vorig jaar is opengesteld. Aan de tweede fase van de verruiming (Delden-Enschede en de zijtak naar Almelo) wordt momenteel gewerkt. Dat zal het scheepvaartverkeer verder doen toenemen. Het Twentekanaal is dus toch een succes geworden!

AANPASSING AAN HET WEGVERKEER

De brug ligt in de Ehzerallee, een gemeentelijke weg tussen Almen en de N826. De naam doet vermoeden dat er een plaats Ehze is. Dat klopt in zoverre dat er een paar honderd meter ten zuiden van de brug een kasteel De Ehze stond. Dit middeleeuwse kasteel is na ingrijpende verbouwingen uiteindelijk begin vorige eeuw gesloopt. Op die plaats ligt nu het landgoed De Ehze, in eigendom van het Gelders Landschap. De weg heeft hoofdzakelijk een functie voor het landbouwverkeer. De verkeersintensiteit is beperkt, niet veel meer dan 1000 voertuigen per dag. Desalniettemin werd de brug te licht bevonden voor de steeds zwaardere voertuigen. In 2017 werd daarom de draagkracht van de brug verhoogd. Daarmee is de brug geschikt voor verkeer tot 600 kN met een maximale aslast van 115 kN. Volgens de beheerder Rijkswaterstaat moet de brug zo weer 30 jaar mee kunnen.

DE BRUG BEKROOND

De Ehzerbrug is in 2020 verkozen tot Ruwe Diamant van de gemeente Lochem. Die onderscheiding wordt toegekend aan panden/constructies in de regio die herkenbaar zijn voor de ontwikkeling van de Achterhoek tijdens de wederopbouwperiode. In een heel ander verband speelden diamanten een rol in 2004. Toen speelde de brug een rol in een speelfilm over Pietje Bell: de jacht op de Tsarenkroon. In de beslissende scene ontmoeten de dieven van de rijk met edelstenen versierde kroon, de politie en Pietje Bell en zijn kornuiten elkaar op de



7 het kanaal in oostelijke richting

© auteur

smalle brug. Tijdens de schermutselingen die ontstaan, dreigt de kroon in het water te vallen. Maar dan.....? U kunt de afloop op YouTube bekijken. De opnamen trokken veel bejijks en in de volksmond wordt de brug dan ook wel 'Pietje Bellbrug' genoemd.

In 2015 viel de Ehzerbrug wederom een eer te beurt. De brug pronkt dan tezamen met negen andere bruggen op de postzegelserie 'Bruggen in Nederland'.

Zo ziet u maar dat ook iets dat maar tijdelijk bedoeld was, na 75 jaar nog kan gloriëren!



BRONNEN O.A.:

- Willie Heitling en Leo Lensen, De Twentekanalen, succes van een mislukking, Terra Zutphen, 1984
- Bruggen in Nederland 1940-1950, Nederlandse Bruggenstichting, 2009
- Geri van Ittersum, de Twentekanalen, De Binnenvaart 2013/2
- Rijkswaterstaat Oost Nederland



8 still uit de film 'De jacht op de Tsarenkroon'
© NPO



9 de postzegel uit de serie van 2015

Specialist in Asset Management
voor Civiele Kunstwerken



Onze specialismen:

- Inspecties
- Risicogestuurd onderhoud
- Constructieve berekeningen
- Contracten
- Duurzaamheid
- Circulariteit



Kijk voor meer informatie op
www.westenberg.net

**De kunst van
duurzaam ontzorgen**

Raad van Advies Bruggenstichting

ARUP



Gemeente Amsterdam
Dienst Infrastructuur Verkeer en Vervoer



ProRail



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

MAASPARK OOIJEN-WANSSUM

Joris Smits en Eric Bodarwé | Ney & Partners



1 Ranke en ingetogen bruggen over de Oude Maasarm zorgen voor maximale waterdoorlaat
© Paul Poels

De hevige watersnood waarmee Limburg in juli 2021 te maken kreeg, en het daarmee gepaard gaand menselijk leed, zal voor altijd in ons geheugen gegrift staan. Dat het allemaal nog veel erger had kunnen zijn, hebben we kunnen zien bij onze burens. In zowel Duitsland als in België waren meer dan 200 doden te betreuren en loopt de materiële schade in de miljarden. Nederland is door het oog van de naald gekropen, mede dankzij een serie ingrijpende waterwerken die de afgelopen jaren zijn gerealiseerd en die een oplossing bieden voor de hoogwaterproblematiek (zie omslagfoto voor- en achterzijde). Aanleiding voor deze waterwerken waren de overstromingen in 1993 en 1995 toen Limburg ook werd opgeschrikt door twee grote overstromingen van de Maas. Dergelijke hoge waterstanden waren sinds 1926 niet meer voorgekomen en de economische schade was dan ook enorm.

Een pareltje op het gebied van hoogwaterbestrijding is zonder meer het Maaspark Ooijen-Wanssum, een nieuw natuurgebied dat eind 2020 gerealiseerd is tussen Ooijen en Wanssum. Doordat de Maas hier weer de ruimte kreeg om te kunnen overstromen, werd tijdens de watersnood bij

Venlo een waterstanddaling van 0,35 m bereikt. Vrij toegankelijk, aaneengesloten, waterrijk; dat zijn de eigenschappen van Maaspark Ooijen-Wanssum, een natuurgebied dat anders is dan andere natuurgebieden. Het is met 540 hectare het grootste aaneengesloten gebied met Maasnatuur in Noord-

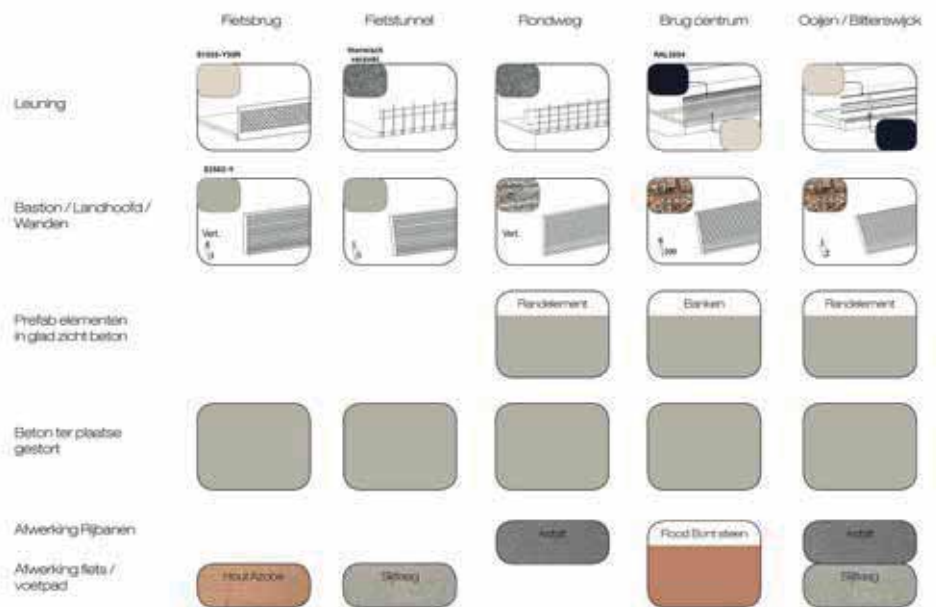
Limburg. In dit gebied staat het oorspronkelijke Maasterrassenlandschap centraal en is de invloed van het water overal merkbaar. De tienduizend jaar oude rivierlopen van de Maas zijn herkenbaar en zijn nu het domein van water in vele gedaanten. Beken, moerasbossen en met grondwater

gevoede laagtes maken het tot een zeer gevarieerd gebied met een uitzonderlijke ecologische rijkdom. Eens in de zoveel tijd stroomt er Maaswater door het gebied. Bij hoge waterstanden stromen de hoogwatergeulen als eerste mee. Wanneer de waterstanden in de Maas verder stijgen, zal de gehele tien kilometer lange Maasarm van Ooijen tot Wanssum zich vullen en op spectaculaire wijze meestromen met 'Moeder Maas' (moeder Maas).

Om gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum mogelijk te maken, is intensief samengewerkt door alle partijen. Alle betrokken overheden dragen financieel bij en sturen met één gezamenlijk budget het projectbureau aan. Hierdoor worden vele doelen gediend en is grote meerwaarde tot stand gekomen. De omgeving is intensief betrokken en er is sprake van een ongekend groot draagvlak voor een project met een dergelijke impact. Alle opgaven zijn gezamenlijk uitgevraagd, waardoor het mogelijk was om de wegen, bruggen, dijken en natuur in samenhang te ontwerpen. Bijzonder is de betrokkenheid van de aannemer in een vroeg stadium en de continue, intensieve dialoog in de uitvoeringsfase. Door consequent doorgevoerde en SMART geformuleerde kwaliteitskaders in combinatie met zeer grote ontwerprijheid voor de aannemers-combinatie, is aanzienlijke meerwaarde tot stand gekomen op het gebied van ruimtelijke kwaliteit en zijn tal van innovaties doorgevoerd.

DE BRUGGEN VAN HET MAASPARK

De afgelopen jaren zijn er in het gebied tussen de dorpen Ooijen en Wanssum (Noord-Limburg) tal van maatregelen genomen om de waterveiligheid te verbeteren: de Oude Maasarm werd gereactiveerd, er werden dijken verlegd en er kwamen twee hoogwatergeulen. In Wanssum werd bovendien de haven uitgebreid en een rondweg aangelegd. Ney & Partners stond in voor de architectonische en constructieve ontwerpen van de verschillende kunstwerken (vier bruggen, twee onderdoorgangen en één fietsbrug). In combinatie met Dura Vermeer-Ploegam is samen de opdracht uitgewerkt en in 2021 opgeleverd.



In het Maaspark Ooijen-Wanssum is de hoofdrol weggelegd voor het water in zijn vele gedaanten, voor de natuur en voor de unieke ecologische rijkdom van dit natuurgebied. De nieuwe bruggen over de Oude Maasarm zijn om die reden ingetogen van aard, maar toch zeer markant en eigen aan het Maaspark. De bruggen bij Wanssum, Blitterswijk en Ooijen vallen op door hun ranke vormgeving, ondergeschikt aan het landschap. Door de geboden ontwerpvrijheid was het mogelijk deze bruggen in het werk te storten. Hierdoor kon het brugdek uiterst slank worden en konden de bruggen zodoende van dijk tot dijk overspannen, zonder lange aanbruggen. De landhoofden vormen als bastions verbijzonderingen aan de dijk. De brug over de Molenbeek bij Wanssum vormt een nieuwe ontmoetingsplek in het dorp.

De brug van de nieuwe rondweg over de haven, is indrukwekkend door de enorme lengte en hoogte die in één strak gebaar

wordt overbrugd met de grootste prefab overspanning van de wereld¹. Ten slotte kruist een licht en minimalistisch ontworpen fietsbrug de nieuwe Rondweg.

De vier grote kunstwerken vormen samen één vormgevingsfamilie, maar zijn niet identiek aan elkaar. Voor een zorgvuldige, lokale inpassing, die aansluit bij de functie en de omgeving van de kruising, krijgt elke brug een specifieke uitwerking. De familierelatie wordt duidelijk door de eenheid in materialisatie, de sculpturale vormtaal, dezelfde vormgeving van de landhoofden en een zelfde kleurpalet (fig. 2).

Voor de bekleding van de landhoofden en de hoge wanden van de rondweg zijn specifieke geprefabriceerde panelen ontworpen (fig. 3). De structuur van deze panelen met een horizontaal reliëf herhaalt zich en symboliseert het unieke terrassenlandschap van de Zandmaas. In de betonsamenstelling van deze 'Maaskeienwand' passen wij lokale

1 zie ook artikel in BRUGGEN – september 2020





a



b



c



d

↑ ↗ 5a,b,c Kweibrug

© Paul Poels

5 d t' Veunderke, ten zuiden van Ooijen

© Paul Poels

materialen zoals maaskeien en maaszand toe. Het gebruik van verschillende kleuren uit het palet (fig. 2) versterkt ook de identiteit van de kunstwerken en laat een lokale verankering toe. Bijvoorbeeld krijgen de bastions van de bruggen van de oude Maasarm en het centrum van Wanssum een okerkleur voor een optimale inpassing in hun groene omgeving, terwijl de panelen van de rondweg in het industrieterrein grijs zijn.

'T VEUNDERKE EN DE KWEIBRUG

Op de doorgaande route tussen Wanssum en Broekhuizen zijn ter plekke van de Oude Maasarm op twee plaatsen bestaande wegdelen vervangen door bruggen. t' Veunderke (fig. 5a-d), ten zuidoosten van Blitterswijk, en de Kweibrug, ten zuiden van Ooijen, zorgen voor een hoogwatervrije ontsluiting van het gebied. Op de lengte na zijn beide bruggen identiek van opzet. Bij normale waterstanden manifesteert de nevengeul zich als een 'groene rivier' waar doorheen een meanderend waterstroompje

voortkabbelt. Echter bij hoge waterstanden, zoals we die in juli van dit jaar zagen, transformeert het gebied zich tot een spectaculair waterlandschap waar geïsoleerde bebouwing en plukjes groen omringd zijn door het wassende water. De pijlers van de bruggen verdwijnen in deze situatie bijna geheel onder water en het dek lijkt haast te drijven op het wateroppervlak. De bruggen over de 'groene rivier' vormen belangrijke schakels in de toeristisch-recreatieve infrastructuur van het gebied. Zij waarborgen eveneens een goede bereikbaarheid voor zowel bewoners, bezoekers als vrachtverkeer. De weg fungeert ook als evacuatieleroute. De kunstwerken worden gebruikt door (gemotoriseerd) wegverkeer en zijn ook bestemd voor wandelaars en fietsers. t' Veunderke is een betonnen brug met een totale lengte van 132,5 m verdeeld in zeven velden. De Kweibrug is ook van gewapend beton met een totale lengte van 200 m, verdeeld in 10 velden. Voor beide bruggen

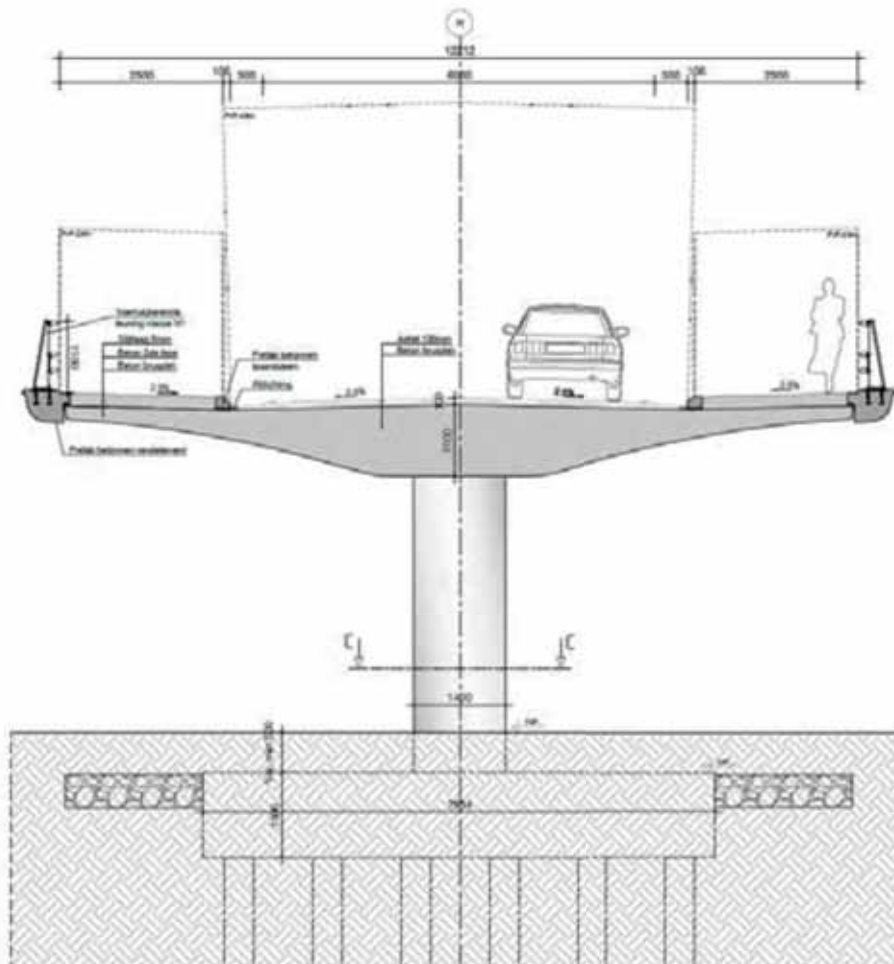
geldt dat het dek een functionele breedte heeft van 12,1 meter, bestaande uit twee rijstroken van 3,5 m en twee voet+fietspaden van 2,5 m. De twee bruggen rusten op enkelvoudige pijlers met een ellipsvormige dwarssectie (1,4 m x 1 m). Alle kolommen zijn monolithisch aan de het dek verbonden, uitgezonderd de twee uiterste kolommen van de Kweibrug. Het aantal opleggingen is daardoor tot een minimum beperkt, wat het nodige onderhoud sterk vermindert. Dit is een belangrijk aspect mede omdat bij extreem hoge waterstanden de opleggingen nat zouden kunnen worden en zouden kunnen corroderen. De monolithische koppeling leidt tot een eenduidige en expressieve vormgeving wat het rustige en ruimtelijke beeld versterkt. De brugdekken zijn in het werk gestort. Dit gebeurde veld voor veld op een verplaatsbare bekisting.

Op de dekken wordt het standaardsysteem van een geleiderail plus een leuning door een enkele, voertuigkerende leuning vervangen. De kwetsbare gebruiker heeft dus een minder opgesloten gevoel tussen de twee leuningen en ervaart een versterkt gevoel van openheid.

De frontwanden van de landhoofden hebben een helling van 2:1, zoals de steile randen van de dijken. De prefab elementen zijn op lichte poeren gefundeerd en samen met een geogrid, dat verankerd is in de panelen, zorgt dit voor de stabiliteit van het geheel met het grondpakket erachter. Deze efficiënte oplossing wordt voor al de landhoofden toegepast maar ook voor de wanden van de rondweg met panelen tot 10 m hoog.

CENTRUMBRUG OVER 'T BROEK, WANSSUM

De brug in de dorpskern van Wanssum verbindt het oostelijke en westelijke deel van het dorp. De Centrumbrug (fig. 6) wordt gebruikt door gemotoriseerd wegverkeer, maar ook en vooral door voetgangers en fietsers. De nieuwe brug scheert laag over het



↑ 5 Dwarsdoorsnede van de Kweibrug



←6a ↙ b ↓ c Centrumbrug Over 't Broek, Wanssum
© Paul Poels





↑ ↗ 7 Lienebrug over de haven van Wanssum
© Paul Poels

water waardoor de beek in het hart van Wanssum leefbaar wordt. Dit kunstwerk is niet enkel een verbinding, maar eveneens een bestemming. De brug Over 't Broek is ontworpen als een ontmoetingsplek; door een subtiel spel van niveaus krijgen de gebruikers die even op de zitbanken pauzeren, een panoramisch uitzicht op het Molenbeekdal en de jachthaven. De brug vormt samen met zijn directe omgeving een plein in de kern van Wanssum. De brug is bestraat met gebakken straatstenen afkomstig van een steenfabriek langs de Maas, en biedt een dorpse uitstraling. De betonnen brug heeft een totale lengte van 81 m, verdeeld in twee gelijke overspanningen. De breedte van het dek varieert tussen 12 m ter hoogte van de landhoofden en 23,5 m in het midden van de brug. Het brugdek en de pijlers zijn in het werk gestort en monolithisch met elkaar verbonden. Hierdoor ontbreekt een onderslagbalk en opleggingen, hetgeen het onderhoud aanzienlijk makkelijker maakt. Het brugdek is voorgespannen met 18 kabels van 22 strengen. Om het brugdek lichter te maken, zijn polystyreen blokken in het hart van het betonnen dek gebruikt. (Fig. 6c)

LIENEBRUG, WANSSUM (FIG.7)

De N270 krijgt ter hoogte van Wanssum een nieuw tracé dat om de woonkern heen zal liggen. De nieuwe rondweg zal voor een betere leefbaarheid in het dorp zorgen omdat het doorgaand verkeer voortaan rond de kern zal geleid worden. Daarnaast is de rondweg een belangrijke voorwaarde voor de uitbreiding van het haven- en industrieterrein van Wanssum. Het belangrijkste kunstwerk van de Rondweg is de oversteek van de haven van Wanssum. De Lienebrug ligt ter hoogte van de kruising tussen de rondweg en het

kanaal van de haven van Wanssum. De brug bestaat uit prefab kokerliggers met een overspanning van 69 m. Daarmee zijn het officieel de langste, voorgespannen liggers ter wereld. Door de omvang van de liggers en de massa (256 ton per ligger) konden de liggers onmogelijk over de weg vervoerd worden. Daarom zijn ze over het water vanuit Kootstertille naar de haven van Wanssum getransporteerd. De liggers zijn vanaf het water ingehesen en gemonteerd met twee drijvende bokken. De landhoofden zijn laaggefundeerd op palen. Gewapende grond achter de frontwand voorkomt horizontale gronddruk op de frontwand.

Naast de Lienebrug over de haven, kruist de rondweg ook twee lokale wegen. Daarvoor zijn twee viaducten gerealiseerd met overspanningen van 23 m en 32 m. Deze zijn ontworpen als 'gaten in de wand'. De dekken bestaan uit prefab liggers. Deze zijn op hooggefundeerde landhoofden op gewapende grond gefundeerd.

FIETSBRUG OP DE HAARD

De fietsbrug 'Op de Haard' kruist de nieuwe Rondweg ter hoogte van de Meerlosebaan. Het profiel van de insnijding van de rondweg in het Hoogterras moet het sterke element blijven. De fietsbrug is ontworpen als een licht en minimalistisch object met een nauwelijks zichtbaar landhoofd. In dit viaduct komen formele eenvoud en constructieve krachtswerking samen in een integraal geheel. De dragende structuur van het stalen viaduct is in de hoogte van de leuning geïntegreerd. Deze is als een gelaserde plaat uitgevoerd. De overspanning tussen de steunpunten bedraagt 36,0 m en de breedte tussen de leuning is 3,5 m. Het loopvlak van het brugdek is in hout uitgevoerd. De vrije hoogte tussen bovenkant rijbaan en onderkant fietsbrug is vergroot tot 6 m om de aanrijbelasting op de onderkant van de fietsbrug te verlagen. Het dek is berekend om een aanrijbelasting van 1 MN op te vangen. De landhoofden zijn met prefab panelen uitgevoerd. Een specifieke textuur met horizontale ribbels is ontworpen voor een optimale inpassing in de context.



→ 8 Viaduct Geijsterseweg
© Paul Poels

PRIJZENKAST

Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum heeft de volgende prijzen in ontvangst mogen nemen:

1 LILA 2021

Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum is winnaar van de LILA 2021 in de categorie infrastructuur! LILA staat voor de Landezine International Landscape Award, een internationale prijs voor bijzondere landschapsarchitectuur in de wereld. Volgens de jury hebben de ontwerpers “op geheel eigen Hollandse wijze een nieuwe dijktypologie bedacht: innovatieve terreinmodellering voor efficiënter en

PROJECTGEGEVENS

VRIP Kunstwerken Ooijen-Wanssum (2017-2021)	
Opdrachtgever	Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum, een project van vijf overheden: • RWS • Provincie Limburg • Gemeenten Venraai en Horst a/d Maas • Waterschap Limburg
Architectonisch ontwerp	Ney & Partners (2016-2018)
Constructief ontwerp	Ney & Partners
Landschapsonderzoek	H+N+S Landschapsarchitecten
Uitvoering	aannemerscombinatie ‘Mooder Maas’, van Dura Vermeer en Ploegam.



duurzamer landgebruik en eenvoudiger onderhoud.” De prijs is een enorme professionele waardering voor het ontwerp van het nieuwe Maaspark Ooijen-Wanssum.

2 Nominatie Gouden Piramide 2020-2021

Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum werd genomineerd voor de prestigieuze Gouden Piramide! Deze Rijksprijs voor inspirerend opdrachtgeverschap wordt tweejaarlijks uitgereikt aan een project waarin durf, ambitie en vernieuwing centraal staan. Volgens Rijksbouwmeester Floris Alkemade, juryvoorzitter van de prijs, was Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum één van de meest spannende nominaties. “In het project is goed nagedacht over de inrichting van het landschap om de waterhuishouding goed te organiseren. Ieder jurylid wil het project graag leren kennen.”

3 Waterinnovatieprijs 2019

Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum sleepte in 2019 door haar innovatieve dijkontwerpen de juryprijs in de categorie Waterveiligheid in de wacht.

4 Kwaliteitspluim 2018

In 2018 heeft Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum de Kwaliteitspluim van Rijkswaterstaat ontvangen. De Kwaliteitspluim is een aanmoedigingsprijs voor projecten waar Ruimtelijke Kwaliteit een significante en voorbeeldige rol heeft gespeeld. De gebiedsontwikkeling viel op vanwege de continue aandacht voor kwaliteit, van idee tot uitvoering. Ook werd de burgerparticipatie geprezen en de bijzondere samenwerking met alle partijen. “Al met al heeft Gebiedsontwikkeling Ooijen-Wanssum een goed inhoudelijk verhaal”, aldus één van de juryleden.



↑ ↙ ↓ 9 Fietsbrug
Op de Haard
© Paul Poels



De oude brug wordt vervangen door een vernieuwde versie van zichzelf en geeft de brug daarmee een tweede leven



1 Oude Melkvonderbrug

EEN VERNIEUWDE, CIRCULAIRE 'OER'BRUG IN ULFT

Samen met opdrachtgever Gemeente Oude IJsselstreek realiseert Dusseldorp Infra, Sloop en Milieutechniek in bouwteam de vernieuwing van de Hoge Brug, ook wel bekend onder de naam Melkvonderbrug, in Ulft. (Zie fig. 1 en 2)



De oude fiets-voetgangersbrug is een vaste brug en heeft een vrije hoogte van 8,75 m. De brug geeft toegang vanuit een woonwijk in Ulft, via het Speeltuinpad, tot het rijwielpad naar Silvolde en Terborg. De brug bestaat uit een houten dek en twee profielstalen langsliggers (zie fig.3). Deze zijn per zijde opgelegd op twee stalen poten of jukken die zijn voorzien van dwarsverbanden. De brug is gebouwd in 1956. De doorvaartbreedte tussen de jukken bedraagt ca. 23,3 m. De naam 'vonder' duidt er op dat deze brug een smalle brug is. De oorspronkelijke betekenis van het woord vonder duidt op een smalle brug, ter breedte van één of twee planken of een balk. De brug is een belangrijke verbinding tussen de plaatsen Ulft en Silvolde. Wandelaars, recreatiefietzers, scholieren en forensen maken dagelijks gebruik van de brug om de Oude IJssel over te steken.

CIRCULARITEIT ALS UITGANGSPUNT VOOR DE NIEUWBOUW

De oude brug wordt vervangen door een vernieuwde versie van zichzelf en geeft de brug daarmee een tweede leven. Duurzaamheid en circulaire economie staan hoog op de agenda in de gemeente Oude IJsselstreek. Met het vervangen van de brug, waarmee inmiddels op 7 juni jl. is begonnen, geeft de gemeente hier concreet invulling aan door circulariteit als uitgangspunt te nemen voor de nieuwbouw. De aannemer maakte samen met een aantal specialistische projectpartners een mooi passend ontwerp, waarbij bijna alle vrijkomende materialen worden hergebruikt. (Zie fig. 4)

EEN DUURZAAM ONTWERP MET OOG VOOR OORSPRONG EN OMGEVING

Oer staat voor ijzer. De streek rondom Ulft staat bekend om de oerhoudende grond waaruit ijzer werd gedolven. De regio kent dan ook een rijke historie als het gaat om de ijzerindustrie. In het nieuwe ontwerp blijft het (her)gebruik van ijzer gewaarborgd in de draagconstructie en de brugleuningen. Ook is er in het ontwerp plaats gemaakt voor een bordes, een prachtig uitkijkpunt over de Oude IJssel (zie fig. 5). Een plek waar je even afstapt van je fiets, of naartoe kunt met de rolstoel om ongehinderd

te genieten van het uitzicht. 's Avonds zorgt de minieme indirecte verlichting van de brug, naast veiligheid, voor een idyllisch totaalplaatje. (Zie fig. 6 en 7)

DE NIEUWE BRUG, NU AL VER RICHTING CIRCULAIR

Aan de gemeentelijke wens om over 50 jaar de brug circulair te kunnen hergebruiken, wordt een directe invulling gegeven. Dit gebeurt door bijna alle materialen van de oude brug te hergebruiken voor een opgewaardeerde en zo circulair mogelijke, nieuwe brug. Deze bestaat uit een draagconstructie gemaakt van staal van de huidige brug, versterkt met staal dat vrijkomt uit slooprojecten van de firma Dusseldorp ISM. Denk daarbij aan staal uit de voormalige buizenfabriek in Silvolde en een voormalige elektriciteitsmast. Voor het nieuwe brugdek wordt gebruik gemaakt van milieuvriendelijk verbeterd pijnboomhout met een beoogde levensduur van 60 jaar. Het gebruik van dit nieuwe hout wordt direct en ruimschoots gecompenseerd door de aanplant van nieuwe bomen op een landgoed in de Achterhoek. Deze bomen zijn binnen 28 jaar klaar voor gebruik.



3 Melkvonder Speeltuinpad Ulft

HET WAARBORGEN VAN CIRCULARITEIT

Wordt de Hoge Brug - Melkvonder nu de meest circulaire brug? Het is in ieder geval wel de brug waarvan de beloofde circulariteit aangetoond is en waargemaakt wordt. Dit wordt geborgd door tijdens de voorbereiding en bouw van de brug van alle toegepaste

materialen de constructie en herkomst tot in detail te monitoren. Elk materiaal dat door de keuring heen komt, wordt vastgelegd in het PRP®-grondstoffenpaspoort. Hiermee is alle informatie over de brug beschikbaar en inzichtelijk voor het hergebruik en/of recyclen over 60 jaar of later.



GERAADPLEEGDE LITERATUUR EN INFORMATIEBRONNEN

- Dusseldorp Infra Sloop Milieutechniek te Lichtenvoorde
- Wils van Soldt

AFBEELDINGEN

- fig. 1, 4 t.e.m. 6: fa. Dusseldorp ISM
- afb. 1, 6 en 7: fa Dusseldorp
- afb.2: AtPL
- afb.3: Wils van Soldt
- afb.4 en 5: Arch. Sander Boer (MAUC i.o.v. Mothership)

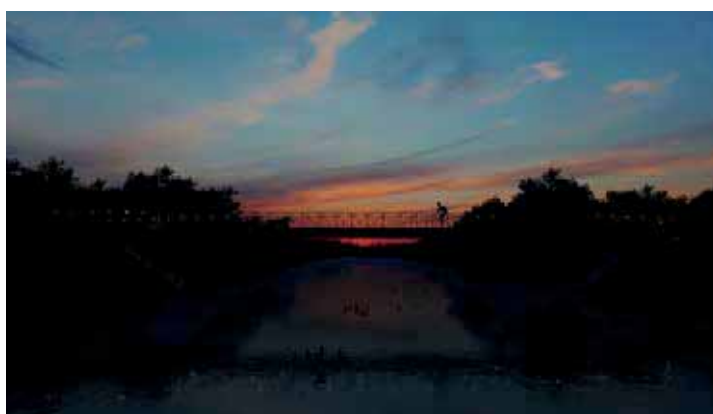


↑ 4 Bovenaanzicht vernieuwde Melkvonderbrug

← 5 één van de twee bordessen op de brug

↙ 6 Brugaanzicht in schemer

↓ 7 Brugaanzicht bij zonsondergang



TWEELINGBRUGGEN OVER DE HERSTELDE SINGEL VAN UTRECHT

Jeroen Eulderink | Architect Arcadis

Jeroen van Doorn | Projectleider Arcadis



1 Principe ontwerp Tweeling Bruggen 1

Architectonisch ontwerp Paardenveldbrug (links: NO-zijde, rechts: ZW-zijde).

In de 12e eeuw is de stadsbuitengracht rondom de oude binnenstad van Utrecht aangelegd. Deze staat tegenwoordig bekend als de Singel. De stadsbuitengracht is oorspronkelijk aangelegd als verdedigingswerk van de stad. De waterwegen Kromme Rijn en Vaartsche Rijn monden uit in het zuidelijke deel van de Stadsbuitengracht, de Utrechtse Vecht begint in het noordelijk deel. Langs de enkele, kilometerslange gracht ligt (grotendeels) het Zocherpark. Een deel van de gracht is in 1968 gedempt. In een referendum sprak de Utrechtse bevolking zich uit voor het weer opengraven van de gedempte Weerdsingel en Catharijnesingel. Rond 2000 begon het herstel van de Weerdsingel. Sinds 2020 is de gracht weer geheel bevaarbaar.



2 Marga Klompébrug

De sculpturaal en slank vormgegeven betonconstructie van de landhoofden en brugdekken geeft de gebruiker van het voetpad en de Catharijnesingel met zijn gebruikers de ruimte





4 schaduwlijn en schittering

Over de Stadsbuitengracht bevinden zich diverse bruggen. Een klein aantal brugverbindingen bestond al sinds de middeleeuwen als onderdeel van een stadspoort. Met de afbraak van de oude stadsverdediging rond 1850 verzezen de eerste nieuwe brugverbindingen. Vooral tot omstreeks 1940 zijn er nog een aantal bijgebouwd. Met de gedeeltelijke demping rond 1970 van de Stadsbuitengracht verdwenen in het gedempte gebied de Catharijnebrug, Molenbrug, Willemsbrug en de Westerbrug. Met het verder ongedaan maken van de demping zijn vanaf 2013

diverse nieuwe bruggen over de teruggebrachte gracht gelegd.” (Bron: Wikipedia)

NIEUWE SINGELBRUGGEN

Als onderdeel van het herstel van de Singel zijn twee nieuwe Singelbruggen gebouwd: de Paardenveldbrug en de Marga Klompébrug. De gemeente Utrecht heeft een beeldkwaliteitsplan opgesteld waarin voorwaarden zijn gesteld aan de vormtaal, kleuren en materialisatie. De nieuwe bruggen moesten herkenbaar zijn als onderdeel van de familie bruggen over de Singel en tegelijkertijd een eigentijds karakter krijgen.

Daarnaast was de eis dat de bruggen als een tweeling ontworpen dienden te worden. Op basis van het beeldkwaliteitsplan is door de architect een ontwerp opgesteld waarin de gewenste elementen als metselwerk, natuurstenen dekstenen, zichtbare toepassing van beton in het dek en het typische witte hekwerk terugkwamen.

De sculpturaal en slank vormgegeven betonconstructie van de landhoofden en brugdekken geeft de gebruiker van het voetpad en de Catharijnesingel met zijn gebruikers de ruimte.

Op het maaiveld sluit de vorm van de plattegrond van de brug aan op de richting van de verschillende verkeersstromen. In doorsnede maakt de afgeronde uitkraging van het landhoofd het mogelijk het dek slank te houden. Aan de stationszijde bevindt zich de groene oever die onder de bruggen doorloopt. Langs het water is er een pad voor voetgangers. De halve ronding die hier is aangebracht, voorkomt dat de voetgangers het passeren van de landhoofden als krap ervaren. De doorgaande vorm wordt bij stilstaand water weerspiegeld wat de continuïteit van de vorm versterkt. Het metselwerk verankert de brug met de omgeving door de routes op een soepele wijze met de omgeving en de kadewanden



Vanuit financieel oogpunt is in het voortraject afgezien van prefab voorgespannen betonliggers

te verknopen. Bij het dek en de rondingen van de landhoofden is dit metselwerk opgevangen door een rollaag die rust op een stalen latei. Deze latei sluit haast naadloos aan op de vorm van de betonconstructie. Op het metselwerk zijn natuurstenen dekstenen aangebracht. Deze kragen iets uit om het ondergelegen metselwerk tegen lekwater te beschermen. De schaduwlijn die dit op plekken oplevert, accentueert de rondingen van de brug. (Zie fig. 4, pagina 21)

Het feit dat er weer water in de Singel staat, wordt gevierd door het water als het ware te laten weerspiegelen, niet alleen letterlijk tegen de onderzijde van het dek, maar ook in het subtiel en haast beweeglijk vormgegeven reliëf van het witte hekwerk dat zich onder bepaalde zichthoeken toont en dan weer verdwijnt. Op de brugdekken is dit waterpatroon zichtbaar als schaduwpatroon. Om dit effect te bereiken hebben de stijlen een veranderende doorsnede gekregen. (Fig. 4)

De stad Utrecht heeft de laatste jaren sterk ingezet op de ontwikkeling van het water met het completeren van het 'rondje singel' en de ontwikkeling van oevers en kades met trappen en steigers om het water benaderbaar en toegankelijk te maken voor recreatie. Hiervoor zijn door de Gemeente trappen ontworpen die ook in deze bruggen zijn geïntegreerd. Plaatselijk zijn deze trappen verbreed zodat er zitplekken ontstaan. Onder het dek zijn nestkasten voor de grote gele kwikstaart geïntegreerd.

CONSTRUCTIE PAARDENVELDBRUG

De oorspronkelijke uitvraag van de gemeente Utrecht ging uit van een bouwmethode waarvan in de uiteindelijke constructie is afgeweken.

In het oorspronkelijke plan was voorzien in het gefaseerd bouwen. Allereerst zouden de beide landhoofden worden gebouwd, waarna na een jaar de prefab liggers ertussen zouden worden gelegd. Deze gefaseerde bouw was bedacht om het verkeer, dat via de Daalsesingel reed, gedurende een jaar lang door een tijdelijke doorgang over de Catharijnesingel te leiden. Daartoe zou in de bestaande betonnen bak zand aangebracht

worden als ophoogmateriaal voor de tijdelijke doorgang. Het peil van deze doorgang was even hoog als de bovenzijde van het dek van de nieuwe Paardenveldbrug, waardoor deze met elkaar zouden interfereren en dus het dek in de tijdelijke situatie nog niet aanwezig kon zijn. Hierdoor moest de brug gefaseerd worden uitgevoerd. De consequentie van het gefaseerd moeten uitvoeren, is dat beide landhoofden op zichzelf stabiel moeten zijn. Dit impliceert dat er onder de landhoofden een vrij omvangrijke fundering moet worden toegepast. Met name ter plaatse van het oostelijke landhoofd dient de fundering relatief diep te worden aangelegd, waardoor zeer waarschijnlijk een ontlastsleuf nodig was. Doordat het verkeer op de Daalsesingel en Catharijnekade zeer dicht langs de nieuwe landhoofden zou gaan rijden, moesten relatief hoge bovenbelastingen in rekening gebracht worden. Met grote paalbelastingen als gevolg.

Bij de alternatieve bouwmethode is de uitvoering van een brug als een portaal uitgevoerd dat in één keer gebouwd wordt (integraalbrug). Dit resulteerde in een kortere bouwtijd en ook een goedkopere constructie ten opzichte van het originele plan. Een portaalconstructie is als element goed in staat om als horizontaal stabiel element te fungeren. Daarbij kon met name de paalfundering lichter geconstrueerd worden. De brug is samengesteld uit ter plaatse gestort gewapend beton zonder toepassing van voorspanning. Het dek heeft een dikte van 800 mm en een overspanning van circa 20 meter. De breedte van het dek bedraagt circa 17 meter. De vorm van de Paardenveldbrug is te zien in fig.2, pagina 20. De brug bestaat uit twee landhoofden, welke zijn gefundeerd op stalen buispalen gevuld met beton. De betonconstructie bestaat uit een monoliet

geheel. Het dek wordt gestort aan de beide landhoofden waardoor een portaalachtige constructie ontstaat.

KEUZE AL OF NIET TOEPASSEN VAN VOORSpanNING

Vanuit financieel oogpunt is in het voortraject afgezien van prefab voorgespannen betonliggers. In het voorontwerp is wel rekening gehouden met het toepassen van voorgespannen beton in het dek. Aangezien de betonconstructie monoliet uitgevoerd wordt, geldt voor eventuele voorspanning dat het gaat om 'voorspanning met nagerekt staal'.

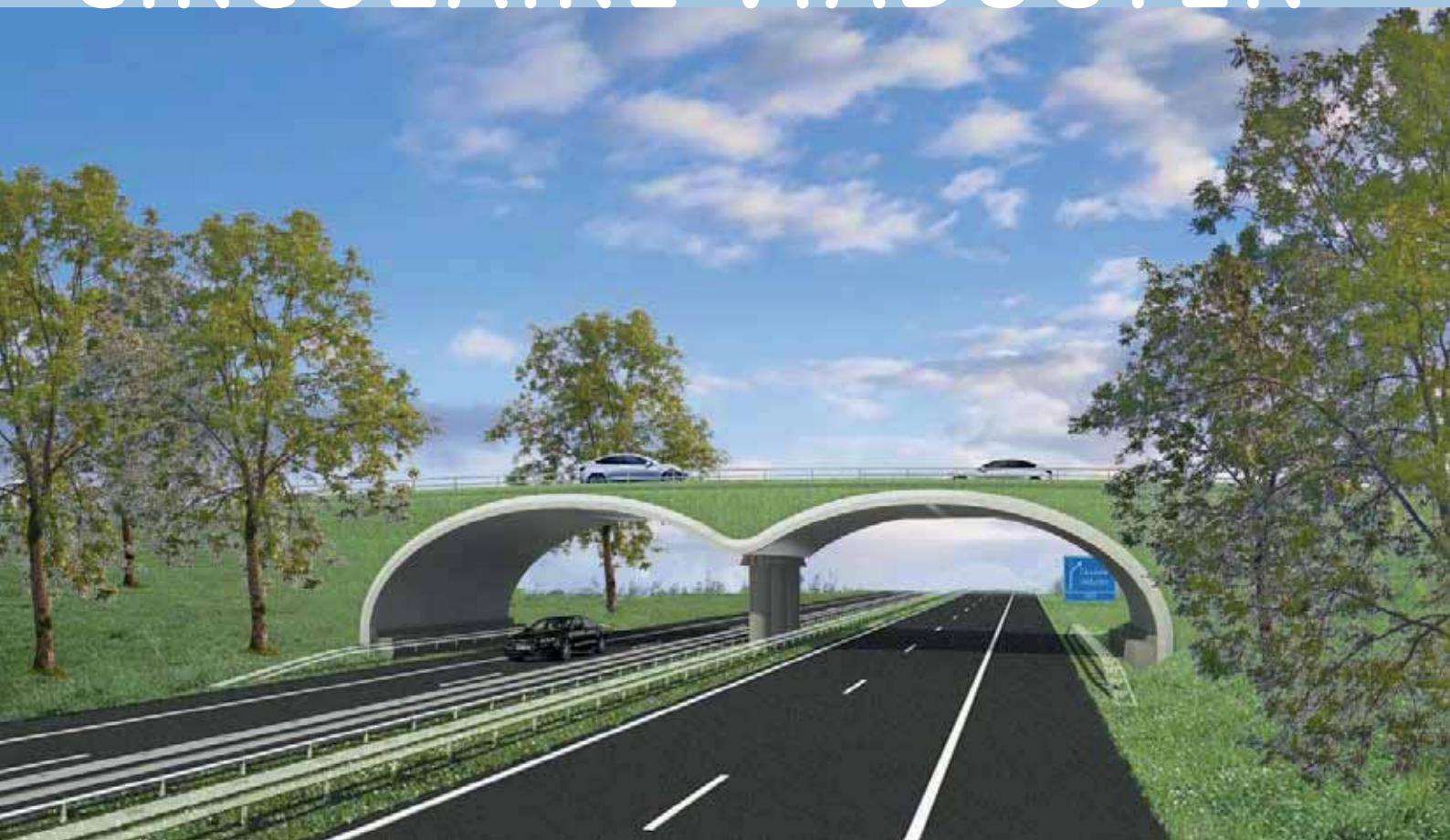
Door de paalfundering (buispalen gevuld met beton) is het risico dat de voorspanning voornamelijk in de palen terecht komt, groot. De palen reageren relatief (buig)stijf, waardoor de voorspankracht groot moet zijn om enige vervorming in het dek te realiseren. De uiteindelijk drukspanning in het beton, na het verlies in de fundering en effecten van krimp en kruip, is effectief gering ten opzichte van de aangebrachte voorspanning. Dan is er een zwaar voorspansysteem nodig om een relatief lage drukspanning te realiseren. Daarnaast geeft het aanbrengen van een voorspansysteem meer conflicten in de wapening van de constructie, vooral nabij de spankoppelen. Daar ontstaat een grote concentratie van de (spleet)wapening welke mogelijk leidt tot uitvoeringstechnisch onpraktische oplossingen. Om die reden is ervoor gekozen te streven naar een gewapend betondoorsnede zonder voorspanning. Inschatting was dat de kosten van een voorspansysteem meer zouden zijn dan de extra wapening die nodig is om de constructie zonder voorspanning uit te voeren.



PROJECTGEGEVENS

Knipstraatbrug en Marga Klompébrug, Utrecht	
Opdrachtgever	Gemeente Utrecht Projectleider Onno van Schaick
Architect	Jeroen Eulderink, Arcadis
Projectteam Arcadis	Jeroen van Doorn – projectleider Hans Breteler – constructeur Martin Bos – ontwerper
Aannemers	Van Boekel Groep B.V., Zeeland (Knipstraatbrug) Van Wijk, Nieuwegein (Marga Klompébrug)

VIA SBIR NAAR CIRCULAIRE VIADUCTEN



Jan van Asten, Kees Quartel | Projectteam SBIR circulaire viaducten Rijkswaterstaat

Vanaf 2030 wil Rijkswaterstaat volledig klimaatneutraal en circulair werken. Dat geldt ook voor het aanleggen, vervangen en renoveren van viaducten en bruggen.

Op dit moment zijn er nog geen 'inkoopklare' werkwijzen of oplossingen voor circulaire viaducten.

Met de Strategic Business Innovation Research (SBIR) Circulaire Viaducten wil Rijkswaterstaat hier verandering in brengen en bruikbare innovaties voor circulaire viaducten laten ontwikkelen die zij daarna als 'launching customer' kan gaan toepassen.

In het vorige nummer van 'Bruggen' is een overzicht gegeven van het SBIR-project Circulaire Viaducten met een beknopte beschrijving van de scope en de aanpak. In dit artikel gaan we verder in op de ingediende voorstellen waarbij we aandacht besteden aan de inhoud van de oplossing en de impact op duurzaamheid. Op voorhand wordt gesteld dat alle ingediende voorstellen in de ogen van Rijkswaterstaat potentie hebben om een bijdrage te leveren aan de opgave van circulair werken. Rijkswaterstaat wil de aanbieders van de voorstellen en ook andere opdrachtgevers, zoals Provincies, Waterschappen en lokale overheden, aanmoedigen om te beginnen of door te gaan met de verdere ontwikkeling van marktklare oplossingen voor circulaire viaducten. Dit artikel wil daar een aanmoediging toe zijn.

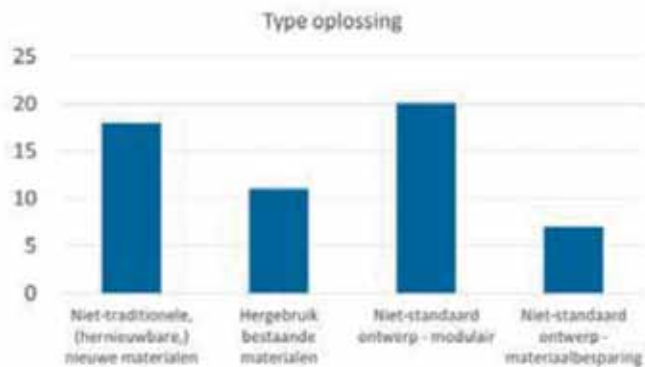
Naar aanleiding van de SBIR-oproep Circulaire Viaducten tijdens de Week van de circulaire economie in 2020 werd het SBIR projectteam verrast door 32 ingediende voorstellen. De indieners waren partijen zoals aannemers, ingenieursbureaus, innovatiebureaus, zelfstandige ondernemers of combinaties (zgn. consortia) daarvan, meestal afkomstig uit de GWW-sector.

Het is interessant om te zien hoe gevarieerd deze voorstellen zijn met betrekking tot de diverse circulaire aspecten.

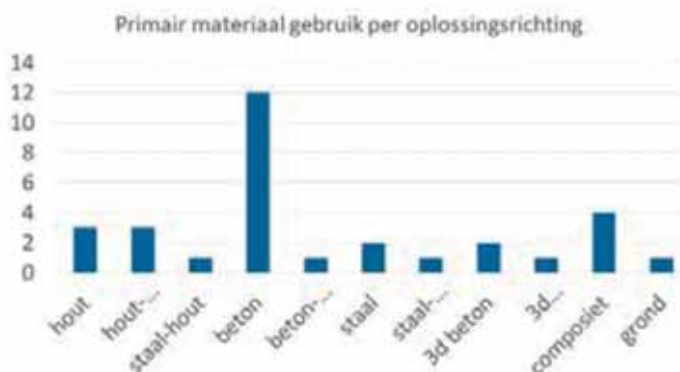
Zo laat figuur 1 zien dat veel voorstellen zijn gericht op nieuwe en modulaire ontwerp-oplossingen waarbij ook de inzet van nieuwe en hernieuwbare materialen een belangrijke basis vormt. Ook oplossingen gericht op hergebruik van bouwcomponenten of vrijkomend materiaal zijn vertegenwoordigd en in mindere mate ook oplossingen met een zeer efficiënt materiaalgebruik.

De daarbij gehanteerde materiaalkeuze is in figuur 2 weergegeven.

Hoewel er een behoorlijke spreiding is over verschillende materiaaltoepassingen blijft de gerichtheid op beton opvallend. Maar er is ook gezocht naar spannende combinaties zoals hout-beton, hout-staal en staal-grond. Het is niet mogelijk om alle 32 oplossingen in dit artikel te presenteren en omdat hierna de 10 voorstellen die naar de haalbaarheidsfase zijn doorgegaan, worden besproken, wordt hier volstaan met het weergeven van enkele creatieve en inspirerende ideeën (fig. 3-6).



1 indeling van ingediende oplossingen in categorieën



2 overzicht oplossingen naar materiaalgebruik.

Zo zien we oplossingen waarbij hergebruik van windmolenwieken de basis vormt. (Fig. 3) En er is een modulaire bouwsteen waarmee demontabele pijlers en landhoofden kunnen

worden gemaakt. (Fig. 4) Een andere oplossing is volledig gebaseerd op grond als bouw materiaal in combinatie met geotextiel. (Fig. 5) Weer een andere oplossing



↑ 3 ViaWind (Pontiflex/Anton Bouw & Betontechniek:

← 4 Landsvrouwe: Infinity bouwbloC Brug van hergebruikte windmolenwieken

De indieners waren partijen zoals aannemers, ingenieursbureaus, innovatiebureaus, zelfstandige ondernemers



5 GeoDuct collectief: brug van grond en geotextiel



6 Boomstambrug

gaat uit van boomstammen die met een gewapend betonnen dek tot een constructief dragend systeem worden samengesteld.
(Fig. 6)

oplossing. Iedere partij zou daar een gelijkwaardige, vaste vergoeding voor ontvangen. De jury heeft zich bij de beoordeling gericht op drie criteria:

technische haalbaarheid, impact op duurzaamheid en economisch perspectief van de oplossing.
Daarbij speelt de ambitie van Rijkswaterstaat om in 2030 klimaatneutraal en circulair te werken ook een belangrijke rol wat zich o.a. vertaalt naar de wens om circulaire oplossingen te genereren die op korte termijn rendement (= CO₂-reductie) opleveren. De innovaties moeten daarbij projectonafhankelijk en breed toepasbaar kunnen zijn in het areaal.
Deelresultaten zouden mogelijk ook van toepassing kunnen zijn op meerdere typen kunstwerken. Dit is zeker denkbaar omdat de SBIR-uitvraag specifieke aansluiting vereist van productinnovaties bij tenminste één van de volgende drie (deel)oplossingsrichtingen:
1 modulaire, losmaakbare oplossingen,
2 oplossingen met zo hoogwaardig mogelijk hergebruik van bestaande, vrijkomende objecten, onderdelen of materialen, en
3 oplossingen op basis van hernieuwbare materialen.
De tien voorstellen die door de commissie zijn gekozen om verder te worden onderzocht op haalbaarheid, worden hierna gepresenteerd. De oplossingen zijn uitgewerkt in fysieke productinnovaties uiteenlopend van hout en composiet tot beton en staal, van 3D-printen en boogvormig tot rechtlijnig en hergebruik elementen. Uit analyse van de voorstellen blijkt dat niet één, maar ook niet drie concepten, het volledige antwoord kunnen

Een onafhankelijke jury, bestaande uit experts van binnen en buiten Rijkswaterstaat, had de taak om uit deze 32 voorstellen tien partijen te kiezen die een haalbaarheidsonderzoek mochten uitvoeren van de door hun ingediende

7 Categorisering 10 voorstellen

	Mobilis	W+B	RHDHV	Studio RAP	De Boer	Heijmans	Nebest	ViCi	Besix	
Niet-traditionele, (hernieuwbare,) nieuwe materialen	X	X	X							
Hergebruik bestaande materialen	X						X	X		
Niet-standaard ontwerp - modulaire	X						X	X	X	X
Niet-standaard ontwerp - materiaalbesparing						X		X	X	
Procesaanpak							X	X		X
Overspanning	Tot 27m	Tot 25m	16m tot 22m	-	-	Tot 22.5m	Tot 20m	15 tot 30m	Tot 34m	
Materiaalsoort	Hout-beton	Hout	Vlasvezel composiet	Bestaand	Bestaand	Beton & grond	Beton & grond	Beton & grond	Staal & beton	



8 Opslag herbruikbare prefab liggers

bieden op alle situaties. In figuur 7 is een categorisatie gegeven van de 10 voorstellen.

Hierna volgt een korte presentatie van de tien partijen met hun indieningen die een haalbaarheidsonderzoek hebben uitgewerkt.

HERGEBRUIK PREFAB LIGGERS

ROYAL HASKONINGDHV NEDERLAND B.V., DURA VERMEER, VLASMAN, HAITSMAN, SGS

Circulaire viaductdekken (fig. 8) bestaande uit herbruikbare prefab liggers die vrijkomen bij demontage van viaducten. Introductie van een platform voor prefab liggers www.liggerbank.nl en een aanzet tot de opzet van een kwaliteitsverklaring.



9 Variaduct



CLOSING THE LOOP

ANTEA NEDERLAND BV, NEBEST, STRUKTON CIVIEL

'Closing the Loop' staat voor viaducten van hoogwaardige, hergebruikte objectonderdelen. Dit consortium heeft als doel om te komen tot een hoogwaardig hergebruik van zo veel mogelijk onderdelen van bestaande viaducten ten behoeve van nieuwe circulaire viaducten. Daartoe zetten zij de zgn. herbruikbaarheidsscan op en brengen zij in beeld wat het potentieel is aan vrijkomende materialen. Met 'Closing the Loop' realiseren zij het eerste, nieuwe viaduct van bestaande viaductonderdelen in Nederland.

Het hout wordt beschermd tegen weersinvloeden door het beton.

10 Hergebruik prefab liggers

CIVIELE TECHNIEKEN DEBOER B.V.,
ARCADIS, REBEL

MODULAIR VIADUCT BÖGL

MAX BÖGL NEDERLAND

Een compleet demontabele oplossing waarbij een samenstel van betonnen dekplaten met minimale wapening en van cementloos beton en stalen hoofdliggers op een onderbouw van landhoofden uit bouwblokken en pijlers (zie fig. 10). Beide uit Umwelt Beton Bögl (door Max Bögl ontwikkeld geopolymeer beton).



11 hout-betonliggersysteem

VIADUCT BEHOUT MODULAIR STANDAARD HOUT- BETONLIGGERSYSTEEM

MOBILIS B.V., IPV DELFT, RUTTE
GROEP, HEKOSPANTEN, MIEBACH
Dit circulaire viaduct bestaat uit een prefab
hout-beton liggersysteem met een

overspanning tot maximaal 35 meter (fig. 11). Zeventig procent van de viaducten, uit het areaal van Rijkswaterstaat, zijn ermee te vervangen. De prefabligger heeft een breedte van 1,6 meter en bestaat voor $\frac{1}{4}$ deel uit gerecycled beton (rijvloer) en $\frac{3}{4}$ deel uit Europees vurenhout. Het hout wordt beschermd tegen weersinvloeden door het beton. Hierdoor heeft het systeem een levensduur van minimaal 100 jaar.



12 Circulaire Boogviaduct



12 Het BoLT-ontwerp

CIRCULAIRE BOOGVIADUCT

NV BESIX SA, NEY & PARTNERS NL
Het Circulaire Boogviaduct resulteert in een substantiële materiaalreductie door Ultra Hoge Sterkte Vezelversterkt Beton (UHSVB) toe te passen in dé ultieme buigingsvrije vorm: de drukboog.

Een modulaire, demonteerbaar en herbruikbaar viaduct van UHSVB-elementen met een levensduur tot 200 jaar en herbruikbare funderingspalen. Landhoofden van circulair en cementloos geopolymeer-beton waar granulaat van oude viaducten als 100% hergebruikte bouwstoffen, opnieuw wordt toegepast.

BOLT BRIDGES OF LAMINATED TIMBER

HEIJMANS INFRA BV, ARUP, SCHAFFITZEL

Het BoLT-ontwerp maakt gebruik van losmaakbaar kruislaaghout en gelamineerd hout in een verkeersviaduct (fig. 12). Het concept is geschikt voor renovatie-opgaven en nieuwbouw. Zowel bij renovatie als bij nieuwbouw is het geringere gewicht van hout in vergelijking met beton een voordeel in transport, montage en onderbouw (bij renovatie behoud van onderbouw, bij nieuwbouw een lichtere onderbouw).

BIOV BIOBASED VERKEERSVIADUCT

WITTEVEEN+BOS, STRUKTON CIVIEL, DELFT INFRACOMPOSITES

Verkeersviaduct gemaakt van het materiaal biocomposiet. Daarbij wordt het ontwerp demontabel en worden de duurzaamheidseigenschappen van het materiaal gekwantificeerd (fig. 13).

Het sterke punt van een constructie uit biocomposiet is het lage gewicht in combinatie met de grote elementen. Dit versnelt het bouwtempo en reduceert materieelinzet, (verkeers)hinder en bouwruimte. De oplossing is een beoogde doorontwikkeling van de fietsbrug van biocomposiet die deze combinatie in opdracht van de Provincie Friesland realiseerde in Ritsumasyt.

VICI

BOSKALIS, ABT, MARTENS, INTEGRAALJAGERS

Dit bouwsysteem bestaat uit een terugwinbare, modulaire betonnen boogconstructie en onderbouw (fig. 14). De betonnen boogconstructie zorgt voor een efficiënte krachtafdracht en maakt stootplaten overbodig. Alle elementen zijn demontabel en hebben gestandaardiseerde afmetingen en verbindingen. Hierdoor is het systeem herbruikbaar en uitwisselbaar op elementenniveau. De asfaltverharding, hemelwaterafvoer en de kabels en leidingen liggen op en in het grondpakket op de boogconstructie en vormen geen belemmering bij hergebruik van het systeem.

HONEYCOMB

STUDIO RAP, BRUIL, MOVARES, DYWIDAG EN K_DEKKER

Het circulaire viaduct Honeycomb bestaat uit een 3DCP modulaire boogconstructie met daarop een grondlichaam (fig. 15). De boogconstructie is samengesteld uit blokken met een lichte holle structuur. De blokken worden bij elkaar gehouden door drukspanningen uit de boogwerking, bij extreme belastingen aangevuld met drukspanning uit voorspankabels. Het grondlichaam op de geprinte boog wordt gestabiliseerd met duurzame geogrids en spreidt de puntlasten van het verkeer. Het grondlichaam als intermediair tussen brugdek en wegdek biedt kansen voor het toevoegen van andere circulaire deeloplossingen als bijvoorbeeld wegdek, (houten) geleiderail en voor een groene, landschappelijke inpassing.



→ 13 BioV Biobased Verkeersviaduct



14 ViCi-bouwsysteem

In de vorige uitgave van het blad Bruggen is al bekend gemaakt dat uit deze tien inzendingen drie partijen zijn gekozen die een prototype van hun circulaire viaductoplossing gaan voorbereiden en uitwerken om uiteindelijk een gevalideerde en inkoopklare oplossing voor een circulair viaduct te verkrijgen.

Deze drie geselecteerde bedrijven of consortia zijn: Consortium ViCi, Antea/Nebeest en Royal HaskoningDHV.

Inmiddels zijn deze partijen in samenwerking

met Rijkswaterstaat begonnen met fase 2a van het SBIR-project waarin het validatietraject wordt voorbereid en verkennend onderzoek wordt gedaan naar gastprojecten waar het prototype kan worden gebouwd en getest.

Rijkswaterstaat is dank verschuldigd aan alle partijen die voor het SBIR-project op de één of andere manier hebben bijgedragen aan het ontwikkelen van circulaire ideeën voor viaducten. Met elkaar beseffen we dat

innovatief denken en aanpakken in deze tijd hard nodig is. Wij moedigen dan ook iedereen aan door te gaan met deze ontwikkelingen en het oog te richten op oplossingen die op korte termijn realiseerbaar en 'inkoopbaar' zijn.

U kunt de voortgang van de het SBIR circulaire viaductenproject volgen op www.circulaireviaducten.nl.

Via deze website zijn ook de tien haalbaarheidsonderzoeken te downloaden.



15 circulaire viaduct Honeycomb



NIEUWE UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE BRUGGENSTICHTING

VAN BRON TOT ZEE BRUGGEN OVER DE MAAS

P. Spits



1 Brug bij Meuvy, een karakteristieke brug uit het bovenstroomgebied van de Maas.
foto: J. de Boer



2 Brug en voorde in Rollainville.
bron: Patrimoine de Lorraine

De Nederlandse Bruggenstichting heeft een traditie in het uitgeven van boeken en andere publicaties over bruggen. Tot op heden betrof het, wat de boeken betreft, uitsluitend Nederlandse bruggen, voor zowel langzaam verkeer, snel- en railverkeer, als, bij uitzondering, schepen (aquaducten). Vooral over bredere wateren zoals rivieren zijn indrukwekkende exemplaren te vinden. De Maas is zo'n rivier en verschillende bruggen over het Nederlandse deel van de Maas zijn eerder in uitgaven van de Bruggenstichting beschreven. Het langste deel van de Maas stroomt echter door Frankrijk en België. De bruggen die in deze twee landen over de Maas liggen, zijn in ons land minder bekend, terwijl ze zeker de moeite waard zijn uit landschappelijk, historisch en constructief oogpunt. Zo ontstond het plan een boek te wijden aan de bruggen over de gehele lengte van de rivier, van de bron in Frankrijk via België tot de monding in Nederland, een afstand van ca. 930 km.



3 Verdun, Pont Chaussée.
foto: F. Remery

DE MAAS

De Maas ontspringt in Frankrijk, in Pouilly-en-Bassigny op het plateau van Langres, op een hoogte van 410 m boven zeeniveau. In Frankrijk stroomt zij door de departementen Haute-Marne, Meuse en Ardennes. Een groot deel van de rivier ligt hier in landelijk aantrekkelijk gebied. De bruggen zijn er niet groot, maar passen vaak charmant in het landschap. In het begin is de Maas, die hier Meuse heet, een vaak onstuimige waterloop die dan ook de eerste 215 kilometer (tot Troussey) niet bevaarbaar is. Van Troussey tot Givet, de grensplaats met België, een afstand van 275 km, is de Maas gekanaliseerd. Met schepen van de CEMT-klasse I (5,05 m x 38,50 m) kunnen de aangelegde schutsluizen worden gepasseerd. De waterweg voert grotendeels door open land, maar passeert ook interessante plaatsen als Verdun, Sedan en Charleville-Mézières. Hier wordt de rivier overspannen door veelal kleinschalige stadsbruggen. Het is een gebied vol herinneringen aan de oorlogen die deze streek hebben geteisterd.

Het is nog steeds Ardennengebied als de Maas bij Givet België (Wallonië) binnenkomt op een hoogte van 99 m boven zeeniveau. Maar voorbij Dinant gaat dat veranderen: in de tijd van de industriële revolutie was Wallonië, na het Verenigd Koninkrijk, het belangrijkste industriële gebied in Europa. De bevaarbaarheid van de rivier was daarbij

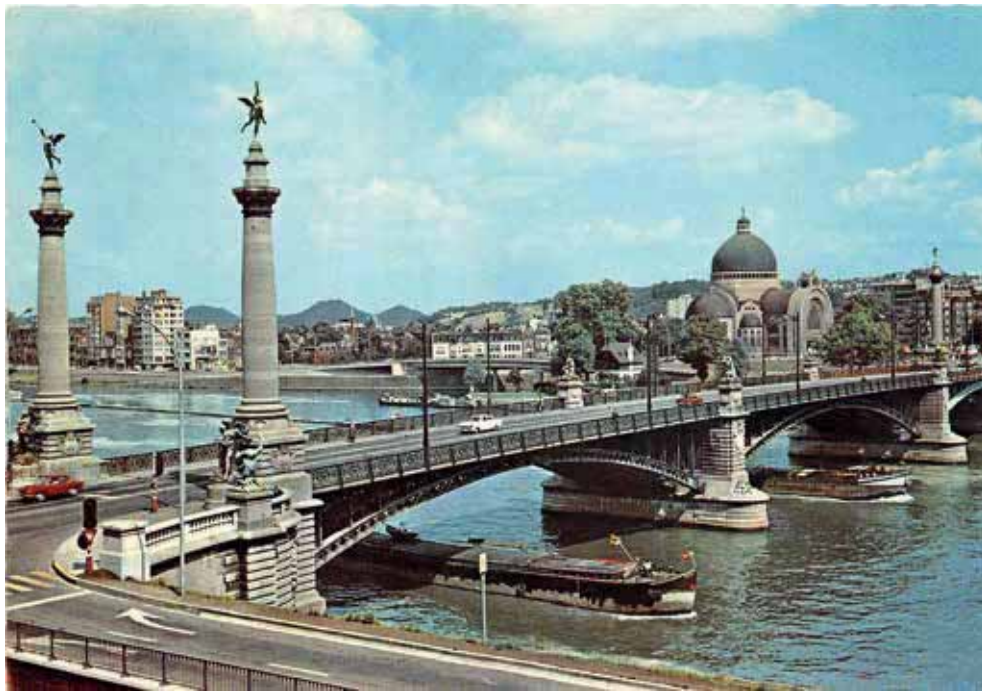
van groot belang. De Maas is in België geheel gekanaliseerd en de schutsluizen zijn minimaal 12 m breed. Opvallend zijn de vaak grote bruggen die een nauwe relatie hebben met de tijd waarin ze zijn gebouwd waarbij de staalindustrie (Cockerill) bepalend was. Later kwamen nieuwe technieken in beeld: gewapend beton en nadien voorgespannen beton speelden een grote rol. In dit verband duiken de namen op van François Hennebique en Gustave Magnel en in de huidige tijd het Ingenieursbureau Greisch, onder meer bekend vanwege bijzondere tuibruggen. Bij de geselecteerde Belgische bruggen komt dit uitgebreid naar voren. Op haar tocht door België stroomt de Maas door belangrijke steden als Namen en Luik, waar zowel historische als moderne

bruggen de communicatie tussen beide oevers verzorgen. Vooral Luik grossiert in indrukwekkende bruggen. Net voorbij Lanaye, vroeger berucht van de 'stop van Ternaaien', verlaat de Maas België, om bij Eijsden op een hoogte van 45 m aan het traject door Nederland te beginnen.

De eerste stad die de rivier in Nederland passeert, is Maastricht waarvan de stadsbruggen niet onbesproken mogen blijven. Eenmaal voorbij Maastricht is de Maas grensrivier tussen België en Nederland over een afstand van 47 km onder de naam Grensmaas. Deze is onbevaarbaar voor schepen van enig formaat, maar de scheepvaart kan gebruik maken van het Julianakanaal tot Maasbracht. Met het aansluitende Lateraalkanaal Linne-Buggenum worden nog eens de nodige bochten afgesneden. De Maas stroomt in noordelijke richting tot Mook om daar af te buigen naar het westen. Daar begint het Land van Maas en Waal, het Hollandse landschap tussen de grote rivieren. Eenmaal voorbij de laatste stuw en sluis van Lith is de Maas een getijderivier geworden. Men vaart nu achter elkaar door naar het Deltagebied. De Maas is hier een brede rivier en de bruggen zijn navenant van forse afmetingen. De invloed van de getijden van de Noordzee is tegenwoordig, wat de Maas betreft, landinwaarts verwaarloosbaar vanwege de (gedeeltelijke) afsluiting van zeegaten in het kader van de Deltawerken. De hoofduitlaat van de Maas is via het Hollandsch Diep en het Haringvliet, waar naast de spuisluisen ook een scheepvaartsluis is aangelegd.



4 Ben-Ahin, Pont Père Pire.
bron: Greisch



5 Luik, Pont de Fragnée
bron: Visitez Liège

In haar loop van bron tot zee neemt de Maas in omvang toe door de aanvoer van water uit allerlei stroompjes en zijrivieren en dat is te zien aan de afmetingen van de bruggen die de rivier overspannen. Het stroomgebied van de Maas heeft een grootte van 36.000 km² en omvat behalve de drie genoemde landen, ook delen van Duitsland en Luxemburg. Het is een echte regenrivier die hoge waterafvoeren in de winter en lage waterafvoeren in de zomer kent. Beide uitersten maken de Maas tot een problematische rivier met overstromingsgevaar in de winterperiode en problemen voor de scheepvaart in de zomer. Recente gebeurtenissen leerden helaas dat er zelfs in de zomerperiode wateroverlast te duchten kan zijn.

OPZET VAN HET BOEK

Uit de ongeveer 260 Maasbruggen waarvan de meeste in Frankrijk liggen, zijn er per land 15 gekozen. Dat bood de gelegenheid serieuze aandacht aan elke brug te besteden, zowel wat betreft de techniek, de geschiedenis en de omgeving. Dan blijkt weer wat een verscheidenheid er aan bruggen bestaat en wat een boeiende gebeurtenissen vele hebben meegemaakt. Bruggen bouwen moest worden geleerd. Dat wordt duidelijk bij het lezen van verhalen hoe de bij tijden onstuimige Maas grote schade kon aanrichten aan de eerste bruggen. Sommige bruggen zijn wel zes of meer keer vernield en herbouwd. Maar het was niet alleen de natuur die de bruggen bedreigde. Voor de bruggen

- over de Maas waren de Eerste en de Tweede Wereldoorlog desastreus. Gekozen is voor een doorlopend verhaal en bij elke brug wordt naast plaats en titel de kilometer-afstand vanaf de bron gegeven. Dat biedt een duidelijke plaatsbepaling. Enkele voorbeelden van besproken bruggen:
- km 142 Domrémy-la-Pucelle, stenen boogbrug in de geboorteplaats van Jeanne d'Arc.
 - km 287 Verdun Pont Chaussée, betonnen brug met poortgebouw, herinnert aan de Eerste Wereldoorlog, de slag om Verdun.
 - km 565 Ben-Ahin (B) enkelzijdige betonnen tuibrug naar ontwerp van het Bureau Greisch met een gewaagde bouwwijze.
 - km 598 Luik, Pont de Fragnée, luxe stadsbrug.
 - km 617 Lixhe (B) Pont des Allemands, spoorbrug uitgevoerd als stalen vakwerkbrug.
 - km 840 Hedel, stalen boogbrug, onderdeel van het Eerste Rijkswegenplan.
 - km 884 De drie Moerdijkbruggen: spoorbrug, HSL-brug en verkeersbrug.
 - km 930 Stellendam, de Haringvlietsluizen. Op de dam en over de spuisluizen loopt de N57, waardoor de sluizen ook een brugfunctie hebben.

6 De stop van Ternaaien.
bron: Greisch





7 Vrije uitbouwbrug Wessem in aanbouw.

bron: Wikipedia

Het merendeel van het Maaswater stroomt, samen met water van de Waal (Nieuwe Merwede), via het Haringvliet naar de Noordzee. Sinds de aanleg van de Haringvlietdam beheersen de spuisluizen in de dam de waterafvoer: ze regelen het waterpeil op een manier die vergelijkbaar is met het open- of dichtdraaien van een kraan. De sluizen staan dan ook bekend als de ‘kraan van Europa’. Het Haringvlietbekken was daardoor zoet. Een nieuwe ontwikkeling is dat de schuiven van de spuisluis geregeld een klein beetje worden opengezet om de migratie van vissen naar of vanuit zee mogelijk te maken. Hierdoor kunnen de vissen van hun paaigronden in de bovenloop van de rivieren Maas en Rijn, en hun zijrivieren, naar zee zwemmen en omgekeerd vanuit zee hun paaigebieden bereiken. Zo reikt de invloed van de monding van de Maas zelfs 930 km terug tot haar oorsprong op het Plateau van Langres in Frankrijk.

INTERNATIONALE AFSPRAKEN

Doordat de Maas door drie landen stroomt, zijn er veel internationale afspraken en overeenkomsten nodig om allerlei zaken te regelen en te reguleren.

Van het grootste belang zijn – naast de

voorzieningen voor de scheepvaart – natuurlijk de kwantiteit en kwaliteit van het drinkwater voor ruim 3 miljoen Belgen en zo’n 4 miljoen Nederlanders. In Nederland bestaan zorgen over de hoeveelheid drinkwater die in droge jaren beschikbaar is. Vanwege allerlei lozingen in Frankrijk en België is er, vooral in tijden van droogte, een afname van de kwaliteit van het rivierwater dat als drinkwater moet dienen. Ook het gebruik van de rivier voor koelwater voor industrie en energiecentrales waarbij het opgewarmde water weer op de rivier wordt geloosd, baart zorgen voor het leven in de rivier en is daarom aan regels gebonden. De Internationale Maascommissie (IMC) beoogt een duurzaam en integraal waterbeheer.

Er bestaan landelijke en regionale organisaties die zich bezighouden met gegevensuitwisseling, hoogwaterverwachtingen en de scheepvaart.

Sinds 2015 is er een internationale Maasfietsroute, die de drie landen op een charmante manier verbindt. Wat is er mooier dan vanaf de fiets de vaak fraaie Maasbruggen te bewonderen?



→ 9 Spuisluizencomplex Haringvliet.

bron: Rijkswaterstaat





8 Geertruidenberg, Brug Keizersveer.

bron: Wikipedia



← 10 Vignet Maasfietsroute

bron: loraine.voie.verte.free.fr



EERSTE BIO-BASED VVK BEWEEGBARE FIETSBRUG

Wouter Claassen | Witteveen+Bos, Deventer
Georgios Zarifis | Witteveen+Bos, Rotterdam



De klimaatambities van de Nederlandse overheid, en haar standpunt over thema's als circulariteit en duurzaamheid, hebben een belangrijke rol gespeeld bij de overstap naar alternatieve materialen



In 2016 stond de ontwerpaanpak voor het bouwen van een beweegbare fietsbrug van biobased composiet in een artikel voor het 19e IABSE-congres in Stockholm. [1]

Het doel van het project was om aan te tonen dat het mogelijk is om een beweegbare brug te bouwen met een technische levensduur van 100 jaar met gebruik van natuurlijke vezels. Op dat moment was een overspanning van 17 m voorzien. Nog geen vier jaar later is het definitieve ontwerp gebouwd, met een biobased dek van 66 m. Dit artikel beschrijft in het kort de ontwerpuitdagingen, die het projectteam moesten overwinnen om zijn taak te volbrengen. Dit artikel beschrijft het volledige verhaal, maar gaat niet in op alle details.

De resultaten met alle achtergrondinformatie kunnen worden gedownload van de website [https://www.drive.fr/ \[2,3\]](https://www.drive.fr/ [2,3]).

ACHTERGRONDINFORMATIE

De klimaatambities van de Nederlandse overheid, en haar standpunt over thema's als circulariteit en duurzaamheid, hebben een belangrijke rol gespeeld bij de overstap naar alternatieve materialen, zoals biobased composieten. In dit project is het projectteam erin geslaagd om de eerste beweegbare biobased composiet fietsbrug ter wereld te bouwen met vlasvezels, balsahout en een biobased hars. In opdracht van de Provincie Fryslân is het architectonisch ontwerp gemaakt door Quist Wintermans Architecten en uitgewerkt door een ontwerpteam bestaande uit ingenieursbureaus Sweco/ Witteveen+Bos en voor de biobased

composiet dekconstructie Delft Infra Composites. SPIE en Antea hebben het elektrisch-mechanische en civieltechnische deel van het werk gerealiseerd en Strukton/ SPIE was de aangewezen hoofdaannemer. In samenwerking met universiteiten, onderzoeksinstituten en leveranciers zijn testen en ontwerpen van componenten en materialen uitgevoerd. Deze brug zal een nieuwe maatstaf vormen voor een duurzamer gebouwde omgeving. De brug heeft een totale lengte van 66 meter. De eerste helft is vast en de tweede bestaat uit een asymmetrische draaibrug met een vrije hoofdoverspanning van 22 m en een ballastgedeelte van 12 m.

¹ Voor een fietsbrug is het dynamische gedrag een belangrijk ontwerpcriterium. [11]

Het brugdek is gemaakt van 85% biobased materiaal.

De Ritsumasyllbrug, gelegen in de provincie Fryslân, steekt het Van Harinxmakanaal over en vervangt een oude basculebrug waarvan de kelder met het contragewicht zich in het midden van het kanaal bevindt. In de vroege ontwerpfase van het project, waarin werd gekeken naar de mogelijkheden en beperkingen van het toepassen van biobased VVK, koos het team ervoor om de basculebrug te vervangen door een asymmetrische draaibrug. Door deze grote verandering kon er tenminste één remmingwerk worden bespaard, wat enkele tonnen staal, en dus geld, bespaarde. Deze besparingen zijn geïnvesteerd in het vergroten van de lengte van het biobased dek. In het oorspronkelijke ontwerp was alleen het beweegbare deel (toen 17 m) biobased gepland. Nu is de gehele 66 m van het dek biobased.

De brug werd vervaardigd m.b.v. vacuüminjectie met een volume van 50% Amplitex vlasvezels, (gemaakt door Bcomp®) en een Epoxyhars 1800 ECO + 1804 ECO (gemaakt door Resoltech. [3]) In het dek wordt een balsahouten kern van Baltek gebruikt voor de spreiding van de lokale belastingen. Het dek, liggers en bodemplaat van de koker zijn allemaal verbonden door hecht pasta. Om de brug te beschermen tegen omgevingsinvloeden, is de buitenkant gecoat omdat vlasvezels gevoelig zijn voor vocht.

De engineering is uitgevoerd door Delft Infra Composites, onder supervisie van Ingenieursbureaus Sweco/Witteveen+Bos. Eén van de bepalende ontwerpaspecten is het kruipgedrag van dit natuurlijke materiaal. Vooral in combinatie met een beweegbaar deel waren er veel uitdagingen bij het vinden van de juiste combinatie van maximaal toelaatbare doorbuiging en maximale capaciteit van het hefmechanisme. Het hefmechanisme zorgt ervoor dat het dek na elke opening goed in hoogte wordt uitgelijnd.

MATERIAALONDERZOEK

Het gebruik van natuurlijke vezels in combinatie met een biobased hars, is op deze schaal nog nooit eerder toegepast. Om er zeker van te zijn dat de brug goed is ontworpen voor een levensduur van 100 jaar,

is een groot aantal tests uitgevoerd, zie [2]. Deze testen zijn uitgevoerd door de NHL Stenden Hogeschool, de Hogeschool Windesheim, de Hochschule Osnabrück en de TUDelft. Eén van de eerste en belangrijkste uitgevoerde tests was de InterLaminar hear Strength (ILSS)-test, om de beste combinatie van natuurlijke vezels en hars te vinden. Niet alleen de uitkomst van de ILSS-testen, maar ook de beschikbaarheid en prijs van de grondstoffen zijn belangrijk. Gedurende dit project was de combinatie van Bcomp® vlasvezels en Resoltech Eco 1800 Epoxy het meest geschikt. Alle andere noodzakelijke tests werden uitgevoerd op deze combinatie van materialen, zie [2].

De volgende paragrafen gaan kort in op de belangrijkste ontwerpaspecten, zoals vocht, dat een negatief effect heeft op de sterkte en stijfheid van het composiet. De natuurlijke vezels zijn hydrofiel, waardoor ze vatbaar zijn voor waterabsorptie, wat een slechte hechting aan de hydrofobe polymeermatrices tot gevolg heeft. Het is daarom belangrijk te voorkomen dat vocht het laminaat binnendringt. Als oplossing wordt een zeer dicht coatingsysteem als beschermingslaag gebruikt.

Het effect van vocht is bepaald tijdens warm-nat testen. Het effect op de elasticiteitsmodulus van een biocomposiet dat 100 uur onder water is blootgesteld aan een temperatuur van 30 °C, is bepaald voor drie verschillende coatingsystemen:

- het ongecoate biocomposiet, dat een reductie van 13% ondervond,
- het composiet met vinylestercoating ondervond een reductie van 4% en
- het biocomposiet met meerlaagse coating ondervond bijna geen reductie.

Als we deze resultaten vertalen naar een ontwerplevensduur van 100 jaar, is de karakteristieke waarde van de warm-natconversiefactor gelijk aan 0,97 (1/1,029). In de ontwerpberoeeningen is een conservatieve conversiefactor van $\eta_{cm} = 0,83$ (1/1,2) gebruikt, zie [2, 3].

Vocht is overal. De door de leverancier opgegeven dichtheid van de vezels wordt altijd bepaald onder laboratoriumomstandigheden. Deze dichtheid wijkt af van de werkelijkheid omdat de vezels zeer snel vocht opnemen. Bij een normale relatieve

luchtvochtigheid in de fabriek kan de stijging van de dichtheid rond de 10% liggen. De energie die nodig is om al het vocht voor injectie uit de vezel te verwijderen, weegt niet op tegen de voordelen, en wordt daarom niet geadviseerd.

Traditioneel wordt de semi-empirische 'Halpin Tsai-vergelijking' gebruikt om de stijfheidseigenschappen voor Uni-Directioneel (UD) laminaat te bepalen:

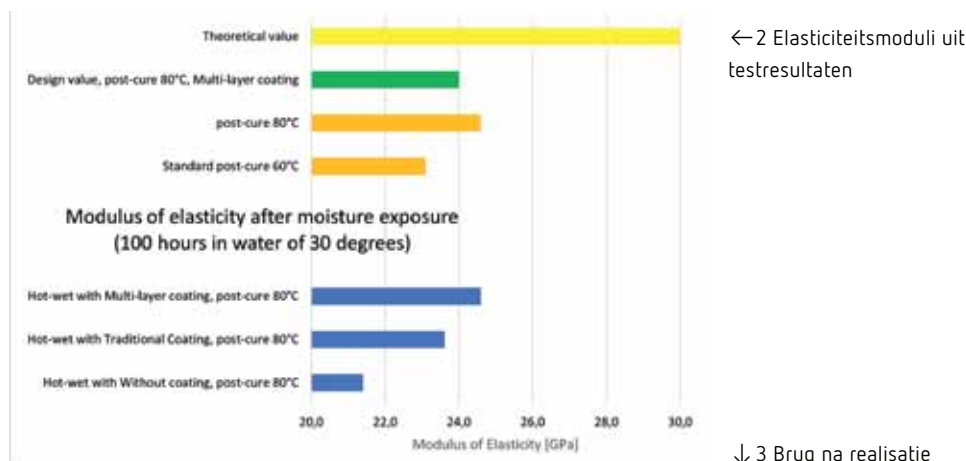
$$4 E_1 = [E_r + (E_f - E_r) \times V_f] \times f_{UD} \quad (1)$$

waarin:

- E_1 de modulus is van elasticiteit in de hoofdriching van de vezels;
- E_r de elasticiteitsmodulus is van de hars;
- E_f de elasticiteitsmodulus is van vezels in de hoofdriching van de vezels;
- V_f het vezelvolumegehalte is en
- f_{UD} een empirische reductiefactor is, gelijk aan 0,97.

De Bcomp-vlasvezels hebben een elasticiteitsmodulus van ongeveer 60 GPa. Bij het samenstellen van een laminaat met een vezelvolumegehalte van 50% onder vacuüm, ligt de elasticiteitsmodulus van een UD-laminaat rond de 30 GPa volgens vgl. (1). In werkelijkheid reageren biobased composieten anders, wat resulteert in een veel lagere elasticiteitsmodulus, zie [5, 6]. Dit bewijst dat het gebruik van vgl. (1) ongeschikt is zonder een passende correctiefactor voor natuurlijke vezels. De mengregel geeft alleen de ultieme maximale elasticiteitsmodulus, die in de praktijk 'nooit' zal worden bereikt. Een plausibele reden hiervoor is het niet-lineaire materiaalgedrag en het feit dat de amorfe microfibrillen zich onder opgelegde belasting tot een hogere mate van kristalliniteit moeten rangschikken. Daarom vertonen bijvoorbeeld de spanning-rekurven van een biobased composiet meestal een iets hogere elasticiteitsmodulus, die vervolgens afvakt tot een meer lineaire gradiënt. (zie Technisch rapport Structural Engineering International 2020) Gelukkig zijn er methoden gevonden om de elasticiteitsmodulus zo hoog mogelijk te maken:

- een langer vacuüminjectieproces toepassen om de natuurlijke vezels samen te laten drukken voordat de hars wordt geïnjecteerd;



- een langere en meer uitgebreide naharding toepassen, waarbij de laminaten worden onderworpen aan een hogere temperatuur (80 °C) dan normaal (60 °C).

Voor biobased composieten dient de naharding beperkt te worden tot maximaal 100 °C om afbraak van de vezels te voorkomen. Figuur 2 toont de elasticiteitsmodulus van het materiaal op basis van de reducties gevonden uit de verschillende testresultaten. Voor de uiteindelijke berekeningen is gekozen voor een ontwerpwaarde van 24 GPa, met een naharding van 80 °C en een meerlaagse coating.

Naast vocht is kruip een zeer belangrijk aspect waarmee rekening moet worden gehouden in het ontwerp, omdat het leidt tot vermindering van sterkte en stijfheid. Op basis van trekruip-testresultaten voor een technische levensduur van 100 jaar, is een conversiefactor voor kruptreksterkte gevonden van $\eta_{cv} = 0,27$ (1/3,7) voor Quasi Isotrope (QI) laminaten en $\eta_{cv} = 0,30$ (1/3,3) voor een laminaat met een combinatie van QI- en UD-lagen, zie [2]. Vergeleken met een QI-glas-epoxy laag zou de kruipfactor $\eta_{cv} = 0,67$ (1/1,5) zijn. [7]

Kruipcompressietests zijn moeilijker uit te voeren, maar geven vergelijkbare resultaten. Opgemerkt moet worden dat de kruipfactor afhankelijk is van het spanningsniveau in het laminaat en daarom kan de vermelde waarde niet worden gekopieerd zonder de context te kennen. Vooral voor een beweegbare brug is kruip een zeer bepalende factor. Als het kruiseffect was genegeerd, had de doorbuiging aan de lange zijde bij het openen van de brug kunnen oplopen tot meer dan 0,5 m. Om een dergelijke doorbuiging tot een minimum te beperken, werd de brug onderworpen aan een pré-kruipfase. De pré-kruipdoorbuiging wordt uitgesloten van de totale resterende, verwachte vervorming. De laatste eigenschap die hier wordt besproken, is de thermische uitzettingscoëfficiënt van het biobased composiet in vergelijking met traditionele glasvezelcomposieten. Voor biobased composieten is een groot verschil gevonden tussen de uitzettingscoëfficiënt in de langs- (α_1) en dwarsrichting (α_2). Meer specifiek blijkt de laatste 10 keer hoger te zijn dan de eerste. Bovendien varieert de uitzettingscoëfficiënt afhankelijk van de temperatuur, terwijl deze voor de meeste materialen lineair is. Een mogelijke verklaring, die nog nader onderzocht moet worden, zou kunnen zijn

dat het vocht dat in de vezels aanwezig is, door absorptie uit de relatieve vochtigheid vóór vacuüminjectie de verandering in de uitzettingscoëfficiënt veroorzaakt. Afhankelijk van de temperatuur ondergaat dit vocht een transformatie van vast naar vloeibaar naar gas. Tot nu toe is de ervaring gebaseerd op coupontests.

Om ervoor te zorgen dat de uiteindelijke brug veilig genoeg is, is een maquette op ware grootte gebouwd met een lengte van 12 m, een breedte van 0,9 m en een hoogte van 0,6 m. Dit 'monster' is uitgebreid getest aan de TU-Delft en heeft sterkte-, kruip-, vermoeiings- en hot/wet-cyclustests ondergaan. De resultaten waren in lijn met de resultaten van de coupontests, waardoor het team groen licht kreeg om door te gaan met het bouwen van de echte brug. Vermoeiingstests toonden geen afname van de stijfheid na 1,15 miljoen cycli (simulatie van 100 jaar werking). [2]

HET ONTWERP

De informatie uit de coupontesten en de full-scale testen dienden als input voor de ontwerpfase van de brug. Op basis van de contractvoorwaarden moest de brug aan de volgende eisen voldoen, zie [3], zoals gedefinieerd in [8-10]:

- een technische levensduur van 100 jaar,
- gevolgklasse: CC2,
- ontwerp levensduur klasse 3,
- 10.000 openingen per jaar,
- bestand tegen de volgende belastingen:
 - gelijkmatig verdeelde belasting $q_{fk} = 5$ kN/m²,
 - bedrijfswagenbelasting: 50 kN,
 - incidentele voertuigbelasting: 120 kN,
 - aanvaringsschip CEMT Va, waarbij lokale schade is toegestaan.

De dwarsdoorsnede van de brug heeft een breedte van 3,65 m en een hoogte van 1,2 m. Vijf liggers, een onderflens en een sandwich (balsa) bovendek vormen samen de kokervormige dwarsdoorsnede van de brug. In de volgende paragrafen worden twee belangrijke ontwerpaspecten kort toegelicht. Er wordt rekening gehouden met de eigenfrequenties in de open en gesloten posities. De laagste frequentie blijkt in de open stand op te treden (1,3 Hz). In de

gesloten stand is de laagste 2,2 Hz in horizontale richting en 4,6 Hz in verticale richting. Bij voetgangersbelasting is de eigenfrequentie hoog genoeg om ongewenste trillingen te voorkomen. Daarnaast hebben vlascomposieten een zeer hoge dempingscoëfficiënt. Voor de open stand onder windbelasting is de eigenfrequentie vrij laag. Daarom is in het ontwerp extra ruimte gereserveerd voor eventuele extra dempers. De praktijk zal uitwijzen of deze dempers nodig zijn. (Elasticiteitsmodulus onder verschillende omstandigheden) Tot dusver zijn er in *Structural Engineering International* 2020 Technical Report 3 geen ongunstige trillingen waargenomen.

Een ander belangrijk ontwerpaspect is vermoeiingsschade aan het beweegbare deel, veroorzaakt door de openingscycli van de brug. Een aandachtspunt voor de vermoeiingsschade is de verbinding van de brug met de draaikrans op de draaias van de brug bij as 2. Deze verbinding is uitgevoerd met een tussenliggende, wigvormige plaat tussen de brug en de draaikrans, zie [3]. De verbinding van de wigplaat met de dwarslijven van de brug wordt uitgevoerd met behulp van verstijfde hoekklemmen en bouten. Vermoeidheid blijkt een kritieke factor te zijn en is aanwezig in de vorm van lagerspanning op het laminaat rond de bouten. De werkelijke vermoeiingsspanningsintervallen zijn afhankelijk van het tijd-/faseverschil van de hefmechanismen aan de twee uiteinden (as 1 en as 3, zie fig. 5) van de brug tijdens het openen en sluiten, maar ook van de doorbuiging van de brug in de open stand, die wordt beïnvloed door temperatuur en kruipontwikkeling in de tijd, zie [3].

Zoals beschreven in het materiaalonderzoek is kruip een heel belangrijk aspect in het ontwerpproces van een biobased brug. Volgens het contract moest de brug worden gebogen ($R = 1.000 \text{ m}$). De voorgewelfde vorm van de brugdekken is verkregen tijdens het zogenaamde 'pre-creep-proces'. Door dit proces werd niet alleen de gewenste voorgevormde vorm bereikt, maar werd ook het grootste effect van de initiële kruip op de tussensteun van beide dekken aanzienlijk verminderd, zie [3].

MONITORINGSYSTEEM - BESCHRIJVING EN DOEL

- Het monitoringsysteem geeft waardevol inzicht in de respons van het systeem en de materialen. Het onderhoudsteam van de provincie Fryslân zal het monitoringsysteem gebruiken om zowel regulier onderhoud als aanvullend onderhoud uit te voeren, mocht dit door het systeem worden aangegeven. Een ander innovatief aspect is het feit dat data zijn ontsloten en gedeeld met onderwijsinstellingen, asset owners van overheden en materiaalexperts. Op deze manier levert het project waardevolle informatie op over biobased composieten als toekomstbestendig bouw materiaal voor infrastructuur voor een langere periode. De hardware van het monitoringsysteem bestaat uit twee hoofdonderdelen, geïnstalleerd door twee verschillende partijen, Com&Sens en SPIE. Com&Sens van hun kant installeerde 184 Fiber Bragg Grating (FBG) optische vezelsensoren op de brug om spannings- en temperatuurgegevens van het materiaal zelf vast te leggen. SPIE zorgde daarentegen voor een weerstation en een monitoringsysteem met betrekking tot de mechanische delen van de beweegbare brug. Beide systemen zijn voorzien van een router en data wordt automatisch verzonden en verzameld op het volgende online dashboard: <https://www.biobasedbrug-ritsumasyl.nl/>. Op de beweegbare en vaste delen van de brug zijn glasvezelsensoren geïnstalleerd. De sensoren zijn geplaatst tijdens de fabricage en installatie van de brug. De criteria voor de selectie van de locatie van de sensoren zijn:
- het vastleggen van kritische effecten zoals vermoeidheid,
- het vastleggen van het optreden van maximale spanning tijdens de levensduur en
- het afleiden van de vervormde vorm door schatting van de kromming van de brug. De glasvezels zijn verlijmd op de Fiber-Reinforced Polymer (FRP) laminaten. Dit houdt in dat de spanningswaarden die worden geregistreerd van de optische vezelsensoren de spanning weerspiegelen

die het biobased FRP-laminaat daadwerkelijk ervaart. Tijdens het experimentele werk werden de maximaal toelaatbare spanningen voor de laminaten vastgesteld. Deze worden vergeleken met de waarden die de FBG-sensoren teruggeven, wat de mogelijkheid biedt om 'live' een eenheidscontrole te hebben voor de sterkte van de laminaten. Daarnaast is FBG glasvezel aan zowel de boven- als onderzijde van de dwarsdoorsnede, langs het brugdek gepositioneerd. Dit maakt het mogelijk om de kromming langs de brug te berekenen en dus, na twee keer integreren, de 'live' doorbuiging van de brug. Een visuele indicatie van de

Naast het verkrijgen van een verhoogd inzicht in de levensduur van de brug en het vergroten van kennis op het gebied van biobased GVK, voorziet het monitoringsysteem in de behoefte van assetmanagement.

Schematische weergave van het monitoringsysteem *Structural Engineering International* 2020 Technisch Rapport 5 de koppeling met asset management, zijn er twee punten die aandacht vereisen voor onderhoud van de beweegbare brug in Ritsumasyl:

- De eerste is de mogelijke noodzaak voor een permanente opvijzeling van het gehele dek bij de rotatie-as 2 als gevolg van een te grote kruipvervorming. Dit is nodig omdat bij een te grote doorbuiging de brug niet uit de steunen van de opleggingen kan loskomen en vervolgens niet kan draaien/openen. Dit aspect wordt aangepakt vanuit het bestaande monitoringssysteem via de berekening van de 'live' doorbuiging, gebruikmakend van de FBG-sensoren die zich langs de brug bevinden.
- Het tweede aandachtspunt betreft het minimaliseren van vermoeiingsschade tijdens openingscycli, die afhankelijk is van het tijdsverschil tussen de opheffingsmechanismen op as 1 en as 3, de temperatuur en kruip, zoals eerder besproken. Dit aspect wordt ook gecontroleerd door de spanningsintervallen van de



4 Brug na realisatie



5 Asnamen van beweegbare brug

vermoeingscycli te identificeren die worden aangegeven door de sensoren die zich dicht bij de boutverbindingen bevinden.

CONCLUSIES

Dit innovatieve brugontwerp toont de toepassingsmogelijkheid van biocomposieten in civiele constructies. Op basis van de materiaalinhoud ligt het percentage biocomposiet van de brug in Ritsumasyl boven de 80%. Dit vormt een mijlpaal in de industrie voor een alternatief materiaal om bij te dragen aan klimaatveranderingsdoelstellingen. Het uiteindelijke doel is om een brug te bouwen van natuurlijke vezels en een 100% biobased hars. Er is veel ruimte voor de ontwikkeling van harsen, hoewel op dit moment de vraag naar dergelijke circulaire oplossingen laag is en daarmee de kosten relatief hoog blijven. Momenteel zijn er verschillende biobased epoxy- en onverzadigde polyesterharsen beschikbaar met een totaal bio-gehalte tussen de 20 en 40%. Dit percentage moet omhoog en de markt moet bereid zijn een hogere prijs te betalen voor meer natuurlijke harsen om hun ontwikkeling te blijven stimuleren. Om ervoor te zorgen dat in deze ontwikkeling grote stappen kunnen en worden gezet, is alle opgedane kennis via de website <https://www.drive.frl/> openbaar gemaakt.

De komende maanden en jaren worden de gegevens van de sensoren gemonitord en geanalyseerd en de bevindingen zullen via de website of via andere kanalen worden gecommuniceerd.

Bruggen zoals deze, met of zonder natuurlijke materialen, kunnen alleen veilig worden ontworpen door gebruik te maken van solide richtlijnen en normen. In Nederland wordt CUR967 gebruikt en ondertussen werkt Europa aan een geheel nieuwe norm: CEN TC250 WG4.

Op het moment van schrijven van dit artikel werkt het projectteam aan een addendum bij CUR96, specifiek voor biobased composieten.

DANKBETUIGINGEN

Dit project was alleen mogelijk met een integraal team waar de partners elkaar volledig vertrouwden en ondersteunden. Het projectteam heet 'DRIVE' met daarin de volgende partners: Provincie Fryslân, Witteveen+Bos, Anteagroup, Strukton Civiel, Green Pac, Sweco, Spie en Delft Infra Composites. Met grote dank aan alle betrokken partners waardoor dit project kon slagen.

OPENBAARMAKINGSVERKLARING

De auteurs hebben geen potentieel belangenconflict gemeld.



REFERENTIES

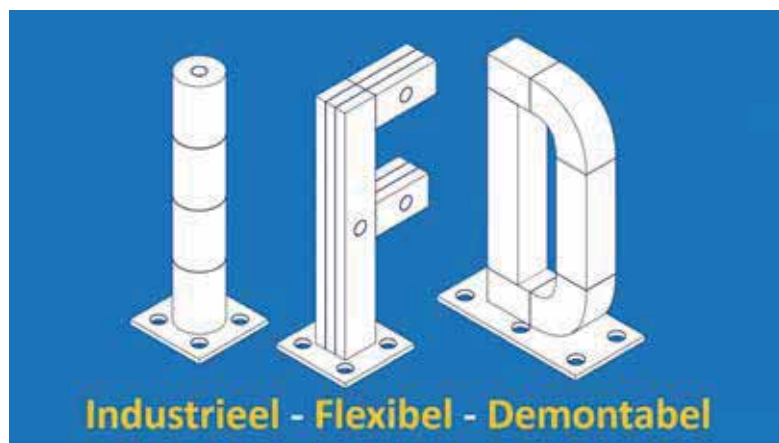
- [1] Bio-based composite movable bridge, Claassen W, 19th IABSE Congress Stockholm, 21–23 September 2016.
- [2] REPORT 2016036-180413-1410, Bio-based bridge Ritsumasyl Material Properties based on testing, August 1, 2019.
- [3] REPORT 2016036-180125-1431, Bio-based bridge Ritsumasyl, Structural Design, July 12, 2019.
- [4] Halpin JC, Kardos JL. The Halpin Tsai equations: a review. Polym. Eng. Sci. May 1976; 16(5).
- [5] Assarar M, Scida D, El Mahi A, Poilâne C, Ayad R. Influence of water ageing on mechanical properties and damage events of two reinforced composite materials: flax–fibres and glass–fibres. Mater. Des. 2011; 32(2): 788–795.
- [6] Céline A, Fréour S, Jacquemin F, Casari P. The hygroscopic behavior of plant fibers: a review. Front. Chem. 2014; 1(January): 1–12.
- [7] CROW-CUR Recommendations 96:2019 Fibre-reinforced plastics in structural and civil engineering support structures.
- [8] NEN-EN 1990+A1+A1/C2, Eurocode: Basis of structural design.
- [9] NEN-EN 1991-2+C1 Eurocode 1: Actions on structures – Part 2, Traffic loads on bridges.
- [10] NEN-EN 1991-1-7+C1+A1, Eurocode 1: Actions on structures – Part 1–7: General actions – Accidental actions.
- [11] JRC 53442 Design of Lightweight Footbridges for Human Induced Vibrations EUR 23984; 2009.

ONDERHOUDSOPGAVE ALLEEN HAALBAAR MET IFD-BOUWEN

Erik Driessen

Emile Hoogterp | Ingenieursbureau Westenberg B.V.

Zonder Industrieel Flexibel en Demontabel (IFD) bouwen gaat de GWW-sector de enorme onderhoudsopgave van de komende decennia nooit klaren. Dat is de vaste overtuiging van overheden en marktpartijen, die samenwerken binnen de werkgroep IFD-bouwen. Ook Ingenieursbureau Westenberg maakt daarvan onderdeel uit. De samenwerking resulteerde onlangs in een herziene NTA8086 (Nederlandse Technische Afspraak) voor beweegbare bruggen. NTA8085 voor vaste bruggen volgt dit jaar. Dan willen de partijen ook meer stappen zetten naar een circulaire economie, in de wetenschap dat er veel 'koudwatervrees' is.



In de ontwerpfase al
nadenken over
hergebruikmogelijkheden

Uiteindelijk is het een kwestie van aan de slag gaan en kennis delen

IFD is binnen de bouwwereld al jarenlang in opkomst. Bouwers houden bij het ontwerp steeds vaker rekening met veranderde functies van gebouwen en met mogelijk hergebruik van componenten. De vergelijking met de bekende Deense speelgoedsteentjes wordt vaak gemaakt. Ook de GWW-sector denkt steeds meer na over de mogelijkheden. Provincie Noord-Holland is daarbij een belangrijke katalysator die meerdere opdrachtgevers, ingenieursbureaus en aannemers rond de tafel kreeg.

HERZIENING NTA

Bovengenoemde samenwerking leidde in 2019 tot de NTA voor beweegbare bruggen en afgelopen oktober volgde een herziene versie daarvan. Jacques Montijn is namens NEN nauw betrokken. Hij legt uit wat de status is van de afspraken. "In een NEN-norm leggen alle belanghebbenden uit een specifieke branche op basis van consensus afspraken vast over een manier van werken. Dat betekent dat er veel tijd overheen gaat voor de publicatie van zo'n norm. De initiatiefnemers, in eerste instantie de provincies Noord-Holland en Overijssel, kozen daarom voor een NTA. Bij een dergelijke afspraak loopt het traject veel sneller omdat er minder partijen bij betrokken zijn. Als NEN faciliteren we de totstandkoming en zorgen we dat de inhoud matcht met andere normen."

GEEN VAAG VISIEVERHAAL

Een NTA moet vooral zo concreet mogelijk zijn. "Een afspraak moet geen vaag visieverhaal zijn, maar heel gedetailleerd duidelijk maken hoe je iets bouwt. Dat betekent dat de tekst zo smart duidelijk mogelijk moet zijn. Het is cruciaal dat gebruikers precies weten wat de eisen zijn", legt Montijn uit, die enthousiast is over het proces tot dusver. "Normaal gesproken houden we veel bijeenkomsten bij de NEN in Delft, maar door de coronamaatregelen was het een uitdaging

om de kennis nu online te vergaren. Dat is goed gelukt."

GROTE STAPPEN ZETTEN

Eén van de aanjagers van de werkgroep is de provincie Noord-Holland. Adviseur Innovatie Alexander Bletsis legt uit waarom. "Nederland staat voor een grote opgave bij het vervangen en renoveren van de infrastructuur. Dat lukt alleen als we daar op een vernieuwende manier naar kijken. Tegelijk willen we voldoen aan de ambities op het gebied van de circulaire economie. In 2050 moeten we volledig energieneutraal werken, in 2030 al 50 procent. Dat is al over negen jaar. We moeten dus samen snel hele grote stappen zetten. Dat kan niet zonder IFD. Daarmee bouwen we efficiënter, drukken we de kosten van het beheer en hergebruiken we uiteindelijk materialen."

NUT EN NOODZAAK

Volgens Bletsis is het belangrijk dat de totale sector nut en noodzaak van IFD gaat inzien. "We moeten aan de slag. Dat betekent dat overheden bij projecten IFD-principes moeten voorschrijven. Aan de andere kant moeten ingenieursbureau en aannemers met oplossingen komen, die we standaard bij bruggen kunnen toepassen. Daar staat of valt het succes van IFD mee. Het is duidelijk dat we voor een vernieuwing staan, maar ik betwijfel of alle neuzen al dezelfde kant op staan. Daarom is het cruciaal dat betrokken organisaties veel en helder communiceren over nut en noodzaak."

NIEUWE MANIER VAN DENKEN

Volgens Wouter de Vries van Witteveen*Bos, ook lid van de IFD-werkgroep, is er een 'nieuwe manier van denken en ontwerpen' nodig. "Als we de onderhoudsopgave willen halen, moeten we efficiënter en tegelijk duurzamer bouwen. We beschouwen kunstwerken nu nog als nieuwe objecten. Onze sector kan

daar een efficiëncyslag maken. We moeten vooral durven en doen: projecten neerzetten, ervaring opdoen en die kennis met elkaar delen. IFD is volgens mij gewoon een noodzaak. Anders moet je uiteindelijk bruggen afsluiten en op minder bereikbaarheid zit niemand te wachten. Dat betekent dat we slimmer moeten bouwen en voorkomen dat we veel tijd en geld verliezen."

KOUDWATERVREES VERDWIJNT

De Vries vindt de huidige denkwijze niet meer van deze tijd. "Als je kijkt wat we allemaal slopen en afvoeren, dan is dat eigenlijk niet meer uit te leggen. Duurzaam en circulair bouwen heeft de toekomst. Het gaat vooral om een cultuuromslag. Ingenieurs moeten het vanzelfsprekend vinden dat ze onderdelen hergebruiken. Ik denk dat de koudwatervrees de komende vijf jaar wel verdwijnt. De techniek is best complex, maar daarvoor bedenken we zeker oplossingen. Het is ook belangrijk dat IFD aan bod komt in het WO en HBO. Jonge mensen zijn sowieso volop met dit soort uitdagingen bezig. Uiteindelijk is het een kwestie van aan de slag gaan en kennis delen."

ORGANISATIE VOOR IFD

Bletsis beschouwt 2021 wat dat betreft als een belangrijk jaar. In het voorjaar volgt bijvoorbeeld de publicatie van de NTA voor vaste bruggen. Ook organiseert de werkgroep een aantal webinars in voorbereiding op een groot symposium. "Belangrijk is dat we de sector op alle mogelijke manieren houvast geven. Daarom zijn we bezig met het inrichten van een organisatie die alle kennis over IFD bundelt. We denken nu vooral na over hoe die eruit moet zien. Mogelijk kunnen we de organisatie onderbrengen bij het Platform Kunstwerken. Dat is een ander initiatief waarover we nadenken. Komend jaar moet daarover meer duidelijkheid zijn."

