



4

SOGNEFJORD: HAALBAARHEIDS-
STUDIE HANGBRUG IN VVK



14

VERSLAG FIETS + VOETBRUGGENDAG



22

DE BRUGGEN VAN WILLEM WITSEN

Tijdschrift **Bruggen**



Inhoud



4 Sognefjord:
haalbaarheidsstudie
hangbrug in VVK



22 De bruggen van
Willem Witsen



27 Betonprijs 2015

36 Groot onderhoud
De Hefbrug



38 Vooraankondiging
Bruggendag 2016

COLOFON

Opgericht 10 april 1992

BESTUUR

Jan de Boer, Hans de Haan (voorzitter), Cees Heiden,
Hein Klooster (erelid), Gert-Jan Luijendijk, Dick Schaafsma,
Joris Smits, Edo Vonk en Leo Wagemans.

RAAD VAN ADVIES

Arcadis Nederland, Antea Group, Arup Nederland,
DIVV Amsterdam, Haasnoot Bruggen, IV-Infra, Janson Bridging,
Mammoet, Mobilis TBI Infra, Movares, ProRail, Rijkswaterstaat,
Spanbeton, Vereniging SNS Staalbouw, Ingenieursbureau
Westenberg.

BRUGGEN

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.
Abonnement € 35 per jaar. Gratis voor begunstigers van de
Nederlandse Bruggen Stichting.
Losse nummers: € 8,50, te bestellen via NL82 INGB 0000 0589 75

KOPIJ

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

ADVERTENTIES

Rob Lutke Schipholt (uitgever),
renm-schipholt@planet.nl of 06 53 78 80 29

REDACTIE

Jan Arends, Michel Bakker, Elisabeth van Blankenstein,
Fred van Geest, Hein Klooster, Frans Remery, Hans Rhee,
Wils van Soldt en Pieter Spits.

REDACTIEADRES

NBS p/a Rijkswaterstaat Gebouw Lange Kleiweg 34,
2288 GK, Rijswijk
Tel: 088 7970727
e-mail: redactie@bruggenstichting.nl

HOOFDREDACTEUR

Fred van Geest, Annaplaats 1, 2713 AK Zoetermeer,
tel: 079 3160168
e-mail: redactie@bruggenstichting.nl

WEBSITE

<http://www.bruggenstichting.nl>

GRAFISCHE VORMGEVING

Ronald Boiten en Irene Mesu, Amersfoort

OMSLAGFOTO VOORZIJDE

Botlekbrug Europoort

OPLAGE

1000
ISSN 1571-4586

EEN BEWOGEN BRUGGENJAAR!

Bruggen die weigeren open te gaan of te sluiten (nieuwe Botlekhefbrug) en brug(londerdelen) die ongewenst bewegen (Alphen aan de Rijn), het gebeurde allemaal in 2015.

Gelukkig zijn er ook prettige zaken met bruggen gebeurd: De verlengde Waalbrug is opgeleverd met gebruik van een bekisting waar je U tegen mag zeggen en de uitvoering van het SAA-project is in volle gang met weer eens een betonnen uitbouwbrug (drie naast elkaar) over het Amsterdam Rijnkanaal, een grote stalen boogbrug over de A1 bij Weesp en een betonnen liggerbrug naast de bestaande Hollandse. En natuurlijk mag ook de nieuwe Botlekbrug als één van de grootste hefbruggen niet aan dat rijtje ontbreken, ondanks wat kinderziektes. 2015 is ook het jaar waarin het Platform Fiets+Voetbruggen een eerste kennisuitwisselingsbijeenkomst heeft gehouden. In deze aflevering een verslag.

Er zijn in 2015 vanzelfsprekend ook weer mensen met pensioen gegaan: Ernest van de Wiel, 45 jaar in dienst bij Rijkswaterstaat, is daar

zo'n voorbeeld van. Hij is verantwoordelijk voor het bruggenarchief en was als zodanig gedetacheerd bij de Bruggenstichting. Gelukkig blijft hij twee dagen per week als vrijwilliger werkzaam voor ons, zodat het archiefwerk voor de Bruggenstichting in samenwerking met anderen nog wordt gecontinueerd. We zijn dankbaar voor zijn inzet en hopen nog jaren met Ernest te mogen samenwerken.

Volgend jaar zal het weer spannend worden in de bruggenbouw. Staat de Bruggendag van 17 maart al in uw agenda?

Een goede jaarwisseling toegewenst!



In Memoriam

Prof. dr. ir. A.S.G. (Ton) Bruggeling



Op 24 september jongstleden is op 92-jarige leeftijd Prof. Bruggeling overleden. Daarmee is een icoon in de betonnen bruggenwereld van ons heengegaan. Het belang van Prof. Bruggeling voor de bruggenbouw is de invloed die hij heeft gehad bij de introductie van het voorgespannen

beton in Nederland. Deden anderen dat op het gebied van de in het werk gestorte bruggen en gebouwen (Ir. Bouvy en Prof. Van der Vlucht, e.a.), Bruggeling was de man van de geprefabriceerde voorgespannen brugliggers. Zijn eerste viaduct was er een over de A13 tussen Rotterdam en Delft. Als directeur van Spanbeton was hij betrokken bij vele bruggen en viaducten die daarna zouden volgen. Typerend voor Bruggeling als mens, is het voorval van een constructeur die bij hem op de kamer kwam en geëmotioneerd vertelde dat hij een fout in de berekening van een reeds gestorte ligger had ge-

maakt. In plaats van hem de mantel uit te vegeen, complimenteerde hij zijn medewerker: hij had immers de wijsheid en moed gehad zijn fout kenbaar te maken en daarmee vervolgschade en onveilige situaties voorkomen!

Bruggeling heeft ook op een andere manier een belangrijke rol gespeeld in de betonwereld. Als hoogleraar Betonconstructies aan de TH-Delft heeft hij vanaf 1969 een belangrijke rol gespeeld in het academische onderricht aan studenten en promovendi. Zijn dictaten zijn beroemd en ook het boek 'Theorie en Praktijk van het Voorgespannen Beton' is een standaardwerk. Hij was initiatiefnemer van het Betondispuut en studenten werden voor hun afstuderen bij hem thuis uitgenodigd voor een gezellig samenzijn. Van hem komt de gedachte het ontwerpen van beton niet te scheiden is in gewapend en voorgespannen beton: voor elke situatie moet er gekozen worden voor gedeeltelijk voorgespannen beton, waarbij de voorspangraad van 0 tot 100% kan variëren.

Toen de twee fasestructuur in het academisch onderwijs werd ingevoerd en de Technische Hoges-

school Technisch Universiteit werd, nam Bruggeling in 1987 afscheid; het betononderwijs werd in de nieuwe structuur naar zijn mening te veel uitgekleeft. Het momenteel ontbreken van een fulltime hoogleraar Betonconstructies in Delft heeft hem dan ook zeer teleurgesteld. Als zelfstandig adviseur is hij nog lang daarna actief geweest.

Internationaal heeft Bruggeling veel waardering gekregen met diverse eredoctoraten in Duitsland en België. Als mede-oprichter van STUVO (Studievereniging Voorgespannen Beton van de Betonvereniging) en van de FIP (Fédération Internationale de la Précontrainte) heeft hij veel waardering geoogst.

Kortom, we hebben afscheid genomen van een fenomeen op beton(bruggen)gebied, die een enorme invloed op het ontwerpen en toepassen van constructief beton en, niet te vergeten, op vele betonconstructeurs heeft gehad met groot gezag in het reguliere en cursorische onderwijs.

Fred van Geest

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 culturele ANBI, wat staat

voor Algemeen Nut Beogende Instelling. Dat betekent dat particulieren de jaarlijkse bijdrage voor de belasting kunnen aftrekken voor 125% en bedrijven/organisaties voor 150%. Voor 2016 is de minimumbijdrage voor particulieren € 37,50 en voor bedrijven en instellingen € 130,- per jaar. Studenten betalen € 10,- (maximaal 2 jaar).

U kunt zich aanmelden door het overmaken van de bijdrage op onze rekening

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.



SOGNEFJORD

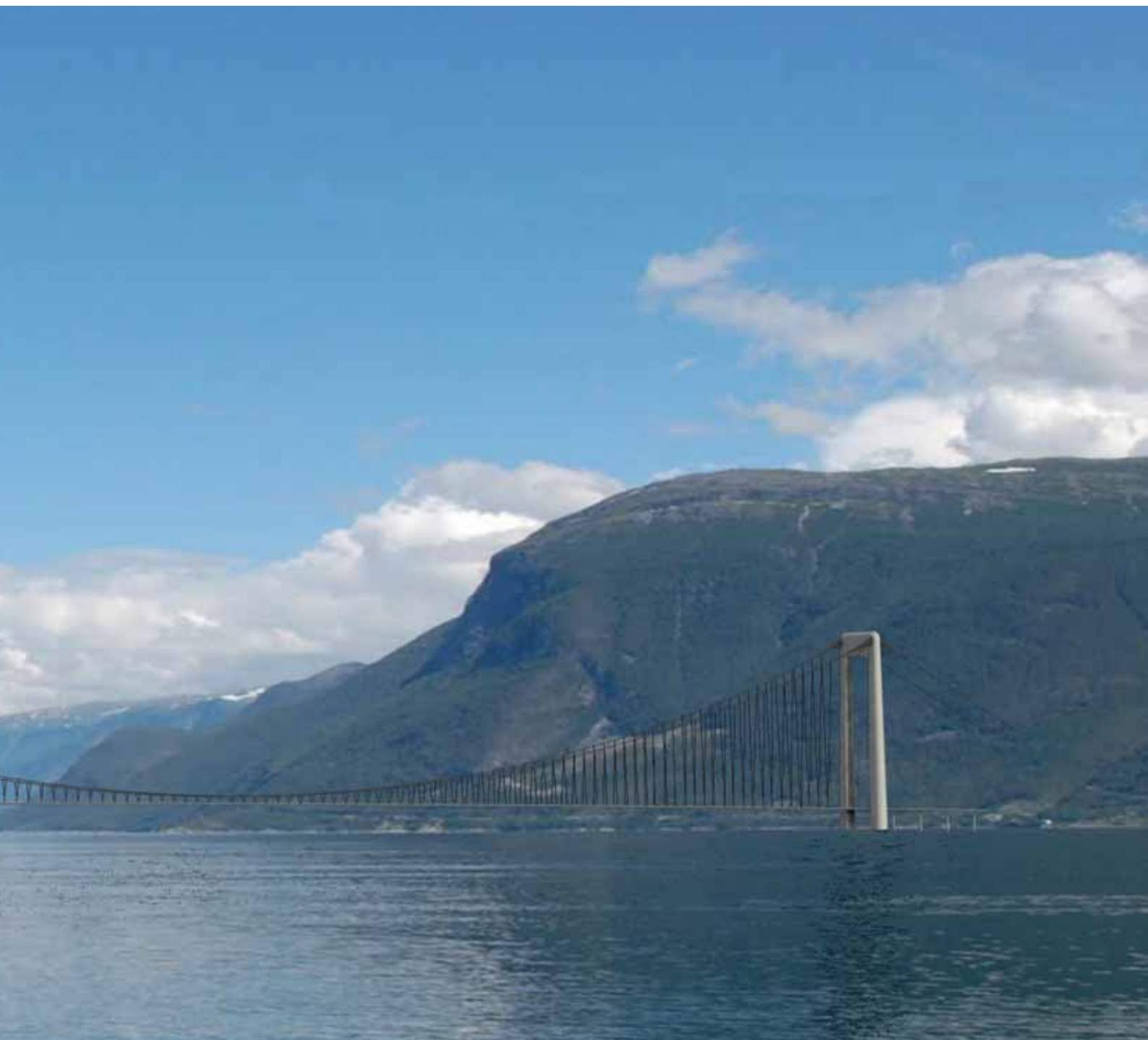
HAALBAARHEIDSTUDIE VOOR
EEN HANGBRUG IN VVK MET EEN
OVERSPANNING VAN 3,7 KM

Kees van IJselmuiden

Royal HaskoningDHV



Voor de E39 in Noorwegen is een brug nodig om de Sognefjord te kunnen passeren. Hiervoor is door de Noorse overheid een ontwerp gemaakt waarbij drie hangbruggen met elk een overspanning van 1.250 m met elkaar zijn verbonden. Bijzonder aan dit Noorse ontwerp is, dat de twee middelste pylonen drijvend zijn gefundeerd. De drijvende fundering is nodig, omdat het fjord 1.300 m diep is.





➤ Artist Inpression VVK hangbrug

In de haalbaarheidsstudie van Royal HaskoningDHV wordt nagegaan of het fjord in één keer is te overspannen (3.700 m). De huidige ontwikkelingen in materialen maken het mogelijk om lichtere constructies voor bruggen te maken. Vezelversterkt Kunststof (VVK) is één van deze materialen.

In deze studie worden de haalbaarheid en de toegevoegde waarde onderzocht van VVK door zowel het dek als de kabels uit te voeren met zoveel mogelijk kunststof. De voordelen van VVK ten opzichte van de traditionele materialen zijn de hoge sterkte, het geringe eigen gewicht en vooral de reductie van onderhoudskosten.

De belangrijkste punten die bij dit soort grote overspanningen een rol spelen, zijn de aerodynamica van het dek, de horizontale verplaatsing van het dek door windbelasting, de detaillering en gewicht van de hoofdkabels.

Om het ontwerp ook fraai vorm te geven, heeft Royal HaskoningDHV-architect Joris Smits zijn visie op deze brug gegeven en daar wat schetsen aan toegevoegd.

De markt van extreem grote overspanningen voor bruggen is groeiende en omdat de huidige materialen tot het uiterste zijn toegepast, is het nodig om naar nieuwe materialen en mogelijkheden te kijken. VVK is één van deze materialen. Het materiaal heeft een veel hogere treksterkte en een lager gewicht dan staal. De langste brug op dit moment heeft een hoofdoverspanning van 1.991 m en ligt in Japan. De sprong van 1.991 m naar 3.700 m is enorm.

Eerdere studies [1,2,3,4] hebben aangetoond dat overspanningen van 3.700 m in traditionele materialen niet mogelijk zijn, omdat het gewicht van de staalkabels te groot zou worden. Daarentegen kan door de toepassing van lichtere materialen de aerodynamisch stabiliteit een probleem worden. Om dit te voorkomen, wordt het dek niet alleen lichter uitgevoerd maar ook stijf genoeg om de lagere stijfheid van VVK te verdisconteren.

De langste brug op dit moment heeft een hoofdoverspanning van 1.991 m en ligt in Japan

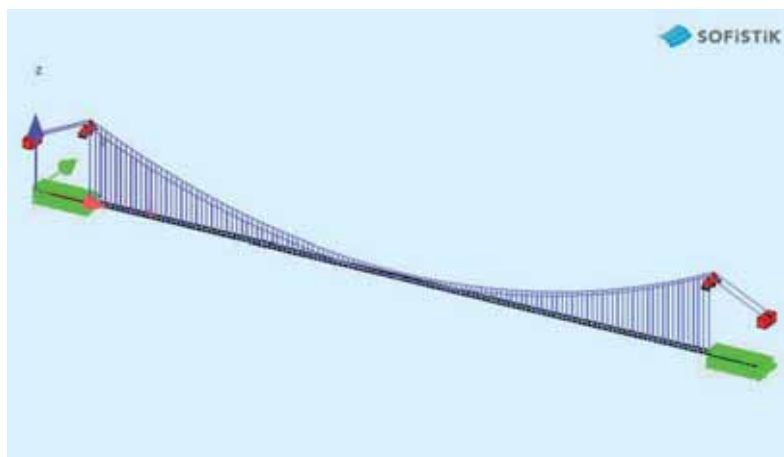
UITGANGSPUNTEN

In deze haalbaarheidstudie kunnen we niet alles bekijken, daarom concentreren we ons op de volgende punten:

- 1 gewicht van het dek;
- 2 verticale verplaatsing;
- 3 spanningen in het VVK-dek en de Aramide kabels;
- 4 verschil tussen de 1^e verticale frequentie en de torsiefrequentie.

HIERBIJ GAAN WE UIT VAN

- 5% extra eigengewicht om in de toekomst dempers te kunnen toepassen;
- voor horizontale stabiliteit wordt uitgegaan van een "twin-deck";
- een windbelasting van 1,5 kN/m²;
- per dek wordt 100 mm asfalt over 8 m breedte toegepast;
- verkeersbelasting over 6 m breedte resulteert in een gelijkmatige belasting van 37,5 kN/m;
- horizontale verplaatsing L/200, gelijk als toegestaan voor de brug met drijvende pijlers [5] (horizontaal geen eis gevonden);
- dek uitgevoerd in VVK (met glasvezel);
- kabels uitgevoerd met Aramide vezels;
- verankering van de kabels in de rotsen is mogelijk;
- de pyloon zelf is niet beschouwd.



De uitdaging is om een constructie te ontwerpen met de juiste constructie-eigenschappen, dat de verkeers- en windbelasting robuust kan weerstaan.

ANALYSE

Voor hangbruggen ligt de verhouding voor L/h tussen de 5 en 10. Om tot mooie ronde getallen te komen, gaan we hier uit van $3700\text{m}/450\text{m} = 8,22$.

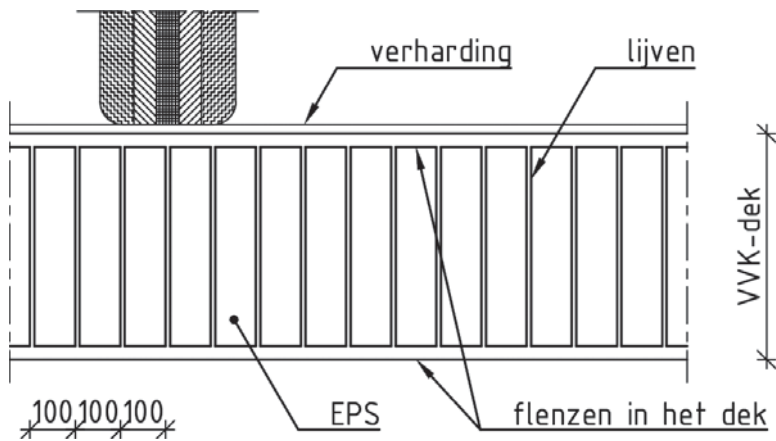
DEKCONSTRUCTIE

In Noorwegen zijn twee rijbanen genoeg voor deze weg met één vluchtstrook en een fietspad. Maar aangezien wij vanwege de stabiliteit gekozen hebben voor een twin deck, gaan we gemakshalve uit van 8 m asfalt op beide dekken en een dek van minimaal 10 m breed. Het originele enkele dek is 18,30 m breed en met 2 keer 10 passen we voor het dek niet veel materiaal extra toe, behalve de dwarsdragers. Tussen de dekken zit een ruimte van ca 25 m. De dekken worden in langsricting om de 30 m met een dwarsdrager verbonden. Aan de dwarsdrager zit de verbinding met de hangkabels. Voor de dwarsdrager, die niet wordt geoptimaliseerd, wordt uitgegaan van staal.

RIJDEK

De hoogte van het rijdek wordt bepaald door de hart-op-hart afstand van de dwarsdragers die het rijdek ondersteunen. Er wordt zoveel mogelijk materiaal aan de buitenkant van de totale dekconstructie aangebracht, zodat dit efficiënt meedoet met de verticale stijfheid. Gekozen is het rijdek om de 1,5 m te ondersteunen met een dwarsdrager. Op basis van de doorbuigingseis van $L/200$ mag de doorbuiging van het rijdek niet meer zijn dan $1500/200 = 7,5$ mm. Om praktische en globale stijfheidsredenen is een VVK dek van 150 mm gekozen. Voor het dek wordt uitgegaan van het principe van de vacuüm infusietechniek.

Op basis van een eenvoudige berekening van een overspanning op twee steunpunten (in plaats van een doorgaand dek), zijn de afmetingen gecontroleerd. Hiervoor wordt een bovengrens gebruikt, door het dek over een strook van 3 m breed te berekenen met hierop de verkeersbelasting van de Eurocode LM1 met puntlasten van 600 kN en een gelijkmatig verdeelde belasting van $10\text{ kN}/\text{m}^2$. Dit levert de volgende dekeigenschappen op:



➤ VVK-dek principe doorsnede

Eigenschappen rijdek over 3m breedte

h	b	E_y	GA
[mm]	[mm]	[kNm ²]	[kN]
150	3.000	13.555	250.773

Hierbij is rekening gehouden met een totale conversiefactor van 0,81 voor degradatie en droog/nat-klimaatomstandigheden volgens CUR 96.

Met deze eigenschappen is de maximale verplaatsing 2,7 mm en een maximale spanning van 26 MPa bij 20 mm dikke flenzen.

DEKSEGMENT VAN 30 M

Het ontwerp is gebaseerd op een hart op hart afstand van 30 m tussen de kabels. De kabels zijn verbonden aan de stalen dwarsdragers. Op deze stalen dwarsdragers rusten de VVK deksegmenten. Het rijdek wordt ondersteund door een VVK dwarsdrager; de VVK dwarsdragers worden weer ondersteund door VVK langsliggers. Een deksegment bestaat uit een rijdek zoals hiervoor omschreven. De langsliggers en dwarsdragers worden uitgevoerd met een sandwichconstructie om knikken van de

langsliggers en dwarsdragers te voorkomen. Om voldoende stijfheid en een goede aerodynamische vorm te verkrijgen, wordt de onderzijde afgedekt met een VVK sandwichplaat en worden de zijkanten afgerond.

In de langsliggers kunnen openingen gemaakt worden, zodat het gehele deksegment van binnenuit is te inspecteren.

Elk deksegment is breed genoeg om twee rijstroken te dragen; echter voor de stabiliteit in dwarsrichting is een breder dek nodig. Als bovengrens wordt voor het bepalen van de afmetingen van het deksegment alleen de breedte van het asfalt (breedte 8 m) meegenomen. De belasting op het deksegment door verkeer bedraagt een puntlast 1.000 kN en gelijkmatig verdeelde belasting van $37,5\text{ kN}/\text{m}$. Op basis van een ligger op twee steunpunten (bovengrens) worden de afmetingen gecontroleerd. De

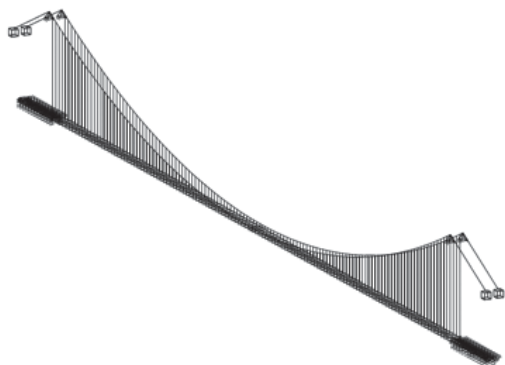
Deksegment 30 m lang, 6 m breed

h	b	E_y	GA
[mm]	[mm]	[MNm ²]	[MN]
2.250	6.000	20.447	1.057

eigenschappen van het deksegment zijn: Ook hier wordt een conversiefactor van 0,81 gebruikt. De maximale doorbuiging onder verkeer is $71 \text{ mm} < 30.000/200 = 150 \text{ mm}$. De maximale spanning bij 20 mm dikke flensen is 26 MPa.

HET GLOBALE DEK

In deze haalbaarheidstudie is het dek niet geoptimaliseerd, omdat we vooral naar voren willen brengen wat de mogelijkheden van het materiaal zijn.



De constructie zonder de pylonen is gemodelleerd in Sofistik en met behulp van de form-finding module zijn voor de permanente belastingen de momenten in het dek zo gelijk mogelijk verdeeld en verplaatsingen zodanig geoptimaliseerd dat het dek geen doorbuiging heeft onder de permanente belasting. In het Sofistik-model is het dek als een ligger geschematiseerd.

STALEN DWARSDRAGER

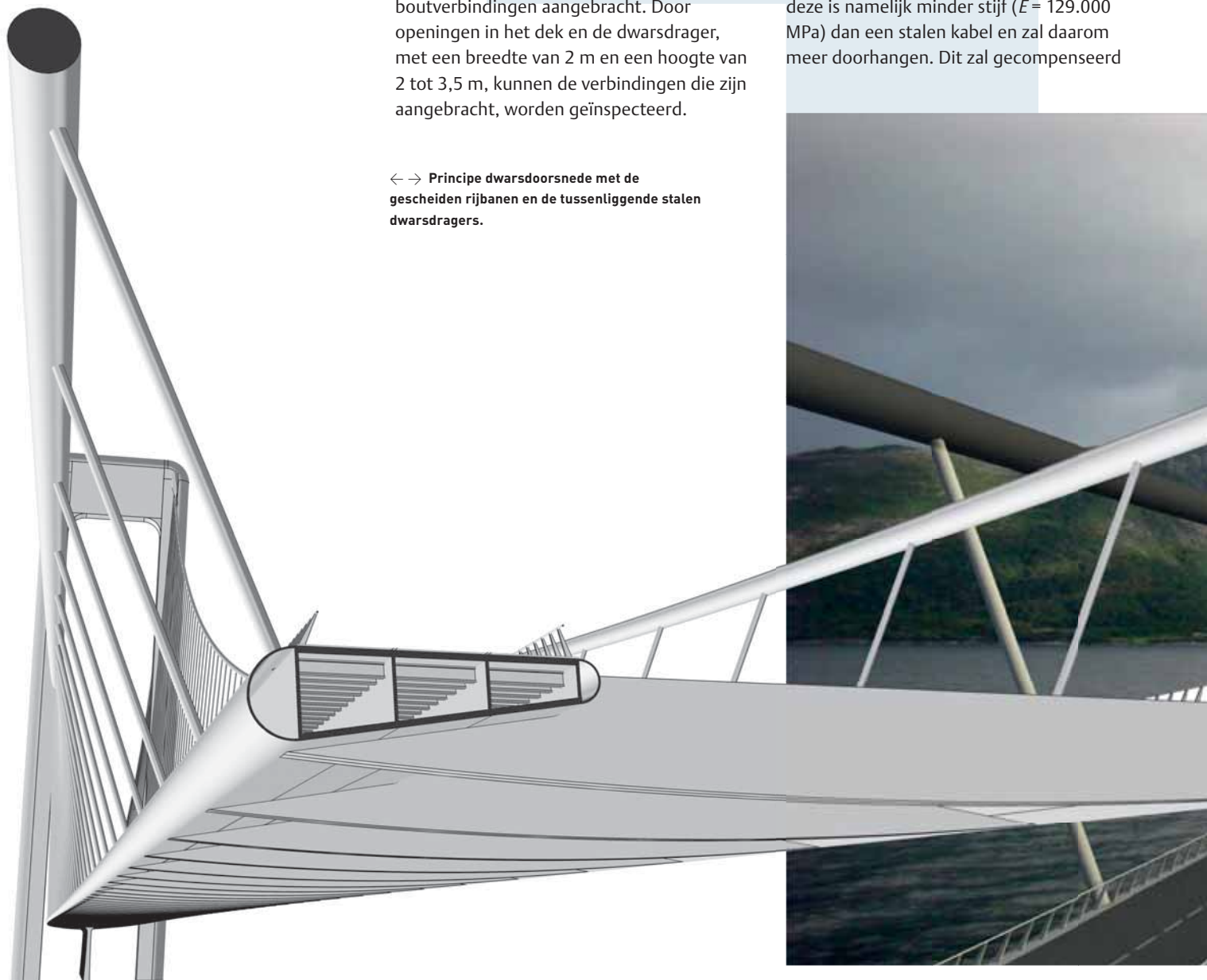
Voor de verbinding tussen de twee dekken in dwarsrichting is een stalen dwarsdrager gebruikt. Door de ligger in staal uit te voeren denken we makkelijker de belangrijke verbindingen van de hoofdconstructies te kunnen uitvoeren. De dwarsdrager hangt tussen de twee hangkabels en is hier ook mee verbonden. Daarna worden de VVK dekken tussen de dwarsdragers gehangen. Het ontwerp is zodanig uitgewerkt dat de dwarsdrager het VVK dek altijd verticaal ondersteunt. Het VVK dek wordt verder via een lijm- of een injectieverbinding aan elkaar gekoppeld. Als back-up worden er ook boutverbindingen aangebracht. Door openingen in het dek en de dwarsdrager, met een breedte van 2 m en een hoogte van 2 tot 3,5 m, kunnen de verbindingen die zijn aangebracht, worden geïnspecteerd.

← → Principe dwarsdoorsnede met de gescheiden rijbanen en de tussenliggende stalen dwarsdragers.

Op deze manier hebben we een robuust en betrouwbaar ontwerp gemaakt. De gehele constructie is verbonden met bewezen standaardverbindingen; de verbinding van VVK dek met de dwarsdrager is het meest spannend en zal ook getest moeten worden, maar heeft altijd een tweede draagweg, omdat het altijd verticaal ondersteund is en de verbinding met lijm en bouten is uitgevoerd.

HOOFDKABELS VAN DE HANGBRUG

Als een alternatief voor de stalen kabels kunnen koolstofkabels gebruikt worden voor grote bruggen. Deze koolstofkabels hebben echter wat nadelen: ze zijn niet makkelijk te verankeren en niet makkelijk te vervoeren. Wij hebben gekozen om Aramide kabels toe te passen van de firma FibreMax. Hiermee hebben we FibreMax uitgedaagd naar de mogelijkheden van deze grote overspanning. Zij hebben aangegeven dat, indien ze de ruimte en de opdracht hebben, ze deze kabels binnen twee jaar kunnen produceren. Nu heeft een Aramide kabel wel een nadeel: deze is namelijk minder stijf ($E = 129.000 \text{ MPa}$) dan een stalen kabel en zal daarom meer doorhangen. Dit zal gecompenseerd



moeten worden. Door de vormgeving van de Aramide kabel zal de kabel in de exacte lengte geproduceerd moeten worden, aangezien beide kanten voorzien zijn van een ankerkop (zie figuur rechts). De totale hoofdkabel is opgebouwd uit meerdere kabels.

De productie van de kabels is gebaseerd op "endless winding technology". Deze techniek is een totaal automatisch proces van continu wikkelen van parallelle strengens van vezels rond twee eindbeëindiging/fittingen tot de gewenste kabelsterkte of kabelrek bereikt is. Nadat de lengte is geprogrammeerd, berekent de computer van de EWR (Endless Winding Robot) de hoeveelheid vezels en het aantal lussen die voor de gespecificeerde kabel benodigd zijn. Tijdens het wikkelp proces zorgt de EWR voor gelijke spanning in alle vezels met een nauwkeurigheid van 0,1%. Dit resulteert in de hoogste bezwijkbelasting en de kleinst mogelijke diameter. Het zorgt er ook voor dat de kabels met constante kwaliteit worden geproduceerd. Het grootste deel van de kruipeffecten kunnen in het fabricageproces verdisconteerd worden.

De meest kritische ontwerpcriteria zijn:

- sterkte (treksterkte / MBL);
- toegepaste belastingen (min/max) tijdens de levensduur (en de frequentie van deze lasten);
- maximaal toegestane rek onder belasting;
- pengrootte;
- verwachte levensduur.



➤ Vormgeving Aramide kabels met pengaten





Alle vezels in de kabels zijn parallel gewikkeld. Dit is vergelijkbaar met het stalen parallel-wired kabelsysteem. Er is slechts elastische verlenging van het vezelmateriaal en daarmee vereist dit geen (of minder) voorspanning bij de installatie van de kabels. Uiteraard kunnen de kabels worden gespannen. De lengte van de kabels is geregeld binnen het geautomatiseerde productieproces en de lengte- toleranties kunnen tot een minimum worden beperkt (tot <1 mm, afhankelijk van de lengte van de kabel).

Door het eindeloze wikkelp proces wordt de eindsterkte (MBL) van de kabel bepaald in de eindafsluiting. Een FiberMax-kabel zal altijd breken in de beëindiging in een vooraf aangewezen gebied, aangezien de vezels hier in een lus lopen. Voor het ontwerp van de kabel is het eveneens belangrijk om het performaat te kennen. De grootte van de pen heeft invloed op de maximale bezwijklast. De kabels zullen worden bevestigd aan de pyloon en dus worden de verschillende kabels (met een totale diameter van 2 m) verspreid op de pyloon.

PYLOON

In ons ontwerp hebben we aangenomen dat de pyloon in beton wordt uitgevoerd. De pyloon staat zo dicht mogelijk aan, of net in het water om de bouw zo makkelijk mogelijk te houden.

RESULTATEN

Op basis van de eerdere handberekeningen en praktische keuzes zijn de afmetingen van het dek ingevoerd in het Sofistik-programma. Dit leidt tot de volgende resultaten.

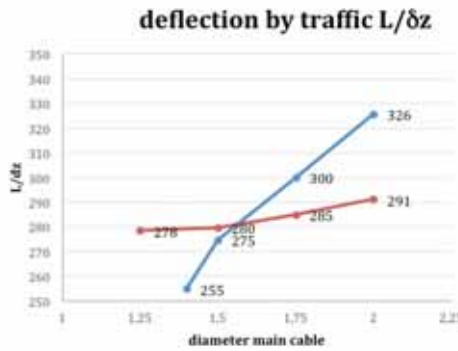
DEKCONSTRUCTIE

Structure	FRP-dek	FRP-dek horizontaal
	vertikaal	
BGT		
Normaalkracht	1.300 N	
Normaalspanning	12,17 MPa	
Moment	13.450 kNm	64.600 kNm
Buigspanning s	9,02 MPa	11,34 MPa



De totale maximale spanning in het dek is in dwarsrichting ongeveer:
 $12,17 + 11,34 = 23,51 \text{ MPa} \ll 1,2\%$ van
 $18.573 \text{ MPa} \times 0,81 / (1,15 \times 1,5) = 129,2 \text{ MPa}$
 (Op basis van BGT is er een veiligheid van:
 $129,2 / 21,37 = 6,04$). De berekening van de toegestane belasting is gebaseerd op de 1,2% rek van het materiaal aan de buitenkant van het dek (in dit geval de verticale lijven), vermenigvuldigd met de conversiefactor en gedeeld door de materiaalfactoren m_1 en m_2 , overeenkomstig een update van CUR 96 die in ontwikkeling is. De huidige CUR 96 [6] wordt vervangen door een nieuwe CUR 96, gebaseerd op de principes van de Eurocode.

De verticale doorbuiging wordt gedomineerd door de stijfheid van de hoofdkabel en iets minder door de stijfheid van het dek in dit ontwerp. Voor de hoofdkabel hebben we een eerste berekening gemaakt en op basis van deze afmeting kwamen we uit op een diameter van 2 m. Daarna zijn we gaan optimaliseren en hebben we een vergelijk gemaakt met een stalen kabel. In onderstaande grafiek zijn de resultaten weergegeven:

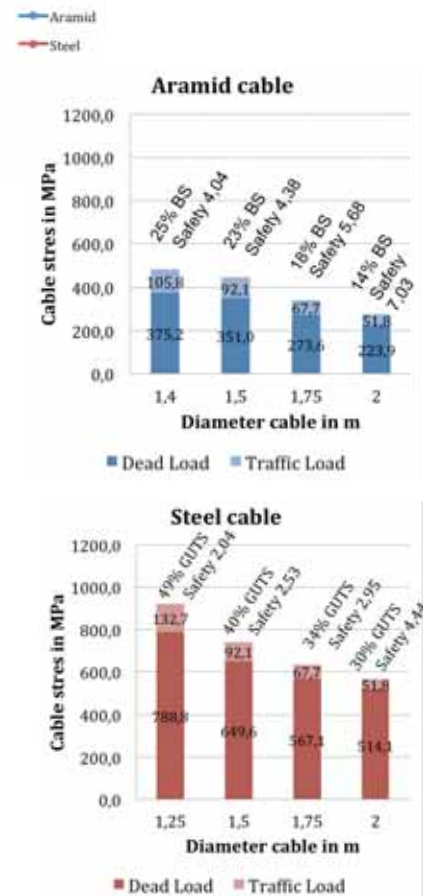


Met de Aramide kabel konden we tot een diameter van 1,4 m de Sofistik-som maken; daarna werd het model instabiel en zouden we de afstand van de dekken moeten vergroten. Bij de stalen kabel konden we tot een diameter van 1,25 m optimaliseren. Wat opvalt is dat de Aramide kabel tot ca. een diameter van 1,5 m minder doorbuigt dan de stalen kabel onder de verkeersbelasting. Verdere studie naar de optimale stijfheid van dek en kabel is nodig om tot een optimaal ontwerp te komen.

De stalen dwarsligger is niet in detail ontworpen, maar binnen de aangenomen afmetingen van de kokerconstructie kan deze verder worden gedetailleerd.

KABELS

Voor de hoofdkabel en de hangers is gekozen voor een Twaron 2200 (Aramide) kabel. In Sofistik zijn de maatgevende krachten bepaald voor de kabels.



De maximale spanning die wordt toegestaan in deze fase is voor Aramide:
 $2.500 \text{ MPa} / 1,3 = 1.923 \text{ MPa}$.
 Voor stalen kabels geldt meestal een begrenzing van de spanning op 45% van de toelaatbare staalspanning en wordt uitgedrukt in GUTS. 45% GUTS wil zeggen dat het staal na 2 miljoen belastingcycli met een spanningsbereik van 200 MPa nog tot 45% van zijn toelaatbare spanning moet kunnen worden belast. Bij Aramide is niet zozeer de vermoeiing een probleem, maar meer de belasting onder hoge temperaturen. Uit testen is gebleken dat als men de Aramide kabel onder een constante temperatuur van 50°C houdt, je de kabel meer dan honderd jaar kan belasten tot 46% van zijn sterkte (Braking Strength (BS)), welke voor ons is aangehouden op 1.923 MPa, zoals hierboven is beschreven.

Wat opvalt is dat de staalkabel met een diameter van 1,25 m boven de maximale 45% GUTS komt en daarmee niet meer voldoet. De veiligheid op deze stalen kabel is op dat moment nog maar 2,04. Voor de Aramide kabel zitten we bij een diameter van 1,4 m op

De verticale doorbuiging wordt gedomineerd door de stijfheid van de hoofdkabel en iets minder door de stijfheid van het dek in dit ontwerp

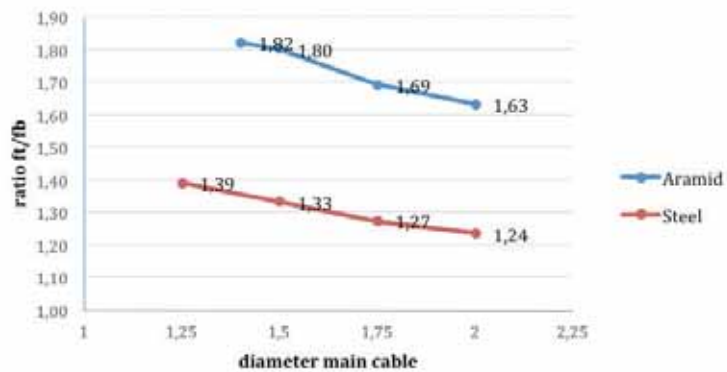


25% BS en ligt daarmee nog ver onder de 46%. De veiligheid van de Aramide kabel is in dit geval nog 4,04. Stel dat we over de volledige belasting (meeste belasting is echter permanent) een belastingfactor zetten van 1,65 (100 jaar levensduur) dan blijft er voor het materiaal nog een veiligheidsfactor van 2,44 over en dat lijkt voldoende.

Frequenties Aramide d=2,0 m

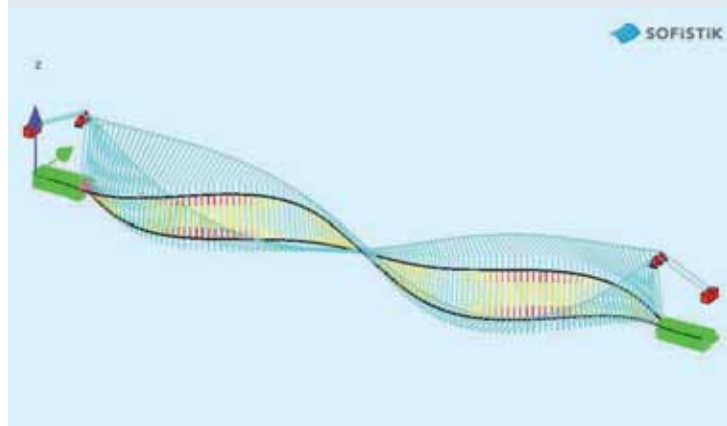
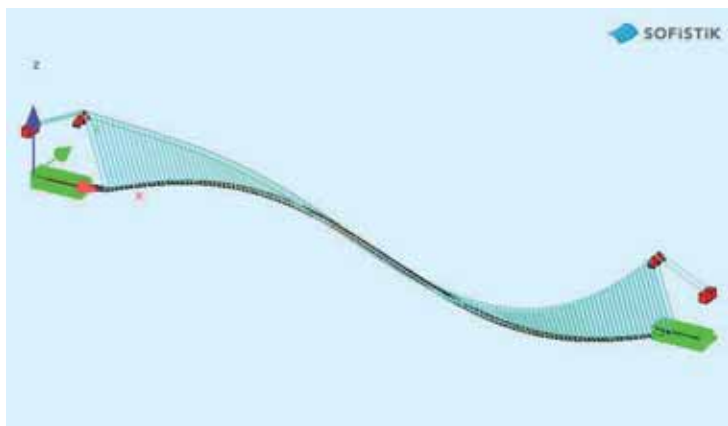
Frequenties	Load Case-nummer	Frequenties [Hertz]
Torsie	2008	0,085
Verticaal	2003	0,052
e = torsie/verticaal		1,620

ratio frequenties



DYNAMISCH GEDRAG

De natuurlijke frequenties en bijbehorende trilvormen zijn bepaald voor de brugconstructie aan de hand van de BGT spanningstoestand.



Uit nevenstaande grafiek blijkt dat bij de Aramide kabel de frequenties verder uit elkaar liggen dan bij staal en dat een kleinere diameter gunstiger resultaten geeft.

Voor de Aramide kabel met een diameter van 2,0 m is de kritische windsnelheid bepaald. De eerste translatie- en torsiebelasting-frequenties zijn respectievelijk 0,052 en 0,085 Hz.

Om flutter van het dek te voorkomen, moeten de frequenties voldoende uit elkaar blijven. Volgens de aangepaste Selbergformule (zie bijvoorbeeld Banck & Almborg [4]) is de kritische windsnelheid afhankelijk van de verhouding van de translatie- en torsiebelasting-frequentie. Met de huidige verhouding van 1,6 en de geometrie en traagheidseigenschappen van de brug, is de kritische windsnelheid 23 m/s, dat overeenkomt met 9 Beaufort en marginaal hoger is dan de Golden Gate Bridge [8]. Bij zulke hoge windsnelheden heeft turbulentie de neiging om flutter van het dek uit te sluiten; de berekende kritische windsnelheid lijkt daarom voor deze haalbaarheidsstudie voldoende. Maar nadere studie is nodig.

De vortex-excitatie van de hangers is onderzocht door het bepalen van het Scrutongetal. Het omslagpunt voor de gevoeligheid op vortex-excitatie ligt bij een waarde van 25, waarbij een lager getal leidt tot een grotere gevoeligheid. Het Scrutongetal wordt onder andere berekend door het logaritmisch decrement van de constructieve demping (δ_c), die zich met een materiaaldemping (ζ) verhoudt. Voor de berekening is in overleg met FibreMax uitgegaan van een logaritmisch decrement van 0,03. Het berekende Scrutongetal van 55 geeft voldoende ongevoeligheid voor vortex-excitatie.

ARCHITECTONISCHE INVULLING

In de nieuwe E39 (1.100 km lang) zijn meer hangbruggen gepland. Een familie van bruggen, ontworpen door één architect, maakt de nieuwe E39 meer herkenbaar en 'one of a kind' in de wereld. Voor hangbruggen moet het architectonisch ontwerp het structurele ontwerp volgen. Maar VVK-materiaal van het brugdek is bekend om zijn vormvrijheid en vereenvoudigt het realiseren van aërodynamische en architectonische vormen. Uit architectonisch oogpunt ligt de ware schoonheid van deze brug in de afmetingen ervan.

Vrachtauto's en gewone auto's zijn op dit soort grote bruggen maar kleine stipjes, vangrails en borstweringen vallen nauwelijks op. De brug is ontworpen met gebogen dekken. Het dek kan door de VVK toepassing mooi aerodynamisch gestroomlijnd worden. Het belangrijkste aspect waarop een architect zich echt kan uitleven, zijn de pylonen. Verschillende pyloonconfiguraties zijn bekeken, zoals een pyloon tussen de dekken of twee losse pylonen aan beide zijden van de dekken en zelfs schuine pylonen. Echter om constructieve redenen zijn schuine pylonen weer snel vergeten.

Bij het ontwerpen van een hangbrug van deze afmetingen veroorzaakt de zijwaartse wind grote krachten, waardoor, gecombineerd met de grote overspanning, voor de pylonen een stijf portaal met dwarsverbindingen nodig is. Zo krijgt het ontwerp een robuust uiterlijk met een zeer slank brugdek.

CONCLUSIE

In het begin van het artikel is aangegeven op welke vier onderdelen wij ons hebben geconcentreerd. Hier onder worden de conclusies van deze vier onderdelen gegeven.

- 1 Het eigen gewicht van het VVK dek is ongeveer 250-300 kg/m² en is lichter (ca. 20 – 30%) dan stalen dekken voor hangbruggen. De hoofdkabel in Aramide zorgt voor reductie van ca. 75% van het eigen gewicht ten opzichte van traditionele stalen kabels. Optimalisatie laat zien, dat een kabel van 1,4 m toegepast kan worden in plaats van 2,0 m.
- 2 Bij een diameter van 1,4 m voor de Aramide hoofdkabel is de doorbuiging ca. 14,52 m wat overeenkomt met L/255. Hoewel in [5] is aangegeven dat L/200 acceptabel is, zouden we toch aanbevelen om meer richting de L/300 te gaan en dek en kabel iets stijver uit te voeren.
- 3 De spanningen in het VVK dek en de Aramide kabels zijn voldoende laag en hebben voldoende veiligheid.
- 4 De verhouding tussen de verticale belastingfrequenties en de torsiebelastingfrequenties is 1,62 bij een diameter van 2,0 m. Dit geeft een kritische windsnelheid van 23 m/s, dat overeenkomt met 9 Beaufort.

Uit de studie blijkt dat bruggen met grote overspanningen ontworpen kunnen worden

met nieuwe lichtere materialen zoals VVK. Het dek en de kabels voldoen aan hun functies en de spanningen zijn lager dan voor staalconstructies, wat positief is voor de vermoeiing en maakt verdere optimalisatie mogelijk. De lage onderhoudskosten voor dit soort bruggen gebouwd met VVK-materialen, is een heel groot voordeel. Denk je maar eens in dat je een stalen dek van 3.700 m overspanning moet gaan schilderen, met alles wat erbij komt kijken, terwijl je weet dat je dat niet het hele jaar kunt doen! VVK is al een bewezen materiaal voor brugdekken voor hoofdoerspanningen tot 30 m; grotere overspanningen zijn mogelijk, maar zijn nog niet gerealiseerd. De Aramide kabels zijn al voor zwaar belaste constructies, zoals grote kranen, toegepast, maar nog niet op deze schaal. Dit artikel toont aan dat de realisatie van dit soort bruggen met VVK en Aramide mogelijk is. Meer gedetailleerde berekeningen en tests zijn nodig om het verder optimaliseren van het ontwerp mogelijk te maken.

VERANTWOORDING

De auteur is dank verschuldigd aan de overige medewerkers aan dit onderzoek, te weten: Liesbeth Tromp, Joris Smits, Alex Swart, Sander Meijers, Peter Hagenaars en Michel Kortenaar van Royal HaskoningDHV, Jaco Reusink van Gemeente Werken Rotterdam en aan het overleg met FibreMax.

LITERATUURVERWIJZING

- 1 Chen W., Duan I. *Bridge engineering handbook*, second edition, Fundamentals, CRC press, Taylor and Francis Group; 2014.
- 2 Lewis W. J. Smith L. *A Mathematical Model for Assessment of Material Requirements for Cable Supported Bridges: Implications for Conceptual Design*. Warwick: University of Warwick; 2012.
- 3 Keller T., *Use of FRP in Bridge Construction*, Structural engineering documents 7, Zurich: IABSE-AIPC-IVBH; 2003
- 4 F. Banck, O.R. Almborg, *Application of CFRP cables in super long span cable supported bridges, a feasibility study*, Master's thesis, Chalmers University of Technology, 2014
- 5 Statenes vegvesen, *Sognefjorden Feasibility Study of Floating Bridge*, 11258-03 Main report; 2013
- 6 CUR COMMISSION C124, "Recommendation 96 "Fibre-Reinforced Polymers in Civil Load-Bearing Structures", CUR Gouda, 2003.
- 7 Teijin, *Static loading of Twaron and Technora*, QBT 41303.1.1, Arnhem, The Netherlands, 2010
- 8 E. Simu, R.H. Scanlan *Wind effects on structures, Fundamentals and Applications to design*, John Wiley & Sons, inc. New York, United States of America, 1996.

1^{ste} Vakbijeenkomst Platform Fiets + Voetbruggen

In Amersfoort zijn op 10 november in de middag ca. 60 belangstellenden bijeen geweest om met elkaar van gedachten te wisselen over twee thema's: het ontwerp van dit type bruggen en over het onderhoud van dit type bruggen in het licht van de toepassing van vezelversterkt kunststof.

Jan de Boer als voorman van het Platform deed een beroep op de aanwezigen om met elkaar specifieke kennis rond fiets- en voetbruggen te delen en te komen tot een richtlijn. Het platform Fiets- en Voetbruggen zou dan een Nederlands kenniscentrum vormen en daarmee een nationale invulling geven aan het internationaal al opererende Footbridge-initiatief van IABSE en the Institution of Structural Engineers.

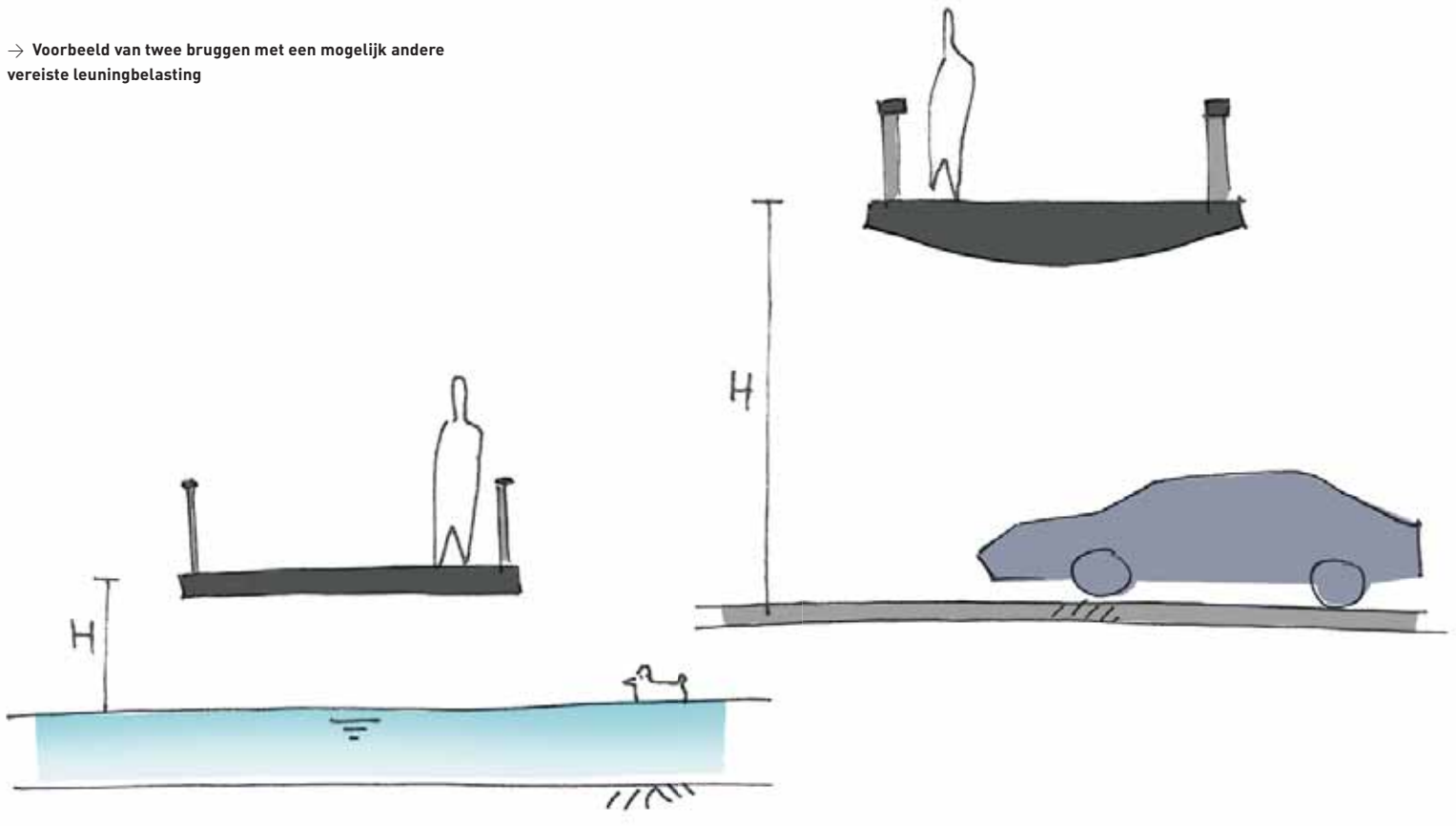
Hieronder volgen twee voordrachten met daaraan gekoppeld de resultaten van een discussie over het onderwerp.





Pijlebrug, Meppel

→ Voorbeeld van twee bruggen met een mogelijk andere vereiste leuningbelasting



Fietsbrug St. Gerardusstraat te Emmen

‘ONTWERPEN VAN FIETS-VOETBRUGGEN CONFORM EUROCODES: MIDDEL OF DOEL?’

Matthijs van Almen, senior constructeur bij Iv-Infra

Bouwwerken mogen geen gevaar vormen voor bewoners, gebruikers en de omgeving. De overheid heeft daarom een aantal voorschriften voor veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid en milieu vastgelegd in documenten als het Bouwbesluit en de

Eurocode. De eisen die aan bouwwerken worden gesteld zijn afhankelijk van de gebruiksfunctie. Voor het ontwerp van (fiets) bruggen wordt voor de prestatie-eisen verwezen naar de Eurocode. In dit document zijn een aantal keuzemogelijkheden opengelaten. De Richtlijn Ontwerp

Kunstwerken (ROK) en de OVS 00030-6 vullen deze mogelijkheden in voor projecten die uitgevoerd worden in opdracht van Rijkswaterstaat en ProRail. Een dergelijk document bestaat echter niet voor projecten met andere opdrachtgevers.



De presentatie is een eerste aanzet om tot een document te komen met eisen die van toepassing zijn voor fiets- en voetbruggen. Dit document, met als voorlopige werktitel Invulling Richtlijnen Fiets-voetbruggen (IRF), moet het opstellen van eisen door gemeenten vergemakkelijken en zal in ieder geval de volgende punten bevatten:

- Buitengewone ontwerp situatie (zoals aanrijdingen en aanvaringen) en de mogelijk aan te houden ontwerpstrategieën.
- Overzicht van de informatie die wordt vereist van de opdrachtnemer in het kader van uitvoeringsbelastingen en berekeningen.
- Specifieke eisen aan dynamisch gedrag door voetgangers, afwijkend van de waarden die zijn genoemd in de Eurocodes en aanbevelingen voor het ontwerpproces van trillingsgevoelige bruggen.
- Aanvullende (strengere) eisen en aanbevelingen met betrekking tot het winddynamisch gedrag van fiets- en voetbruggen.
- Onderhoudsvoertuigen op fiets- en voetbruggen en hoe de waarde van de belastingen van deze voertuigen veilig bepaald kunnen worden.
- Het afwegen van de veiligheidsrisico's voor fietsers ten gevolge van permanente obstakels en verhoogde ontwerpkosten ten gevolge van mogelijke onbedoelde voertuigen op bruggen.

Naast bovengenoemde punten bestaat het idee om kritisch te kijken naar belastingen op kleine fiets- en voetbruggen en, waar mogelijk, minder zware eisen te omschrijven voor dit type bruggen. Juist fiets- en voetbruggen hebben een grote variëteit aan gebruikssituaties en prestatie-eisen, terwijl de norm is geschreven met in het achterhoofd een maatgevende situatie die mogelijk niet bij alle constructies zal optreden. In enkele gevallen leidt dit tot onduidelijkheid en, naar de mening van de leden van het Platform Fiets + Voetbruggen, soms tot te zwaar uitgevoerde bruggen. De gevolgen hiervan zijn verhoogde kosten voor aanschaf en beheer en onderhoud en verhoogde milieubelasting. Een voorbeeld van een prestatie-eis waarbij dit van toepassing is, is de leuningbelasting. Er bestaat onduidelijkheid over de belastinggrootte die moet worden toegepast en of het mogelijk is om, in specifieke situaties, een lagere waarde voor te schrijven dan is genoemd in de Nationale Bijlage van de Eurocode. De norm zelf lijkt ruimte te geven aan de ontwerpende partij en de opdrachtgever om een keuze te maken.

De fietsbrug St. Gerardusstraat te Emmen en de voetbrug over de Graafstroom te Molenaarsgraaf zijn voorbeelden van bruggen die een andere leunbelasting vereisen. Uiteraard moet iedere constructie

een voldoende veiligheidsniveau hebben, maar het is niet logisch om dezelfde eisen te stellen aan deze totaal verschillende soorten bruggen. Misschien kunnen we, als opdrachtgevende en opdrachtnemende partijen, kritisch kijken naar de eisen die gesteld worden aan constructies. Hoe zwaarder de eisen die aan bruggen worden gesteld, hoe zwaarder de constructies, hoe grover het uiterlijk en hoe hoger het materiaalverbruik en dus de (maatschappelijke) kosten. Kortom: er is voldoende mogelijkheid tot een structurele verduurzamingsslag!

Het Platform Fiets + Voetbruggen is geïnteresseerd in de mening vanuit het werkveld. Uw reactie op dit artikel kunt u mailen naar redactie@bruggenstichting.nl



↑ **Pijlebrug, Meppel**
← **Voetbrug over de Graafstroom te Molenaarsgraaf**
(Bron: <https://commons.wikimedia.org/>)

IN DE DISCUSSIE NAAR AANLEIDING VAN DIT ONDERWERP WERD HET VOLGENDE OPGEMERKT

- **Maak vooraf met opdrachtgever en beheerder afspraken waar en waarom er afgeweken wordt van de regelgeving. Denk daarbij aan belasting op de leuning (omschrijf de ligging, kinderen aanwezig? – hoogteverschil? Beklimbaar?), de aanwezigheid van onbedoelde voertuigen.**
- **Onbedoelde voertuigen: Fysieke beperkingen aanbrengen (let op onveilige situaties en eventuele schadeclaims) – Afwijkende kleur brugdek overwegen. Vooraf bespreken en vastleggen.**
- **Comforteisen: licht ontwerpen betekent gevoeligheid voor trillingen, zeker in vvk. Doorbuigingseisen zijn niet goed vastgelegd in de Eurocodes**
- **Leuningbelastingen: maximale uitbuiging is niet in de voorschriften vastgelegd.**
- **Zou een 'Best Practice' een oplossing bieden?**

VVK IN DE BRUGGENBOUW

Remco Renting, Afd. Beheer en Onderhoud, Provincie Groningen



INLEIDING

Het toepassen van vezelversterkte kunststoffen (VVK) in de bruggenbouw kan een goede keuze zijn. De voordelen zoals licht, sterk en onderhoudsarm maken het aantrekkelijk om tot die keuze te komen. Het materiaal heeft echter zijn specifieke eigenschappen en kan bij slechte detaillering of uitvoering ook tot slechte ervaringen leiden. In dit artikel wordt op basis van een aantal ervaringen met VVK toegelicht waarmee men bij toepassing van VVK in civiele draagconstructies rekening mee moet houden

KANS VOOR VVK

Sinds enkele jaren wordt VVK, en voornamelijk glasvezelversterkte kunststof, als materiaal ingezet in de bruggenbouw. Daar waar houten brugdekken door rotting kapot gaan en de staalconstructie eronder begint te roesten, worden met enige regelmaat brugdekken vervangen door VVK dekplanken. Er zijn mogelijkheden om VVK dekplanken goed te koppelen en waterdicht te maken of grote dekken als één geheel te produceren. Het onderhoud aan de brugdekken wordt verminderd, mede doordat de bescherming van de onderliggende staalconstructie tegen pekewater daarmee wordt verbeterd. Het materiaal kan vanwege de goede sterkte eigenschappen ook goed gebruikt worden als constructiemateriaal in hoofdoverspanningen. Zo zijn niet alleen fietsbruggen maar ook verkeersbruggen compleet in VVK uitgevoerd of worden hybride constructies gezocht met staal of beton. Afwegingen om te kiezen voor VVK boven beton, hout of staal zijn divers. De overweging van opdrachtgevers om het materiaal voor te schrijven met als reden om er ervaring mee op te doen en zelf te beoordelen waar de waarde van VVK ligt, is er één. Daarnaast kunnen Design Build en Maintenance contracten vanwege de ontwerpvrijheid die een aannemer krijgt, er aan bijdragen dat het materiaal een kans krijgt om te worden toegepast in de bruggenbouw.

WAT IS VVK?

Composiet is een samenstelling van twee of meer materialen. Voor VVK zijn dit een vezel en een kunststofhars. Voor glasvezelversterkt kunststof, dat het meest wordt toegepast in de bruggenbouw, zijn dit een glasvezel en een hars. De vezels kunnen worden voorgesteld als wapening en de hars als een

verbindingsmateriaal tussen de vezels. De samengestelde delen vermengen zich niet met elkaar, maar behouden hun specifieke eigenschappen. Het samenspel van de materialen bepaalt de eigenschappen van het eindproduct. De eigenschappen worden onder andere bepaald door het type vezel, type hars, richting van de vezels en de hoeveelheid vezels in het composiet. Het materiaal is anisotroop: VVK heeft niet in alle richtingen dezelfde materiaaleigenschappen. De sterkte is in de vezelrichting het grootst. Door meer vezels in een bepaalde richting te gebruiken, kan de constructie in die richting worden versterkt daar waar nodig. Een samenvoeging van een aantal lagen vezels en hars wordt een laminaat genoemd. Het laminaat met zijn specifieke materiaaleigenschappen is het basisuitgangsmateriaal in de constructie. De treksterkte van een laminaat kan enkele malen groter zijn dan van staal, maar is ook vele malen elastischer dan staal en daardoor minder stijf. De doorbuiging of trilling is vanuit een comforteis dan ook vaak bepalend in de constructie.

KWALITEIT EN NORMERING

Als VVK de kans krijgt zich te bewijzen binnen de bruggenbouw, hoe wordt er dan voor gezorgd dat we dit goed doen? De marktwerking zal toenemen en de grenzen van het materiaal zullen worden opgezocht. Kunnen opdrachtgevers goed genoeg aangeven wat die grenzen zijn? Hoe wordt er voor gezorgd dat de gewenste kwaliteit behaald wordt? Een onderzoeksrapport vanuit Amerika laat een hoeveelheid van schades en slechte ervaringen in VVK brugdekken zien. Hoe zorgen we ervoor dat er in de toekomst in Nederland geen areaal VVK bruggen is waar problemen mee ontstaan?

De basis voor het veilig bouwen van bruggen ligt vast in ons bouwbesluit. Vanuit dat bouwbesluit worden de Eurocodenormen aangewezen. Echter er is geen Eurocode voor VVK. Dit betekent niet dat het materiaal niet toegepast mag worden, maar een gebaande weg via normering om te komen tot de bewijslast ligt niet vast. Toch zijn er via de basis genoeg handvatten om bij een Bouwen Woningtoezicht aan te tonen dat de gevraagde betrouwbaarheid behaald wordt. Belangrijk voor een goede ontwikkeling van VVK en dus voor het voorkomen van problemen in projecten, is dat deze basiseisen goed gehandhaafd worden.

De kans op falen van een materiaal moet erg klein zijn in de bruggenbouw en heeft een bepaalde grenswaarde. Om te controleren of een onbekend materiaal voldoet aan die faalkans kun je proeven doen. Van elke materiaaleigenschap kan een gemiddelde waarde en een spreiding bepaald worden. Met de vereiste faalkans kun je dan de waarde uitrekenen waarmee je mag rekenen. Dit is de karakteristieke waarde. De basisnorm van de Eurocode (NEN-EN 1990) geeft in bijlage D aan hoe je tot een doorproeven ondersteund ontwerp kunt komen. In de basis zijn dan de materiaaleigenschappen aangetoond. VVK heeft echter in trek en druk en in de verschillende vezelrichtingen andere materiaaleigenschappen. De afschuifsterkte tussen de vezellagen (ILSS) en de glasovergangstemperatuur (grenstemperatuur waarbij de hars aan stijfheid verliest bij verwarming) zijn ook eigenschappen waar rekening mee gehouden dient te worden in het ontwerp. Op deze wijze zijn voor de Pijlebrug in Meppel acht beproevingssets uitgevoerd om de eigenschappen van trek, druk en ILSS alle in twee vezelrichtingen, de glasovergangstemperatuur en het vezelvolumegehalte te bepalen. Om een eigenschap te bepalen zijn minimaal vijf proefstukken gemaakt, wat neerkomt op een aantal van minimaal 40 proeven om de eigenschappen van het laminaat vast te stellen.

VVK is echter niet geheel ongevoelig voor invloeden als temperatuur, vocht, kruip en vermoeiing. Een beproeving van die invloeden op dezelfde manier is omvangrijk, maar vaak ook niet nodig. Er is vanuit andere vakgebieden zoals vliegtuigbouw, jachtbouw en windmolentechniek veel bekend over die invloeden. De CUR-Aanbeveling 96 geeft handvatten voor het verwerken van deze invloeden in het ontwerp specifiek voor glasvezelversterkte kunststoffen in de civiele draagconstructies. Afhankelijk van de situatie kunnen de materiaaleigenschappen gereduceerd worden met een zogenaamde conversiefactor. Voor vocht zijn bijvoorbeeld voor de situaties, droog, nat en wisselende omstandigheden verschillende factoren gegeven.

Bout- en lijmverbindingen zijn daarmee nog niet aangetoond. Kennis vanuit andere toepassingen en bijvoorbeeld resultaten van

lijmleveranciers kunnen een bijdrage leveren aan de bewijsvoering. Het door proeven ondersteunde ontwerp moet hier ook toegepast worden. Verbindingen verdienen wel speciale aandacht omdat de detaillering en uitvoering van groot belang is. Dit is inherent aan de eigenschappen van VVK. VVK is elastisch tot breuk en is daarmee gevoelig voor spanningsconcentraties. Het uitvloeien en herverdelen van spanningen vindt in mindere mate plaats. Juist daarom zijn bout- en lijmverbindingen maar ook daar waar puntlasten optreden bij hijspunten en opleggingen, niet zelden de zwakke of ontwerpbepalende plekken in de constructie. Om dezelfde reden kunnen sterk geconcentreerde lasten (bijvoorbeeld t.g.v. paardenhoeven of massieve heftruckbanden) of impact belastingen (vallen van een voorwerp op de brug) lokale schade aan het brugdek teweegbrengen. Het kan daarbij nodig zijn in de projectspecificatie aanvullende belastingmodellen op te nemen voor bijvoorbeeld puntlasten en verticale aanrijshade. Dat de brug daarbij een mate van robuustheid moet hebben waarbij het liefst ook geen schade optreedt en in ieder geval ontstane schade niet tot falen leidt en reparabel is, mag evident zijn, maar voorgeschreven criteria om te komen tot bewijslast en acceptatie zijn er niet. Voor de Pijlebrug is vanwege een lijmverbinding in het brugdek, naast de laminaatattesten een serie aanvullende beproevingen gedaan ter ondersteuning, het aantoonbaar maken van de berekening en vanwege het aantonen van de robuustheid. Met een proefstuk van drie meter breed en acht meter lang zijn eerst eigenfrequentie en doorbuiging gemeten middels het aanbrengen van een proeflast van 850 kN die de aslastmodellering vanuit de Eurocode in rekening bracht. Vervolgens is het dek enkele weken met die proeflast belast voor het bepalen van de kruip. Hierna is schade aangebracht op het brugdek door een bal van 50 kg vanaf twee meter hoogte te laten vallen. Vervolgens is een vermoeiingsproef gedaan door het aanbrengen van een wisselende belasting die 12,5 miljoen voertuigpassages over het brugdek representeerde. Tot slot is nog een uiterste grensbelasting aangebracht van 1.700 kN om het brugdek tot bezwijken te brengen. Dit is niet gelukt. Het proefstuk is daarmee nog prima in te zetten en we zijn voornemens deze een herbestemming te geven door het als volwaardig brugdek in te gaan zetten.

KWALITEIT EN KOSTEN

Beproevingen kosten geld en investeringen kunnen relatief hoog zijn bij de bouw van een brug. Leveranciers kunnen deze investeringen afschrijven over meerdere projecten en opdrachtgevers kunnen bereid zijn de kosten te dragen in een project, maar er zal gezocht moeten worden naar een beperking van de kosten waarbij we eindkwaliteit nog kunnen garanderen. We zouden graag vaste waarden van de materiaaleigenschappen hebben waar we mee kunnen rekenen. Dat dit niet altijd kan ligt mede aan het feit dat de materiaaleigenschappen bij de productie van de brug worden bepaald. De vezeloriëntatie, de vezelopbouw, de hars (een recept bestaande uit bijvoorbeeld polyesters, verharders, versnellers, vertragers en katalysatoren), het uitvoeringsproces en productieomstandigheden bepalen die eigenschappen. Je zou kunnen zeggen dat het materiaal in de fabriek wordt gemaakt. Het aantal parameters en de variatie daarin is erg groot. De consequenties voor de materiaaleigenschappen en met name ook voor de verbindingen ten gevolge van de variaties kunnen groot zijn. Een bepaalde mate van standaardisatie waarbij gebruik gemaakt kan worden van voorgaande resultaten is dan wenselijk. De vertaling naar

het eindproduct moet er dan wel zijn en de testen moeten representatief zijn met betrekking tot bijvoorbeeld toegepaste materialen, voorbehandeling, afmetingen, uitvoeringsproces en omstandigheden. Dit vergt een bepaalde inspanning die de ontwikkeling op gang houdt en waarbij kennisdeling ook een belangrijk onderdeel is.

VVK heeft eigenschappen die een mooie aanvulling kunnen zijn op het pallet van materiaalkeuzes in de bruggenbouw. Er kan slim worden geconstrueerd met VVK en het heeft soms voordelen ten opzichte van andere materialen. Maar het is niet altijd de beste oplossing voor elke constructie. Voor constructeurs is het dan de uitdaging het juiste materiaal op de juiste plek toe te passen. Er is in Nederland veel kennis aanwezig bij onder andere leveranciers, ingenieurbureaus, kenniscentra en de brancheorganisatie VKCN die gebruikt kan worden in de bruggenbouw. Er zijn mogelijkheden voor opdrachtgevers om VVK goed voor te schrijven en het gewenste eindresultaat te halen. De opdracht voor het welslagen van VVK in de bruggenbouw ligt daarbij niet alleen bij de leveranciers die goede producten moeten leveren, maar ook bij de opdrachtgevers die de juiste vraagspecificatie moeten opstellen.

IN DE DISCUSSIE NAAR AANLEIDING VAN DIT ONDERWERP WERD HET VOLGENDE OPGEMERKT

- **kennis zit vaak bij de beherende partij. Dit wordt steeds belangrijker en deze kennis wordt steeds vaker in het ontwerptraject meegenomen. Provincie Groningen heeft de kennis over beheer, ontwerp en nieuwbouw geïntegreerd. Dit Groningse model wordt ook elders gehanteerd.**
- **Met VVK kan slim worden geconstrueerd, het juiste materiaal op de juiste plek.**
- **Het is nog moeilijk om VVK goed voor te schrijven. Huur eerst de kennis in en bouw zo zelf voor de toekomst kennis op.**
- **Eisen van constructies in staal en beton staan in Eurocodes. Voor VVK gebeurt dat in 2016 in CUR-Aanbeveling en Eurocode.**
- **Over verbindingen met bouten of lijm is veel kennis aanwezig. Het ontwerp kan door laboratoriumtesten worden ondersteund met het vaststellen van de eigenschappen.**



Bruggen in de Kunst

Michel Bakker

De bruggen van
Willem Witsen

'IT WAS A FOGGY, CLOUDY MORNING'

Willem Arnold Witsen werd in 1860 te Amsterdam geboren in een welvarend gezin. Het regentengeslacht Witsen had al meerdere Amsterdamse burgemeesters voortgebracht. Van 1876 tot 1884 studeerde Witsen aan de Rijksacademie van Beeldende Kunsten in Amsterdam.

Daar raakte hij bevriend met schilders die het gezicht van de Nederlandse kunst in de jaren rond 1890 zouden bepalen, zoals Antoon Derkinderen, Willem Tholen, Jacobus van Looy, Jan Veth, Eduard Karsen en Jan Toorop, en wat later ook met George Breitner en Isaac Israëls die aan de Koninklijke Academie van Beeldende Kunsten in Den Haag hadden gestudeerd. Witsen werkte vaak op 'Ewijckshoeve', het buitenhuis van de familie bij de Lage Vuursche. Zijn vrienden werden er altijd gastvrij onthaald.

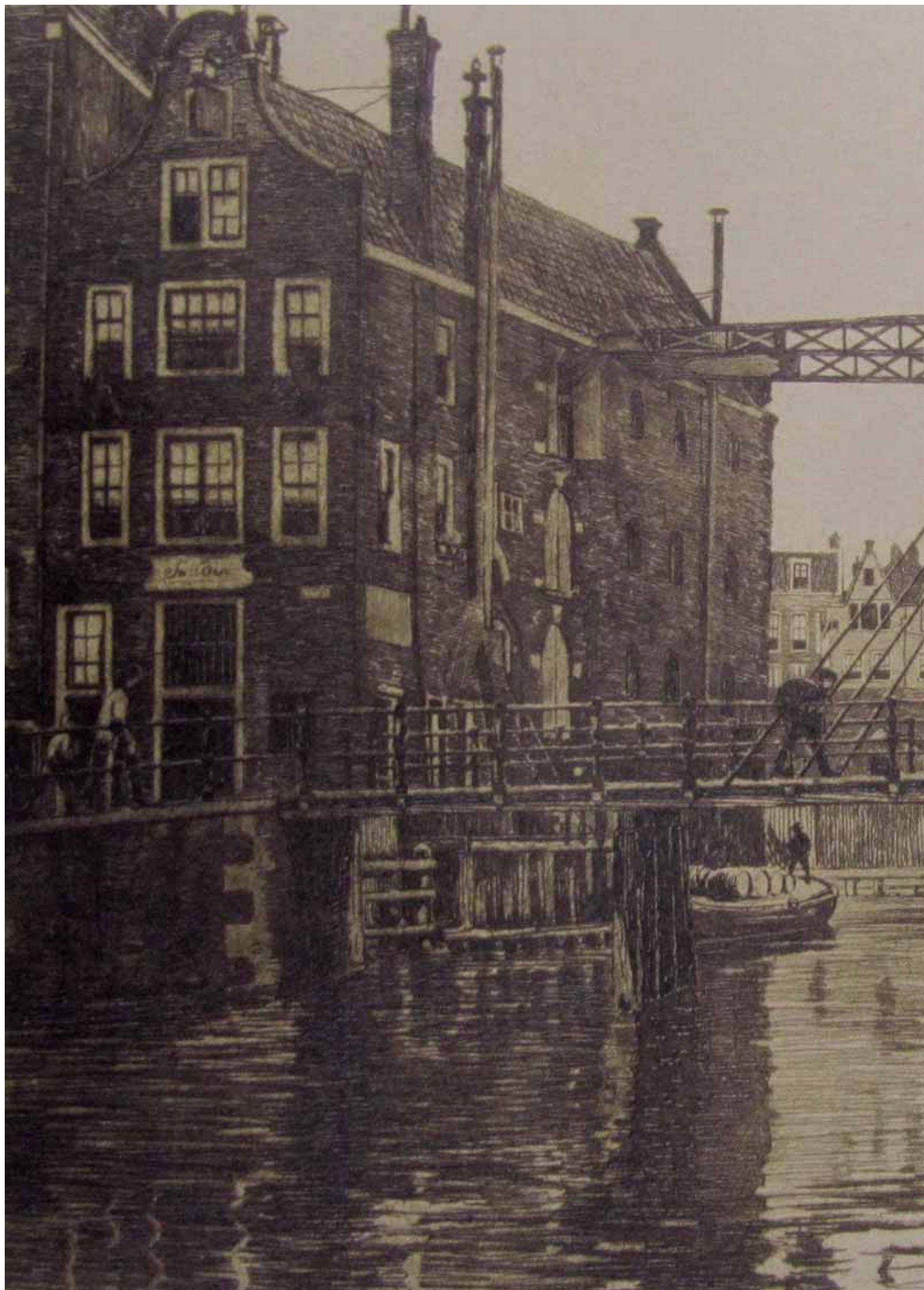
In het Letterkundig Genootschap Flanor maakte hij kennis met de actieve jonge literatoren Willem Kloos, Albert Verwey en Frederik van Eeden, die bekend zouden worden als de Tachtigers en uit wier gelederen in 1885 De Nieuwe Gids voortkwam. In dit baanbrekende tijdschrift heeft ook Witsen - onder pseudoniem - enige recensies gepubliceerd. Zijn muzikale talenten heeft Witsen op zijn cello ontwikkeld. Ook was hij een verdienstelijk schaker.

Hoewel hij prachtige landschappen heeft gemaakt, is Witsen vooral bekend geworden door zijn schilderijen, aquarellen en etsen van stadsmotieven. Amsterdam bleef een niet aflatende inspiratiebron. Hij trachtte de essentie ervan te raken: '... die grote

brokken van 't mooie Amsterdam, met die regenluchten en die regendamp - mooi, mooi, mooi, anders niets - ...'. Hij werkte graag vanaf het water, waartoe hij in 1898 in Dordrecht een roeibootje huurde. In 1911 kocht hij in Amsterdam zelfs een eigen zolderschuit, die hij tot atelier liet ombouwen.

Eind 1888 vertrok Witsen voor ruim twee jaar naar Londen. Zijn afscheid werd groots gevierd. Op 11 oktober dineerde hij met zestien vrienden in Maison Couturier aan de Keizersgracht. Nol Ising bracht verslag uit aan Lodewijk van Deyssel: "Het maal begon om zeven uur en tegen twaalf geraakten sommige der Heeren zoo in feestvreugde, dat zij met den inventaris begonnen te werken en kleeden, glazen en stoelen, benevens de Heeren heel hard door de kamer rolden, waarbij de heeren knechten met hun doodgraversgezichten groote oogen opzetten." Londen bleek bij uitstek een stad om zijn favoriete onderwerpen te vinden. Hier ook ontstond zijn hartstocht voor de fotografie, een liefhebberij die hij jarenlang serieus beoefend heeft. De beste foto's van zijn vriendenkring rond De Nieuwe Gids hebben we aan hem te danken. Zijn huis in Camden fungeerde ook als toevluchtsoord voor zijn Amsterdamse vrienden die er nodig even uit moesten. Bij hem logeerden onder

meer Kloos, Hein Boeken, Van Looy en Karsen. In Londen was Witsen niet bijster geïnteresseerd in de nieuwe stad, de havens of de menselijke en industriële bedrijvigheid. Hij zocht daarentegen naar de stille en tijdloze plekken voor 'stemmig' werk. Hij werd zeer aangetrokken door de bruggen over en kades langs de Theems. Steeds opnieuw dwaalde Witsen in deze buurt rond. Waterloo Bridge zou hij vele malen schilderen. Vanaf de weg onder de brug maakte hij schetsen die hij thuis uitwerkte. Keer op keer wist hij de karakteristieke Londense mist te vangen in zijn aquarellen en etsen. Toen hij aankwam in Londen was de mist juist die dag heel dik en geel. Een tijdgenoot: 'The cabs are rimmed with a halo.' En precies dit effect is heel mooi op de hier afgedrukte aquarel van Witsen te zien. Het kleurenpalet doet denken aan de Sherlock Holmes-verhalen van Arthur Conan Doyle: 'It was a foggy, cloudy morning, and an dun-coloured veil hung over the rooftops, looking like a reflection of the mud-coloured streets beneath.' Bij zeer dichte mist stak men in Londen ook overdag de gaslichten aan, hetgeen niet weinig bijdroeg aan een mysterieuze sfeer. Teruggekeerd uit Londen, nam Witsen Breitners atelier op de eerste verdieping van Oosterpark 82 in Amsterdam over. Op de







Kattenburgerbrug, Kattenburgerplein Amsterdam

begane grond had Isaac Israëls zijn atelier. In deze periode werd E.J. van Wisselingh & Co zijn vaste kunsthandel. In 1895 organiseerde deze Witsens eerste solotentoonstelling. Vooral als etsers was Witsen inmiddels nauwelijks te evenaren. Hij beheerste de technische kant van het vak als geen ander, zodat ook vakbroeders graag hun afdrukken aan hem toevertrouwden. In 1920/1921 bezocht hij vergezeld van zijn tweede vrouw Nederlands-Indië, waar Witsen de eervolle opdracht kreeg om de gouverneur-generaal te portretteren. Terug in Nederland kreeg Witsen weer last van zijn oude kwaal bronchitis. Aan de gevolgen daarvan hij overleed op 13 april 1923 in het Onze Lieve Vrouwe Gasthuis te Amsterdam.

“Onder de brug”, circa 1890, waterverf op papier, particuliere collectie. Door hier en daar het witte papier uit te sparen, creëerde Witsen het effect van de gaslampen die

reflecteren in de natte straat. Het donkere silhouet van Waterloo Bridge doemt op uit de mist. Waterloo Bridge werd in 1817 officieel geopend.

De Amsterdamse Peperbrug (zie pagina 24 en 25), een ophaalbrug in de Peperstraat over de Rapenburgwal te Amsterdam. Witsen etste de brug omstreeks 1911. Deze brug dateerde van 1902 en verving de ophaalbrug van 1874. Tot 1860 lag er hier een houten ophaalbrug. In dat jaar werd hij – zoals alle houten ophaalbruggen in die tijd – vervangen door een ijzeren brug. Deze was ontworpen door Bastiaan de Greef. Het is een ets in derde staat. Daarmee wordt aangegeven dat Witsen al twee keer wijzigingen heeft aangebracht op de oorspronkelijke koperplaat (collectie Haags Gemeentemuseum). Wij zien de Rapenburgwal en de ijzeren ophaalbrug tussen de eilanden Rapenburg en Uilenburg. Het woonhuis links was aan de achterkant een

pakhuis aan de Uienburgwal. Achter de brug nog de zijmuur aan het Nieuwe Grachtje. De ets is spiegelbeeldig. De huidige Peperbrug dateert van 1929.

Kattenburgerbrug, olieverf op paneel, 26 x 36 cm., Collectie ING-Bank. Deze brug ligt over de Nieuwe Vaart bij het Kattenburgerplein. In vrijwel alle gevallen is deze brug afgebeeld vanaf de zuidzijde van de vaart zodat (een deel van) ‘s Lands Zee-magazijn op de afbeelding kwam te staan. Willem Witsen heeft de brug echter geschilderd als gezien vanaf het Kattenburgerplein in de richting van het Zeemanshuis waarvan de voorgevel naar het westen is gericht. Volgens een bouwtekening uit 1842, geparafeerd door PW-directeur A.C. Pierson, zijn de hameipoorten vernieuwd met gebruikmaking van gietijzeren bogen ter verbinding van de houten stijlen. Deze ijzeren bogen zijn door Willem Witsen geschilderd. (Met dank aan Gert-Jan Luijendijk.)

LITERATUUR

- Irene M. De Groot et al., *Willem Witsen, schilderijen, tekeningen, prenten, foto's, 1860-1923*, Bussum 2003.
- J. Oosterhoff (red.), *Bruggen in Nederland 1800-1940, Beweegbare bruggen*, Utrecht 1999, pp. 232-234.
- Frank V. Smit, *Bruggen in Amsterdam. Infrastructurele ontwikkelingen en brugontwerpen van 1850 tot 2010*, Utrecht 2010, p. 259.
- www.willemwitsen.nl

BETON- PRIJS

Verlengde Waalbrug



2015

Betonprijs 2015: Verlengde Waalbrug

Opdrachtgever	Gemeente Nijmegen
Architect	Zwarts & Jansma Architects
Constructeur	Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs
Aannemer	Dura Vermeer
Bekisting	Verhoeven Timmerfabriek Nederland BV



Het zijn alle projecten, die een binding hebben met het grootse, landelijke project Ruimte voor de Rivier.

ELKE TWEEJAAR ORGANISEERT DE BETONVERENIGING DE BETONPRIJS MET DIVERSE CATEGORIEËN, DIT JAAR VOOR DE 19^E MAAL. ONZE BELANGSTELLING GAAT NATUURLIJK IN HET BIJZONDER UIT NAAR DE CATEGORIE BRUGGEN & VIADUCTEN DIE IN DE PERIODE JULI 2013-JULI 2015 IN GEBRUIK ZIJN GENOMEN



Bekisting Verlengde Waalbrug
Verhoeven Timmerfabriek Nederland BV, Venray

**EN IN NEDERLAND OF DOOR EEN NEDERLANDS INGENIEURSBUREAU/ARCHITECT/
AANNEMINGSBEDRIJF IN HET BUITENLAND ZIJN GEREALISEERD. DE PROJECTEN
MOETEN DOOR BELANGHEBBENDEN WORDEN INGEDIEND: DE BETONVERENIGING
KIEST DUS NIET ZELF DE PROJECTEN.**

Ook in de categorieën Constructief Ontwerp, Restauratie/Reparatie, Betontechnologie en Uitvoering kunnen bruggen en viaducten worden aangeleverd. Uit de inzendingen worden per categorie drie projecten genomineerd, waaruit de winnaar wordt gekozen. Hieronder de genomineerde Bruggen.

CATEGORIE BRUGGEN & VIADUCTEN.

Men wilde en kon er natuurlijk niet omheen: de bruggen in het Nijmeegse hebben afgelopen jaren erg in de belangstelling gestaan. De Verlengde Waalbrug en de stadsbrug De Oversteek zijn dan ook genomineerd, naast de overstroombare brug Fortmond te Olst. Het zijn alle projecten, die een binding hebben met het grootse, landelijke project Ruimte voor de Rivier. Overwegingen zijn:

VERLENGDE WAALBRUG

Opmerkelijk zijn de driedubbel gekromde pijlers en geïntegreerd brugdek waarvoor een uitzonderlijk vormgegeven bekisting en ingewikkelde wapeningsconstructie nodig was.

STADSBRUG DE OVERSTEEK, NIJMEGEN

Kenmerkend is, naast de fraaie vormgeving van betonnen aanbruggen en stalen boog, de toepassing van schuimbeton in de aanbruggen om het eigen gewicht omlaag te brengen. Te prijzen is de opmerkelijk goede samenwerking tussen alle betrokken partijen in bestuurlijk en technisch opzicht.

OVERSTROOMBARE BRUG FORTMOND OLST

Wanneer er echt ruimte aan de rivier moet worden gegeven, overstroomt deze brug in de uiterwaarden. De brug is hiervoor hydrodynamisch vormgegeven om een zo gering mogelijke barrière voor het wassende water te vormen.

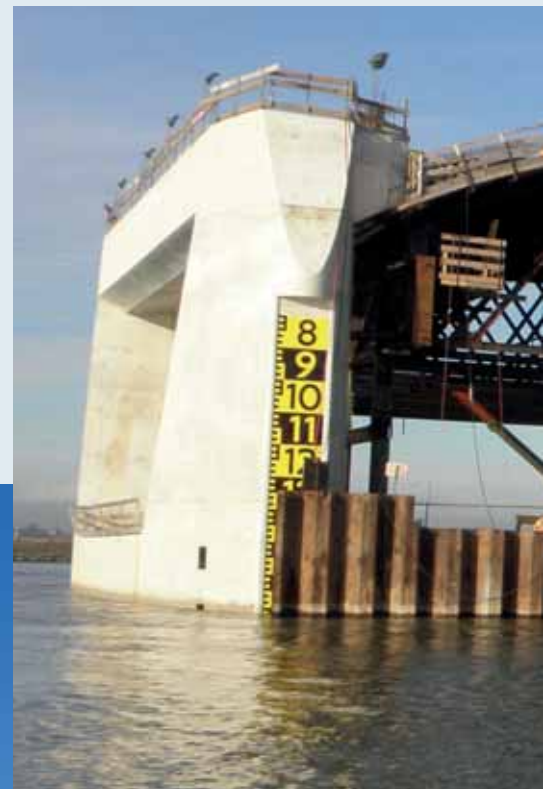
Als winnaar is de Verlengde Waalbrug aangewezen. Het ingewikkelde bekistingswerk kreeg kennelijk de voorkeur boven de fraaie, stalen boog van De Oversteek, die in 2014 is bekroond met de Nationale Staalprijs.

CATEGORIE UITVOERING

De nieuwe Botlekbrug, één van de grootste hefbruggen in Europa mocht niet ontbreken. De langdurige uitvoering van het

→ De Oversteek

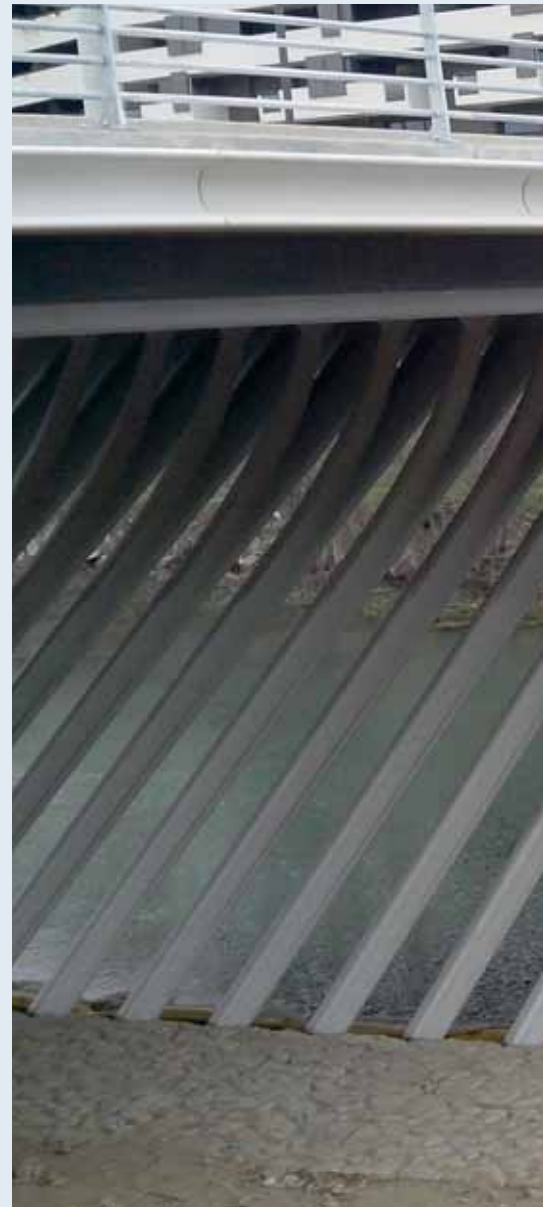
↓ Brug Fortmond Olst







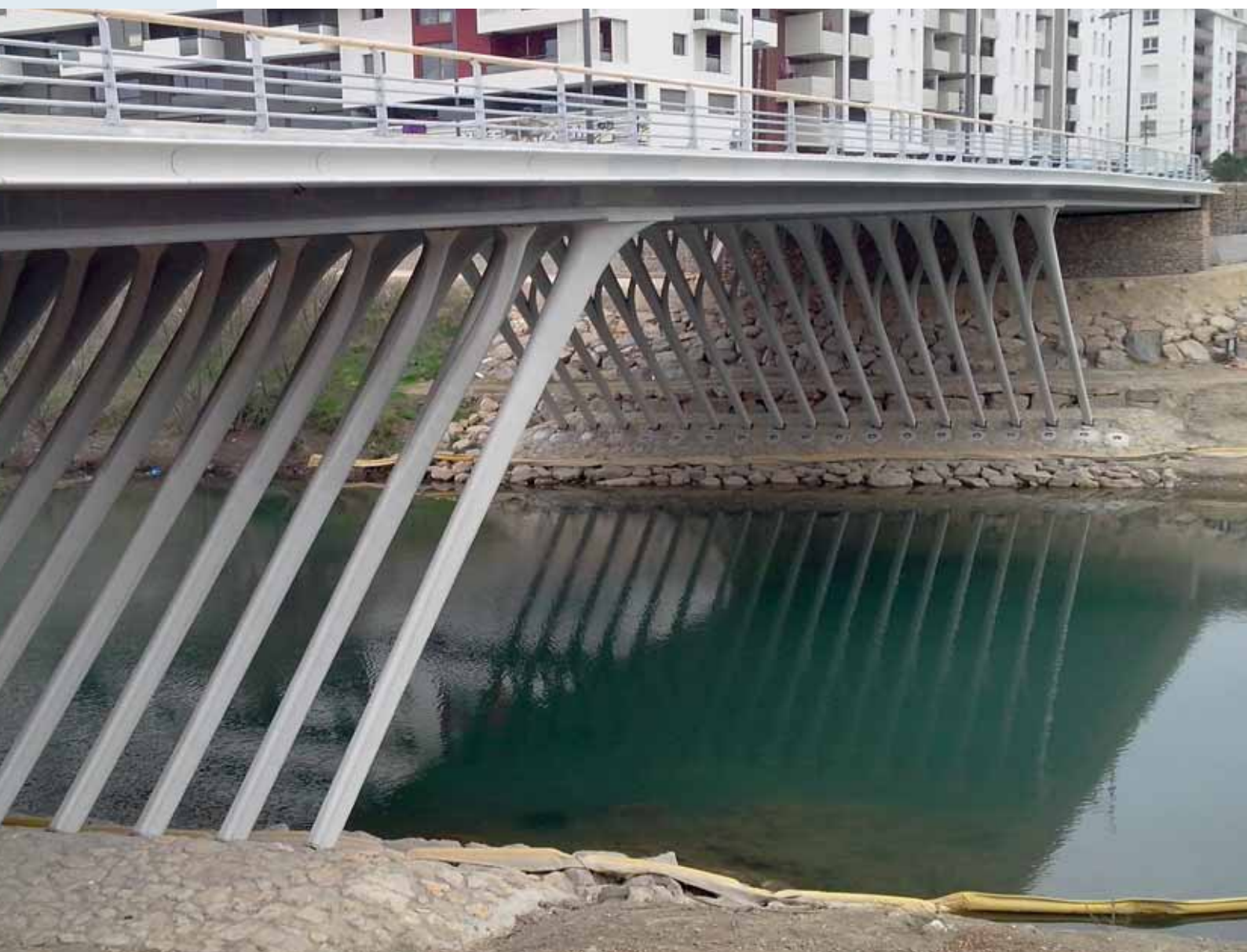
↑ Detail Botlekbrug



↑ Pont de la République, Montpellier



↑ Brug over het Van Starckenborgkanaal, Zuidhorn



onderwaterbeton bij de pijlers oogst veel bewondering, alsmede de rol die de betonnen heftorens spelen bij de stabiliteit. Het bleef bij een nominatie: De uitvoering van de Willem van Oranjetunnel/station Delft ging met de eer strijken.

CATEGORIE CONSTRUCTIEF ONTWERP

De brug over het Van Starckenborghkanaal in Zuidhorn is genomineerd vanwege het ontwerp en toepassing van de zeer grote overspanning van de geprefabriceerde liggers en het daarmee samenhangende gebruik van hoge betonsterkteklassen in combinatie met voorspanning. De radartoren Neeltje Jans Roompotsluis verwierf in deze categorie de betonprijs.

CATEGORIE BETONTECHNOLOGIE

De Pont de la République in het Franse Montpellier is genomineerd vanwege de in Nederland vervaardigde prefab pijlers\kolommen in schoon beton. De toepassing van ultra-hogesterktebeton, een bijzondere productietechniek met complexe bekistingen en een verharding in een stoomruimte zorgden voor hoogwaardige elementen in schoon beton en een mooi exportproduct. De prijs in deze categorie ging naar het I/O-gebouw Faculteit Educatie van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen.

De toepassing van ultra-hogesterktebeton, een bijzondere productietechniek met complexe bekistingen en een verharding in een stoomruimte zorgden voor hoogwaardige elementen in schoon beton en een mooi exportproduct.



Vlotwatingbrug/Vleermuisbrug, Monster	
Opdrachtgever	Gemeente Westland
Architect	Next architects, Amsterdam
Constructeur	Pieters Bouwtechniek, Haarlem
Aannemer	Kroes Aannemingsbedrijf BV, Maasland

← ↓ Next Architects, Amsterdam



ARCHITECTENPRIJSVRAAG

Een andere brug die op geheel andere gronden onlangs in de prijzen viel, is de Vlotwateringbrug in Monster. Deze brug is bekroond met de 'ARC15 Detail', een prijs van het tijdschrift De Architect in de categorie detaillering. De brug is de prijs toegekend vanwege de uitstekende

detaillering, benodigd om onderdak te kunnen bieden aan diverse soorten vleermuizen. Niet voor niets staat de brug bekend als de Vleermuizenbrug. De constructie bestaat uit een betonnen, boogvormige plaat die 25 meter overspant. De massa van het beton vormt een stabiel en aangenaam klimaat voor vleermuizen. De

brug heeft drie ruimtes die slaappleats bieden voor verschillende vleermuissoorten: aan de noordzijde dient het landhoofd als winterverblijf; daarnaast zijn het dek en de stenen balustrade geschikt gemaakt voor het verblijf van vleermuizen tijdens de zomer. En nu maar weer uitkijken naar de resultaten van de Nationale Staalprijs in oktober 2016.



GROOT ONDERHOUD

DE HEF

In de historie van de Rotterdamse brug De Hef was 23 november j.l. een memorabele dag: twee drijvende bokken van het bedrijf Bonn & Mees hebben het 560 ton zware platform uit de oude spoorbrug getild en voor groot onderhoud naar de Merwehaven vervoerd. In de week vooraf is het val al omlaag gebracht, en zijn de balastblokken vast gezet. Daarna worden de dikke kabels uit de constructie verwijderd. Eén keer eerder werd het val van de beroemde, oude spoorbrug verwijderd. Dat was na een aanvaring

in 1978 waardoor reparaties aan het uit 1927 stammende bouwwerk noodzakelijk waren. Vier kranen werden destijds aangerukt om dit karwei af te handelen, twee meer dan nu. 'Er was destijds veel belangstelling van het publiek,' zegt Marcel Walravens, projectleider van De Hef bij de gemeente Rotterdam.

SCHUREN

Het 55 meter lange historische brugdeel wordt voorlopig op de kade aan de Merwehaven gelegd, bovenop een houten 'onderstel' van twee meter hoog. Het is de bedoeling, dat het bedrijf dat de opknapbeurt mag uitvoeren, volgend

voorjaar aan de slag gaat. De torens en de twee aanbruggen bij de Koningshaven en het platform bij de Merwehaven worden eerst kaal geschuurd, waarna de originele mosgroene kleur terugkomt.'

Om te voorkomen dat mensen stukjes van de monumentale brug gaan meenemen, wordt het terrein omheind. Er wordt nog onderzocht hoe Rotterdammers en andere belangstellenden de gelegenheid te geven ter plekke een kijkje te laten nemen.'

Voor het herstel van de deels roestige oeververbinding wordt een kleine twee jaar uitgetrokken. Vóór eind 2016 zou De Hef weer compleet moeten zijn. Daarna wordt het val in principe weer in zijn hoogste stand gezet. Om hem alleen voor onderhoud of bij harde storm naar beneden te laten zakken.'





De sprong over het IJ

De noordelijke IJ-oever van Amsterdam ontwikkelt zich in hoog tempo tot een culturele uitbreiding van het oude centrum. Desondanks verkeert het stadsdeel boven het IJ door de infrastructuur nog altijd in een groot isolement voor fietsers en voetgangers. Er is nog geen stedelijke verbinding tussen noord en zuid, hoewel het ernaar uit ziet dat die er binnen afzienbare tijd toch zal komen. Fietsers en voetgangers zijn momenteel aangewezen op veerponten. Op Overhoeks en de NDSM werf leidt dit tot overvolle ponten en opstoppingen. De prognose is dat het aantal mensen dat het IJ wil oversteken nog verder toeneemt als in 2020 de Strip Overhoeks klaar is. Door de spectaculaire ontwikkeling van Amsterdam Noord is bereikbaarheid meer dan ooit een issue.

Ook het draagvlak voor een dergelijke verbinding over het IJ maakt een flinke groei door. Al eeuwen speelt deze vraag. Gemeente Amsterdam onderzoekt momenteel diepgaand de mogelijkheden. De gemeente vindt dat het vraagstuk niet langer meer met inzet van zwaar vervuilende veerponten beantwoord kan worden en zoekt naar duurzame alternatieven. Het centrum van Amsterdam vraagt om adequate en eigentijdse middelen. Een brug met een grootstedelijke allure is daar een onlosmakelijk onderdeel van.

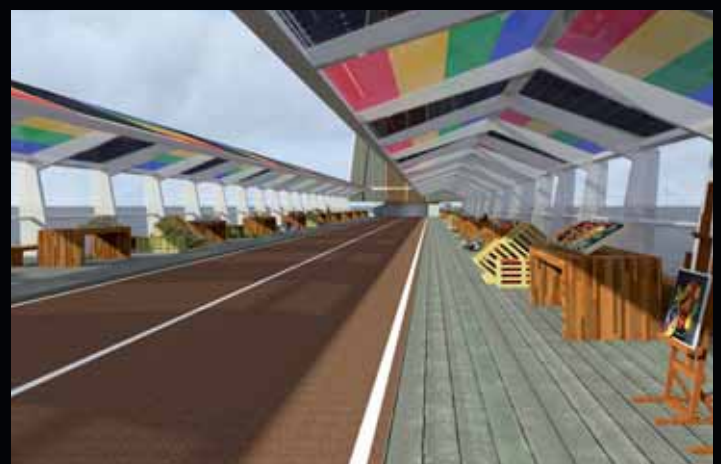
In de media hebben we al menig voorstel gezien. Vanuit het standpunt van fietsers en voetgangers zijn dit soms niet de meest passende voorstellen, maar ze voorzien zeker in de behoefte aan een iconische invulling voor dit vraagstuk. En dat is hier gevraagd. Geprikkeld door dit gedachtengoed heeft Iv-Infra een voorstel gemaakt om deze ontwikkeling te helpen stimuleren. Het voorstel voorziet in de behoeften van zowel de gebruikers van de brug als de stad Amsterdam. De brug dient het gastvrije cultuuraanbod van Amsterdam internationaal te versterken, terwijl het gelijktijdig voor de dagelijkse en incidentele gebruikers een aantrekkelijke verbinding vormt tussen noord en zuid, zonderde recreatievaart te hinderen.

Het vernieuwde Centraal Station is vanuit het stedenbouwkundig oogpunt het meest wenselijke vertrekpunt voor de sprong over het IJ.

Vanuit het midden van de ronde kap over de nieuwe busterminal achter het station brengt een zuiver haakse oversteek men exact op het zuidelijke landpunt van de kade op Overhoeks. Ook daar is de aansluiting met de bestaande infrastructuur en de daarop voortbouwende nieuwe ontwikkelingen optimaal. Op deze wijze ontstaat een logische verbinding voor het langzaamverkeer en zijn de verbindingen het kortst.

Om een vrije doorgang voor de scheepvaart te garanderen, is de vrije doorvaarthoogte op tien meter gesteld. Daarmee kan het leeuwendeel van de scheepvaart ongehinderd de brug passeren. Voor cruiseschepen en vaartuigen met een staande mast zijn aanlegplaatsen voorzien. Hier kunnen deze schepen wachten tot het moment van opening van de brug.

De sprong over het IJ is met eigentijdse middelen op een eeuwenoud thema tot een attractie gemaakt. De brug is vlak en het vergt weinig inspanning om er als voetganger of fietser overheen te gaan. Met mooie, veilige en overdekte roltrappen of liften kom je van de kades op het brugdek niveau. Het dek is vlak en breed en naast de rijbanen is aan weerszijden een breed en kleurrijk overdekt trottoir. Het trottoir is ingericht met vaste bankjes en tafels die dienst kunnen doen als marktkraampjes. Hiervoor kan een exploitatiemodel worden gemaakt dat naadloos aansluit bij de internationaal fameuze Amsterdamse vrijmarkt traditie. Een soort Ponte Vecchio, maar dan over het IJ in Amsterdam.



BRUGGENDAG 2016: 'BRUGGEN IN BEWEGING'

ONTWIKKELINGEN EN INNOVATIE IN BEWEEGBARE BRUGGEN

Locatie **RWS-Westraven, Auditorium, Griffioenlaan 2, 3526 LA Utrecht**
Datum **17 maart 2016 van 12.45 uur tot 18.00 uur**

PROGRAMMA

12.45 uur **Ontvangst** met een broodje en een drankje

13.30 uur **Opening Bruggendag 2016**

Dagvoorzitter Joris Smits, bestuurslid Bruggenstichting, architect en brugontwerper - Royal HaskoningDHV en docent ontwerpen van draagconstructies - Faculteit Bouwkunde TUD

13.45 uur **Ontwikkelingen bij beweegbare bruggen**

ir. J.H. (Jaco) Reusink, Senior Adviseur Kunstwerken, Gemeente Rotterdam

Bij beweegbare bruggen is sprake van een veelheid aan nieuwe ontwikkelingen.

Terugtrekkende overheid en DB(M) contracten resulteren in nieuwe marktverhoudingen.

Ontwerpprijsvragen resulteren in geheel nieuwe verschijningsvormen en de toepassing

van innovatieve materialen, aandrijvingen en installaties resulteren in nieuwe uitdagingen

en valkuilen. Dit alles speelt zich af binnen het strakke keurslijf van normen, richtlijnen

arbeidsmiddelenrichtlijn en machinerichtlijn en veiligheidsstandaarden als PL en SIL en een

groeïende markt voor innovatieve instandhouding.

14.15 uur **Ontwikkeling in de bewegingsmechanismen**

Jacques Montijn, Projectmanager / adviseur Beweegbare Installaties CMSE®, Movares

Nederland BV, Rotterdam

De provincie Zuid Holland gaat vijf bruggen langs het Aarkanaal grootschalig renoveren.

De eisen van de Machinerichtlijn stellen dat de brug na een dergelijke wijziging veilig en

aantoonbaar sterk en stabiel is.

Hierdoor dreigen hoge kosten te ontstaan als getoetst wordt aan de huidige normen. Door

een slimme herberekening van de aandrijvingen heeft Movares aanzienlijke kosten kunnen

besparen voor de opdrachtgever. Deze methodiek is maatwerk maar wel toepasbaar op andere bruggen.

14.45 uur **Pauze**

15.15 uur **Innovatieve beweegbare bruggen**

Joris Smits, bestuurslid Bruggenstichting, architect en brugontwerper -

Royal HaskoningDHV en docent ontwerpen van draagconstructies - Faculteit Bouwkunde TUD

15.45 uur **Bouw van de nieuwe Botlek hefbrug**

Patrick van Os, Ontwerpleider Botlekbrug, enz

16.15 uur **Bruggen in Beweging**

P.M. (Paul) van der Heul MSc, Hoofd Kenniscentrum Genie, Ministerie van Defensie.

Bruggen en overgangen geven een krijgsmacht flexibiliteit en mogelijkheden tot verrassing. "Bruggen in beweging" onderstreept de

noodzaak van (kennis van) bruggen binnen de krijgsmacht. Ontwikkelingen op dit gebied kunnen niet zonder samenwerking met civiele

partners.

16.45 uur **Conclusies en Afsluiting**

door de dagvoorzitter Joris Smits.

Toegangsprijs

- begunstigers van de Bruggenstichting à € 45,- (incl. btw)
- leden van IABSE, Bouwen met Staal, DIMI en Betonvereniging à € 85,- (incl. btw)
- overige belangstellenden à € 115,- (incl. btw)
- studenten/docenten à € 10,- (incl. btw).

Constructeurs krijgen bij deelname aan de middag één kennispunt voor het Constructeursregister! De dag wordt (mede) mogelijk gemaakt door RWS, Betonvereniging, Bouwen met Staal, TU Delft DIMI en IABSE.



aanmelden:
www.bruggenstichting.nl



Raad van Advies



BRUGGEN

