

# BRUGGEN

JAARGANG 11

NUMMER 3

SEPTEMBER 2003

**NBS**  
*NEDERLANDSE BRUGGEN STICHTING*



Themanummer Ingenieursbureau Iv-Infra Papendrecht

**Bestuur:**

ir. C.H. van Eldik, ing. C. Heiden,  
ir. H.P. Klooster, ir. A. Kingma,  
ir. F.J. Remery, Prof.dr.ir. R.A.F. Smook,  
ir. J.G.C. Vegter, prof.ir. L.A.G. Wagemans

**Raad van Advies:**

Ballast-Nedam  
Bouwdienst Rijkswaterstaat  
Gemeente Amsterdam, Dienst I.V.V.  
Machinefabriek Hollandia Krimpen  
Holland Railconsult  
Hollandsche Beton Groep Civiel  
Ingenieursbureau Arcadis  
Railinfrabeheer  
T.B.I. Bouwgroep  
Witteveen + Bos  
"BRUGGEN".

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier maal per jaar.

Gratis voor begunstigers van de Nederlandse Bruggen Stichting.

Losse nummers: € 6,50

**Kopij**

Ingezonden bijdragen worden alleen in behandeling genomen als zij op diskette, cd-rom of per e-mail worden aangeleverd. Alle bijdragen dienen voorzien te zijn van naam, adres en telefoonnummer van de inzender. Inzendingen kunnen zonder opgaaf van redenen worden geweigerd.

**Redactie**

Ir. G.J. Arends, drs. M.M. Bakker,  
ing. E.J. Huisinga, ir. H.P.Klooster,  
dr.ing. A. Romeijn

**Redactieadres**

NBS p/a Bouwdienst Rijkswaterstaat,  
kamer A.237. Herman Gorterhove 4  
2726 AC Zoetermeer.  
Tel.:079-3292368 of 079-3292428;  
Fax.: 079- 3292643;  
e-mail: nbs@bwd.rws.minvenw.nl

**Eindredacteur**

Ir. H.P. Klooster, Wulpenlaan 4a,  
4511 XB Breskens, tel. 0117-383051;  
e-mail: info@bruggenstichting.nl

**Website**

<http://www.bruggenstichting.nl>

**Grafische verzorging**

C&C Design Zegveld.

**Druk**

Drukkerij Maarssenbroek

**Oplage**

1500

ISSN 1571-4586

## INHOUD

Het ingenieursbureau in Vogelvlucht	J. Verschoor	3
Schoonheid, Sterk en betaalbaar	ir. J.R. Augustijn	4
Instandhouding bruggen	ir. F.H. Rolf	7
Beheer en onderhoud van bruggen	T. Keesmaat	9
Toepassen van aluminium in bruggen, toekomstmuziek of modetrend	ir. P.J.C.van Lierop	10
Aluminiumbrug Graafstroom	Th.P.M. van der Tol	11
De brug over het Hollands Diep, een constructie uit een stuk Martinus Nijhoffbrug	ir. H.J. Vos en ir. D.J.M. Tuinstra	12
Kunstwerken in Rijksweg A15	ing. G. Wierda	15
Reconstructie Vaanplein 1 <sup>e</sup> fase	ing. M.J. Doomen	17
	ing. B. de Jongh en ing. P.C. Filius	19
Vervangen spoorbrug over het Spaarne in Haarlem	Th.P.M. van der Tol	21
Aanvaring Suurhoffbrug in Rotterdam	ir. Y.M.J.J. Hollman	22
Renovatie Nieuwbrug Dordrecht	J. de Moor	24
Via Amfibia	ir. J.R. Augustijn	25
Loopsteiger in Papendrecht	ir. D.J.M. Tuinstra	26
Vier draaibruggen in Buenos Aires	ir. A. Lanser	28
Brug Rivium in Capelle a/d IJssel	ir. H.J. Vos	30
<b>Berichten</b>		
Rectificatie bericht brug van aluminium in Amsterdam		31
De Hanumanbrug tussen India en Sri-Lanka		31
Nadere toelichting op het artikel over normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen		31
Bruggen als marketing object		32
Meer aandacht voor kleuren op kunstwerken		32

*Foto's op voorpagina: foto's Moedijkbrug*

*Foto's van Iv-Infra, tenzij anders vermeld*



*Oude en nieuwe spoorbrug over het Hollandsch Diep. Foto H.Klooster*

# HET INGENIEURSBUREAU IN VOGELVLUCHT

J. Verschoor

Door de redactie van uw tijdschrift "Bruggen" zijn wij in de gelegenheid gesteld ons nader aan u voor te stellen door een aantal artikelen over bruggen waarbij wij betrokken zijn. We grijpen deze kans graag aan en zeggen de redactie dank voor de geboden gelegenheid. Als inleiding op de artikelen eerst iets over het ingenieurbureau.

Iv, ofwel Ingenieurbureau Veth. Nog beter: Ingenieurs- en Architectenbureau H. Veth.b.v. Dat was de naam die Henk Veth aan zijn bedrijf gaf bij de start in 1949. Het was de tijd van de "wederopbouw" en een periode van grote schaarste en veel vraag. Ook Henk Veth zag in dat er mogelijkheden lagen voor een ingenieurbureau. Al doende specialiseerde het bureau zich. Aanvankelijk met 4 á 5 mensen, maar de grote doorbraak kwam toen het bureau de gelegenheid kreeg te gaan werken voor het staalbedrijf Hoogovens, nu Corus. Dat was het begin van een relatie die nog altijd voortduurt en tot eind jaren zeventig goed was voor een opdrachtenstroom voor gemiddeld 20 tot 30 medewerkers. Ondanks het feit dat het ook toen al moeilijk was om gekwalificeerd personeel te vinden (veel ingenieurbureauactiviteiten werden nog uitgevoerd op grote tekenkamers van de staalconstructiebedrijven) wilde bureau Veth zich verder specialiseren in het ontwerpen van staalconstructies. Gedurende vele jaren bleef Hoogovens een dominerende klant. Veth surfte mee op de toppen van de golven van groei en hoogconjunctuur. Bij Hoogovens werden gigantische projecten gerealiseerd, en Veth speelde hierin een belangrijke rol.

Maar wedden op één paard is vragen om problemen. Het jaar 1973 liet dat duidelijk zien. Olieschaarste, auto-loze zondagen, stijgende energieprijzen. De Club van Rome voorzag bij ongewijzigd beleid een tekort aan, of zelfs uitputting van, fossiele brandstoffen en mineralen.

Het roer moest om.

Dit had voor energievervlindende bedrijven als Hoogovens grote gevolgen: investeringen werden uitgesteld of afgelast. Hoogovens kwam in een geheel ander vaarwater terecht. Zo ook bureau Veth. Maar elke medaille heeft een keerzijde, en in dit geval een positieve. Dichter bij huis werden gas- en olievelden gevonden, onder andere in de Noordzee. Hierdoor kon zich een sterke offshore-industrie ontwikkelen. Voor bureau Veth een uitgelezen kans, temeer daar juist in de offshore industrie de ruimschoots aanwezige kennis op het gebied van staalconstructies goed van pas kwam. Toch dienden zich weer een aantal woelige jaren aan. Er volgde een tweede oliecrisis, projecten in Duitsland liepen niet zoals het moest, het faillissement van het RSV-concern etc. Desondanks, of wellicht juist hierdoor, zagen sommigen een grote toekomst in het verschieft voor bureau Veth. Want samen met enkele participatiemaatschappijen nam op 31 december 1982 Henk de Kok het bureau over van Henk Veth. Hiermede begon een tweede jeugd voor het bedrijf. De naam werd gewijzigd in Iv. Er vond een uitbreiding van disciplines plaats, er werd geïnvesteerd in kennis en middelen en door

overnames ontstonden nieuwe vestigingen te Hengelo, Assen en Leiden, de tekenkamer van Grootint werd overgenomen. Door dit nieuwe elan groeide het bureau in korte tijd van 60 naar 120 medewerkers.

Een beheerste groei was het kenmerk van het nieuwe bewind. Disciplines als bouw en piping dienden zich aan, de "staalafdelingen" gingen verder met het consolideren van hun toppositie in staalbouwend Nederland, de automatisering ging een steeds groter deel uitmaken van de investeringen. Na 11 jaar vond Henk de Kok het welletjes en stelde Rob van de Waal in de gelegenheid het bedrijf over te nemen. Op 31 december 1993 werd de zaak beklonken en was hij de nieuwe eigenaar / directeur van Iv, ofwel per die datum van Iv-Consult. Onder leiding van Rob van de Waal wordt eerst een beleid ingezet van consolidatie, met uitzondering van de automatisering. Met resultaat: zonder overdrijven kan worden gesteld dat het bureau zich inmiddels ontwikkeld heeft tot één van de toonaangevende ingenieurbureaus in Nederland met wellicht de meest ver doorgevoerde automatisering. Intussen wordt ook de uitbreiding van de disciplines voortgezet. Er wordt geanticipeerd op ondergronds bouwen, wegontwerp doet zijn intrede, de afdeling directievoering en toezicht wordt geëffectueerd, de afdeling ruimtelijk meten heeft een flitsende start, enzovoort.

Nieuwe fenomenen in de relatie opdrachtgever/opdrachtnemer dienen zich aan, zoals prestatiebestekken, ontwerpen onder kwaliteitsborging en design and construct. Langzaam maar zeker groeit Iv-Consult. Mede door de overname in 1998 van het ontwerp- en adviesbureau voor beton Bruijn, Molenaar, Ter Riet en Partners uit Nieuwegein, kortweg BMTR. In 1999 wordt Iv-Oil & Gas opgericht voor de markt van offshore en onshore, olie en gasinstallaties. De laatste loot aan de stam is Iv-Water.

Met de diversificatie van de disciplines neemt ook de grote verscheidenheid toe van projecten waaraan gewerkt wordt. Te noemen zijn: de gietwalsinstallatie bij Corus, het Millennium Wheel in Londen, de renovatie van de remises van het GVB Amsterdam, de warmtekracht-centrale (biovergassing) te Cuijk, de reconstructie van Rijksweg 15 tussen Hendrik-Ido-Ambacht en Gorinchem.

Teneinde ook voor klant en markt duidelijkheid te scheppen in deze grote variëteit van werken is besloten per 1 januari 2003 een divisiestructuur aan te nemen. Dit resulteert in een zestal divisies, alle acterend binnen Iv-Groep, te weten: Iv-Bouw & Industrie, Iv-Infra, Iv-Oil & Gas, Iv-Water, Iv-Services en Iv-International. Telde de groep in 1996 nog 135 medewerkers, vandaag de dag zijn er 350 mannen en vrouwen bij Iv-Groep in dienst, waarvan een groot aantal werkt met bruggen: kleine bruggen, grote bruggen. stalen bruggen, betonnen bruggen. bruggen in Nederland, bruggen in het buitenland.

Hierna leest u er alles over. Alles? Nou, heel veel.

Wij wensen u veel leesgenot. En - een open deur intrappen - dat deze uitgave van Bruggen een brug mag vormen tussen u en Iv-Infra.

# SCHOONHEID, STERK EN BETAALBAAR

ir. J.R. Augustijn

Een vraag die in de ontwerp- en bouwwereld regelmatig speelt is: wie bepaalt eigenlijk hoe het eindproduct, het gebouw, de brug, de overkapping of welk bouwwerk dan ook, er uiteindelijk uit gaat zien? Is het de aannemer, die met zijn grote financiële belang in het project doorgaans vindt dat hij ook automatisch de lakens uit moet delen? Is het de architect, die zijn stempel op het project wil drukken en het als zijn "kindje" beschouwt? Of gaat het vooral om de constructeur, zonder een degelijke draagconstructie is een bouwwerk immers niet uitvoerbaar?

Natuurlijk is deze vraag niet zwart-wit te beantwoorden. Het gaat, als het goed is, om een mix aan inbreng van alle drie de partijen. Maar de totstandkoming van deze "chemische reactie" kan in sommige gevallen wel eens tot wrijving leiden.

## Tegenstrijdige belangen

Het zich hier aftekenende spanningsveld tussen constructeur, architect, aannemer en/of opdrachtgever is typerend voor de middelgrote tot grote projecten waar Iv-Infra mee bezig is. Ieder van de partijen zal proberen zijn gelijk te halen, maar zoals bij de meeste problemen zal de waarheid wel in het midden liggen, alleen door een gezonde afweging van de belangen geld, mechanica en schoonheid kan een gedegen en levensvatbaar eindproduct ontstaan. Projecten die uitsluitend op architectuur worden gestuurd, kunnen als eindproduct op papier of maquette fantastisch zijn om te zien, maar op financieel vlak kunnen deze projecten vreselijk uit de hand lopen; om nog maar te zwijgen over de technische haalbaarheid als het ontwerp ook daadwerkelijk gebouwd moet worden. Constructeur en aannemer kunnen doorgaans redelijk goed compromissen sluiten, maar als je niet opast leidt deze samenwerking snel tot kleurloze, saaie oplossingen.

Neemt de aannemer in dit spel de overhand, dan bestaat zelfs de kans dat de creativiteit volledig uit het ontwerp verdwijnt en dat alles wordt geoptimaliseerd naar mate-

riaalverbruik en bouwtempo. Niet dat deze zaken onbelangrijk zijn, natuurlijk spelen kosten een belangrijke rol bij een aanbesteding. De grote opdrachtgevers, zoals de overheid en Railinfrabeheer kiezen bij infrastructurele projecten doorgaans voor de laagste aanbieder.

## "Mooi" en "goedkoop", tegenpolen?

Langzaamaan beginnen opdrachtgevers te beseffen dat er wel degelijk iets te zeggen is voor een fraaiere vormgeving. Welstandscommissies moeten hun licht over de ontwerpen laten schijnen. Gemeentes willen minstens één "landmark" op hun grondgebied. Ontwerpen moeten een bepaalde uitstraling of prestige hebben. Hiervoor worden door de opdrachtgevers verschillende middelen uit de kast gehaald. De vormgeving wordt bijvoorbeeld in al dan niet subjectieve eisen beschreven in het aanbestedingsdossier, bij het wegen van de prijzen van de aanbieders worden zaken als schoonheid en inpas-sing gekwantificeerd in fictieve bonusbedragen, die, uitsluitend bij de weging, in mindering worden gebracht op de aanneemsom. Aannemers voelen zich hier doorgaans nogal ongemakkelijk onder omdat, door het minder belangrijk worden van de feitelijke aanneemsom, andere zaken een meer prominente rol gaan spelen, waardoor zij de grip op de aanbesteding dreigen kwijt te raken. De prijsvorming zal echter zwaar blijven wegen, omdat ook de middelen van de opdrachtgever beperkt zijn. Ook hij zal proberen om zo voordelig mogelijk de hoogste kwaliteit binnen te halen. Architect, constructeur en aannemer worden binnen deze randvoorwaarden geconfronteerd met een interessant vraagstuk. Gelukkig is het in de praktijk niet altijd zo dat mooi en goedkoop tegenpolen zijn van elkaar.

## Samenwerking

De hierboven beschreven ontwikkeling maakt een betere samenwerking tussen de drie partijen noodzakelijk. Het van nature aanwezige spanningsveld kan tot

*De oorspronkelijke wens van de architect (Bentham Crouwel): ronde pijlers. (foto boven) Gezien het feit dat een lijnvormige oplegging noodzakelijk was, is hier in een vroeg stadium een rechthoekige kolomkop op gedacht, hetgeen leidt tot een zeer complexe, dure bekisting. Om redenen van constructieve aard was een rechthoekige doorsnede van de pijlers noodzakelijk, waardoor de architect zijn wens van ronde pijlers moest laten varen. Door middel van facetten waarmee de haakse hoeken worden afgeschuind krijgen de pijlers wel een veel minder logge aanblik (foto onder). Tegelijkertijd is hiermee de bekisting eenvoudiger geworden, waarmee ook de uitvoerbaarheid gediend is.*



interessante discussies leiden, die slimme oplossingen mogelijk maken die zowel betaalbaar als elegant zijn. Voorwaarde hiervoor is dat ieder een luisterend oor voor de andere partij heeft, en dat iedereen datgene waar hij het beste in is, kan doen.

Een gezonde samenwerking tussen constructeur en architect, waarbij beide elkaar aanvullen, leidt in principe tot strakke, "leesbare" bouwwerken. De zo belangrijke mechanische werking van een constructie zal door een goede architect naar voren worden gehaald, terwijl noodzakelijke maar lelijke details zoveel mogelijk kunnen worden weggewerkt. Subtiële aanpassingen kunnen vaak al een wereld van verschil maken zonder dat dit automatisch tot kostenstijging leidt. Een constructeur kan juist bij dit soort aanpassingen, die hij zelf overigens makkelijk over het hoofd ziet omdat zijn denkwereld meer gericht is op functioneel en mechanisch ontwerpen, veel winnen bij de samenwerking met een architect.

En de aannemer. Die is in een team zeker ook nodig; al was het maar om tijdig op de rem te trappen, want een bouwwerk moet tenslotte ook nog gerealiseerd worden. De maakbaarheid, de risico's en de financiële consequenties worden met name door deze partij bewaakt.

### Presentatie

Naast het ontwikkelen van de ideale oplossing voor het vraagstuk waarmee we door de opdrachtgever worden geconfronteerd, is het presenteren van deze oplossing zeker geen onbelangrijk werk.

De presentatie in de vorm van een maquette, een 3D impressie of een virtual reality is van het grootste belang. Voor de opdrachtgever, zodat hij ziet wat hij krijgt. Voor welstandscommissies en omwonenden, zodat zij in een vroeg stadium kunnen worden geïnformeerd en geconfronteerd met de veranderingen in hun leefomgeving. Voor onszelf, om tijdens het ontwerpproces te zien waar wij nog verbeteringen in het uiterlijk van het project kunnen aanbrengen. Presentaties zijn bovenal van groot belang om het product te kunnen verkopen. Als het daar om gaat kan de presentatie niet gelikt genoeg zijn, want uiteindelijk hebben de aannemer, de architect

en constructeur een gemeenschappelijk belang het aan de man brengen van het project. Om dit te bereiken, moet aan de opdrachtgever via een heldere presentatie duidelijk worden gemaakt waarin hij investeert, een ontwerp waarin vormgeving, constructie en economische haalbaarheid optimaal zijn gecombineerd.

### Visitekaartje

Wij ontwerpen en bouwen objecten met een lange levensduur. Deze bouwwerken zijn tevens zaken waaraan wij onze naam met trots kunnen verbinden. Een fraai vormgegeven constructie waarvan wij kunnen zeggen: "dat hebben wij gemaakt", een beter visitekaartje is er toch niet? Niet alleen vanwege de eisen en wensen vanuit de markt, maar ook omdat Nederland zo langzaam-aan volgebouwd is, is een fraaie vormgeving voor onze bouwwerken eerder must dan keuze. Inpassing van gebouwen en infrastructuur in bestaand stedelijk gebied en in bestaande infrastructuur wordt steeds complexer. Het belang van het op elkaar afstemmen van verschillende disciplines neemt hierdoor alleen maar toe. Dat het probleem van de inpassing en het onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om binnen de gestelde eisen tot een acceptabel en betaalbaar eindresultaat te komen hierdoor veel moeilijker wordt, moet echter niet worden gezien als een probleem, maar eerder als een uitdaging: de puzzel wordt complexer, het spel spannender en het resultaat bevredigender.

### Tenslotte

Wie zegt dat een bouwwerk niet aan de wensen van zowel de aannemer, als de architect en de constructeur kan voldoen? Een fraaie vormgeving hoeft niet duur te zijn. Een draagconstructie kan mooi zijn en tegelijkertijd robuust. Constructies waar een architect zijn licht over heeft laten schijnen zijn niet per definitie onuitvoerbaar. Esthetisch aangename eigenschappen, zoals "rust" en "eenvoud" zijn uitstekend te combineren met het optimaliseren van prijs en bouwtijd. Een gelijkwaardige samenwerking tussen de drie genoemde partijen zal leiden tot een kwalitatief hoger en bovenal winnend eindproduct.



*De eerste insteek van de aannemerscombinatie: scherp aanbieden. Om deze reden is voornamelijk naar tonnen staal en eenvoud van de bouwmethode gekeken, resulterend in een vrij traditioneel en bovendien hier en daar nogal log ontwerp (foto boven). Na kritiek van de opdrachtgever op de vormgeving zijn in overleg met de architect (Hans Bilsen) enkele aanpassingen gemaakt. Hierdoor is met vrijwel hetzelfde mechanische systeem een veel spannender ontwerp ontstaan, dat bovendien ook nog eens met iets minder materiaalverbruik mogelijk bleek te zijn (foto onder).*

# INSTANDHOUDING BRUGGEN

ir. F.H. Rolf

*De instandhouding ofwel het onderhoud is normaal gesproken een continue activiteit. Dat geldt ook voor bruggen. Over zaken die continu voorkomen is in het algemeen weinig spectaculairs te melden. Die activiteiten zijn er en we merken ze nauwelijks meer op. Op het gebied van instandhouding en onderhoud wordt daarom weinig gepubliceerd. Het is niet spectaculair genoeg. Toch zou het goed zijn om zo nu en dan eens naar het hele proces van instandhouding te kijken en daar iets over op papier te zetten. Uiteindelijk gaat er in de instandhouding van bruggen ongeveer evenveel geld om als in de nieuwbouw ervan. En goede en effectieve instandhouding is van evenveel belang voor het functioneren van een brug als een deugdelijk ontwerp en een goede uitvoering. Voor het echte dagelijkse onderhoud heeft de beheerder over het algemeen geen adviesbureau nodig. Een goede beheerder is daarop zelf ingericht en is zeer goed in staat om daarin zelf de juiste beslissingen te nemen en het proces goed te leiden. Daar waar het grote, periodieke onderhoud in beeld komt is vaak een rol weggelegd voor een adviesbureau om de beheerder van de juiste informatie te voorzien en hem te adviseren in de besluitvorming en de uitvoering. Het is op dit gebied waar Iv-Infra & Frans Rolf VoF zich in belangrijke mate richt, zij het dat wij ons in hoofdzaak beperken tot de spoorweginfra in Nederland.*

## Aanleiding

In de praktijk zijn er twee belangrijke aanleidingen om groot onderhoud te gaan plegen aan bruggen. Dit is het geval als verzwaring van de mobiele belasting aan de orde is en, met name voor stalen bruggen, als de periodieke verfbeurt zich aandient. In beide gevallen heeft de beheerder behoefte aan een grondige inspectie met een goed gespecificeerd en onderbouwd advies wat er moet gebeuren om het toekomstig functioneren van het kunstwerk veilig te stellen. Soms is daarvoor een herberekening van de constructie nodig en in meer gecompliceerde gevallen een LCC-analyse (Life-Cycle-Cost). Tenslotte zijn er incidenten waarbij de beheerder behoefte heeft aan advies en ondersteuning. Bij incidenten moeten we denken aan problemen met de constructie of met schade door aanrijding of aanvaring.

## Conservering

Het conserveren van bruggen in het kader van onderhoud is wezenlijk verschillend van de conservering bij nieuwbouw. De verschillen vinden hun oorsprong in de omstandigheden waaronder het werk moet worden uitgevoerd. Dat begint met een goede definitie van de uitgangssituatie; hoeveel schade is er en van welke aard is die schade, wat is de conditie en de aard van de ondergrond en onder welke omstandigheden, wat betreft doorgang van het verkeer, trein, auto of scheepvaart, moet het werk worden uitgevoerd. Bovendien mag ook het milieu niet vervuild worden door de activiteiten. Al die zaken maken de uitvoering van onderhoudsschilderwerk tot een puzzel waarbij de kwaliteit van de uitvoering

zeker niet de sluitpost mag worden. Omdat het werk bij voorkeur intergraal aanbesteed wordt, is een goede definitie van de uitgangssituatie en van het te bereiken resultaat binnen goed gedefinieerde randvoorwaarden van het grootste belang, mede om de contractuele zaken niet ook nog eens tot onderwerp van onzekerheid te maken. Kortom een kwalitatief goed bestek gebaseerd op een gedegen inspectie is in alle gevallen een must. Daarbij is kennis van de uitvoeringstechnieken enerzijds en de mogelijkheden tot stremming van het verkeer in samenhang met de wettelijke regels anderzijds van eminent belang. Bij een gedegen uitvoering van de werkzaamheden zijn met de huidige systemen standtijden te bereiken van 15 tot 20 jaar alvorens opnieuw geschilderd hoeft te worden. Een goede controle en toezicht tijdens de uitvoering kan daarbij een cruciale rol spelen.

Iv-Infra & Frans Rolf VoF heeft voor een aantal spoorbruggen het voorbereidende werk en de begeleiding van de uitvoering verzorgd. De grootsten daaronder zijn de bruggen over de Maas te Hedel en te Ravenstein. Opvallend zijn de verschillen in deze twee objecten. Het uitgangspunt voor beide werken is in principe dezelfde. De conditie van de bestaande conservering is voor beide bruggen echter geheel verschillend en dat heeft dan ook geleid tot twee verschillende methoden voor het uitvoeren van het schilderwerk. Voor de brug van Ravenstein gaat het om de gehele brug met ca 20.000 m<sup>2</sup> en voor de brug bij Hedel om uitsluitend de oostelijke brug met totaal ca 30.000 m<sup>2</sup>.

## Ravenstein

Het schilderwerk van de brug over de Maas te Ravenstein is door de opdrachtgever al enkele jaren uitgesteld om te komen tot budgetbesparingen. Door dat uitstel is de conditie van de bestaande verflagen reeds sterk teruggelopen. Met name de toenemende hechtingsproblemen in onderliggende lagen vormt een groot probleem. Na onderzoek aan de brug is men tot de conclusie gekomen dat door het toepassen van een verfsysteem, dat een beperkte mechanische belasting vormt voor de onderliggende lagen, niet alle lagen eerst



Brug over de Maas bij Ravenstein

verwijderd hoeven te worden. Voor deze brug is daarom een nieuw verfsysteem geadviseerd op basis van vinyl. Een vinylsysteem heeft als belangrijk voordeel dat het elastisch blijft en daarmee weinig inwendige spanning in het verfsysteem oproept. Nadeel van dit systeem is dat het niet oplosmiddelarm is.



*Brug bij Ravenstein ingepakt voor onderhoudswerkzaamheden*

Om het milieu zoveel mogelijk te ontzien is gekozen voor het reinigen en ontroesten van de constructie door middel van een natstraalmethode. Door de toevoeging van water bij het stralen wordt het vrijkomend stof direct gebonden en wordt voorkomen dat dit zich in het milieu verspreidt met de rijwind van passerende treinen. Binnen de daartoe geldende voorschriften van de WVO (Wet Verontreiniging Oppervlaktewater) heeft de aannemer bij deze brug gekozen voor het geheel "insteigeren" van de brug in combinatie met een verrijdbare wagen onder de brug, waarin het afvalwater kan worden opgevangen en verzameld.

### **Hedel**

Bij de brug over de Maas te Hedel is de uitgangspositie met betrekking tot de conditie van de bestaande conservering wezenlijk anders dan die in Ravenstein. Op de bruggen zijn twee geheel verschillende systemen aanwezig. Boven de rijvloer is de brug voorzien van het zogeheten flintkote-systeem. Een zeer dik, blijvend elastisch systeem op basis van bitumen. Behalve dat dit systeem een zeer lange standtijd heeft kent het als belangrijkste nadelen dat de conditie van de staalconstructie onder de conservering slecht is vast te stellen en dat het systeem bij onderhoud zich moeilijk laat ver-



*Brug over de Maas bij Hedel*

wijderen. In verband met de inspecteerbaarheid van de staalconstructie is het systeem in de rijvloer van de brug reeds bij een eerder onderhoudsbeurt vervangen door een ander systeem.

Voor het herstel van het flintkotesysteem is in overleg met de opdrachtgever een systeem ontwikkeld en be-proefd op basis van vinyl. Het overige schilderwerk is hersteld met een epoxysysteem, dat wel oplosmiddel-arm is. De aannemer heeft voor dit werk een afscher-mingconstructie gekozen met een steiger die over de bovenzijde van de brug verrijdbaar is in combinatie met een verrijdbare wagen onder de brug. Ook bij deze brug is gewerkt met een natstraalprocédé.

### **Groot onderhoud**

Vaak is de toenemende noodzaak tot dagelijks onder-houd om storingen binnen de perken te houden een indicatie om revisie van de constructie te overwegen. In andere gevallen is er een sluipend proces gaande dat de levensduur van de constructie bedreigt.

In de laatste categorie verstrekt Iv-Infra & Frans Rolf VoF onder meer advies bij de brug over de Landweg te Waardenbrug en de brug over het Kanaal door Zuid Beveland te Vlakte. In de eerste categorie valt de rolbas-culebrug over het Spaarne te Haarlem.

### **Waardenburg**

Bij de brug te Waardenburg heeft de beheerder geconstateerd dat bij een van de landhoofden in een schijf beton ASR (Alkali-Silicaat-Reactie) ontstaan is. Het gevolg van ASR is dat de sterkte van de beton gaandeweg vermindert. Vroeg of laat zal de draagkracht van de betreffende schijf tot nul zijn gereduceerd. De opdrachtgever heeft Iv-Infra & Frans Rolf VoF advies voor de vervanging van de schijf gevraagd, waarop zowel de grondkering als de opleggingen van de brug waren gepositioneerd. De wens is om de hinder voor het treinverkeer tot een minimum te beperken. Die voorwaarde is aanleiding om te adviseren niet al te lang met de vervanging te wachten. Er blijkt namelijk een fasering mogelijk waarbij echter het treinverkeer nagenoeg geen hinder hoeft te ondervinden. Tijdens die fasering is het onvermijdelijk dat de belasting op de bewuste schijf tijdelijk zal toenemen.



*Brug bij Waardenburg*

## Vlake

De brug over het Kanaal door Zuid-Beveland te Vlakte is een stalen boogbrug die omstreeks 1990 is gebouwd. Min of meer door toeval heeft de beheerder ontdekt dat de aansluitingen tussen hangers en de boog de beoogde levensduur van 100 jaar niet halen, omdat de spanningen in de aansluitstoelen te hoog zijn. Gevraagd is de vervanging van de stoelen uit te werken. Een nadere beschouwing van het probleem levert het advies op om de spanning in de stoelen te verlagen, niet door het versterken van de stoelen maar door het vergroten van de vervormingscapaciteit. Indien dit tijdig gebeurt, zal de restlevensduur, op basis van een vermoeiingsberekening, zodanig zijn dat de stoelen de gewenste 100 jaar kunnen halen. Bovendien is een methode bedacht die het mogelijk maakt de werkzaamheden zonder hinder voor de treinenloop te realiseren.



Detail van de brug bij Vlakte

De oplossing voor het probleem bestaat er uiteindelijk in dat enkele schotten in de stoel worden verzwakt door het uittrezen van een cirkelvormig deel. Met enkele hulpconstructies die vooraf in een werkplaats zijn ontwikkeld kan dit vanuit een werksteiger die aan de boog is opgehangen worden uitgevoerd. Met weinig geld en nog hetzelfde jaar is een en ander gerealiseerd.

## Spaarne

De rolbasculebrug over het Spaarne is een bijna honderd jaar oude brug in het spoor naar de hoofdwerkplaats voor rollend materieel van de spoorwegen. Deze brug is al jaren een bron van veel onderhoud. Weliswaar is storing aan deze brug niet van directe invloed op de treindienst, maar langduriger storingen hebben invloed op de beschikbaarheid van het rollend materieel voor de treindienst. De opdrachtgever heeft om een inspectie en advies gevraagd voor een grote revisie van de brugconstructie en het bewegingswerk. Na een korte verkenning van de situatie is op basis van een LCC-analyse vastgesteld dat vervanging van de brug voordeliger is zijn dan een grote revisie. De opdrachtgever heeft dit advies overgenomen en het ontwerp voor de nieuwe brug is gestart. De locatie van deze brug in het spoorwegnet opent de mogelijkheid tot beproeving van nieuwe technieken. Uitgangspunt is het ontwerpen van een brug met een minimum aan onderhoud in de toekomst. Zo zal de brug voorzien worden van een prototype van een Brug Controle Inrichting (BCI) ter vervanging van de Mechanische Controle Inrichting. De brug wordt verder uitgevoerd als ongebalanceerde hydraulisch aangedreven klapbrug.

---

## BEHEER EN ONDERHOUD VAN BRUGGEN

### T. Keesmaat

#### Inleiding

Iv-Infra is als ingenieursbureau actief in de dienstverlening in het marktsegment van de infrastructuur. Deze dienstverlening omvat alle fasen van een project; zoals de studiefase, een ontwerpfase, de voorbereidingsfase, de realisatiefase en de nazorgfase.

Tijdens de studiefase wordt een voorontwerp gemaakt op basis van het 'Programma Van Eisen' van de opdrachtgever. Het voorontwerp wordt vervolgens in de ontwerpfase verder uitgewerkt. Alle disciplines (beton, staal, werktuigbouw en elektro) worden uitgewerkt in een multidisciplinair ontwerp. In deze voorbereidingsfase wordt het ontwerp vertaald in bestekvorm waarna het kan worden aanbesteed. Tevens worden adviezen verleend met betrekking tot de aanbesteding. Na deze aanbesteding zal de brug uiteindelijk worden gerealiseerd.

Tijdens de realisatiefase spitst onze dienstverlening zich toe op het verder uitwerken van detailtekeningen en detailberekeningen, het controleren van tekeningen en berekeningen opgesteld door de aannemer, en het verzorgen van benodigde vergunningen, ontheffingen

en dergelijke.

Tijdens de realisatie wordt door de afdeling directievoering en toezicht gecontroleerd of de aannemer aan zijn besteksverplichtingen voldoet. Ook hierin is Iv-Infra actief. Na de oplevering komt de brug in de nazorgfase.

De afdeling Advies, Beheer- en onderhoud van Iv-Infra heeft zich toegespitst op een aantal typische werkzaamheden die plaatsvinden in deze nazorgfase.

Het betreft voornamelijk het opstellen van Beheer- en onderhoudsplannen, het uitvoeren van inspecties, het genereren van hersteladviezen en kostenramingen, het opstellen van onderhoudsplanningen, het opstellen van onderhoudsbestekken, alsook het uitvoeren van deformatiemetingen aan bruggen.

#### Advies, Beheer en onderhoud.

Nadat een brug is gerealiseerd wordt deze overgedragen aan een beheerder. De beheerder is verantwoordelijk voor het kunstwerk. Hij is daarmee dus onderhoudsplichtig. De meeste bruggen worden ontworpen voor een levensduur van 80 tot 100 jaar.



Echter, tijdens deze gebruikperiode zal de brug tijdig onderhoud behoeven. De bruggen worden bovendien steeds complexer van aard.

Daarom heeft men ervoor gekozen om de noodzakelijke kennis voor het beheer van iedere brug afzonderlijk op papier te zetten. Dit specifieke document wordt het beheer- en onderhoudsplan genoemd. Dit B&O-plan wordt tegelijk met de brug aan de beheerder overgedragen. Naast een hoeveelheid algemene informatie wordt in een 'kennishoofdstuk', die specifieke kennis overgedragen die noodzakelijk is om de brug te kunnen beheren en onderhouden. Het betreft hier bepaalde uitgangspunten waarop men het ontwerp heeft gebaseerd, alsook onderhoudsstrategieën voor de toegepaste onderdelen.

Via een systeemanalyse van de brug wordt een opsomming gemaakt van alle onderdelen die gedurende de levensduur van de brug onderhoud behoeven. Tevens wordt een uitspraak gedaan met betrekking tot de onderhoudscyclus van de diverse onderdelen en wordt er een raming gemaakt van het benodigde onderhoudsbudget. Vervolgens worden inspectieplanningen vastgesteld in combinatie met de inspectiekosten. Alle gegevens uit deze systeemanalyse resulteren in een 'inspectie en onderhoudsplan'.

Het B&O-plan heeft een dynamisch karakter. Dit wil zeggen dat de onderhoudsplanning en het onderhoudsbudget kan worden gewijzigd op basis van informatie verkregen uit de inspecties.

Om de vooropgestelde referentielevensduur van een brug te kunnen garanderen, is het noodzakelijk dat de onderhoudstoestand van de toegepaste onderdelen wordt bewaakt door het regelmatig uitvoeren van inspecties. Hierbij kunnen we volgende typen onderscheiden:

- een Totaal Technische Inspectie (TTI)
- een Gericht Technische inspectie (GTI)
- een Functioneringsinspectie (FI)
- een Garantie Inspectie (GI)

Een Totaal Technische Inspectie (TTI) heeft tot doel de algehele technische toestand van een brug te beoordelen. Momenteel wordt, op basis van de opgedane ervaringen, uitgegaan van een inspectiefrequentie van 5 jaar voor de disciplines staal, werktuigbouw en elektrotechniek en van 10 jaar voor de discipline beton.



Inspectie spoorbrug bij Hedel

De eerste TTI, na oplevering van de werkzaamheden wordt de nulinspectie genoemd. De nulinspectie is een opname van de beginsituatie van een brug en vormt het referentiekader voor toekomstige inspecties. Gelijktijdig aan de nulinspectie wordt een deformatiemeting uitgevoerd met het doel eventuele zettingen van de brug tijdens de levensduur te kunnen detecteren. De herhalingsdeformatiemeting wordt 1 jaar na het uitvoeren van de nuldeformatiemeting ingepland. De vervolg-deformatiemetingen worden om de 5 jaar uitgevoerd. Dit interval is echter ook afhankelijk van de resultaten van de eerdere herhalingsmetingen.

Uiterlijk 2 jaar voorafgaand aan een geplande onderhoudsactie of vervanging wordt een Gericht Technische Inspectie (GTI) ingepland. Deze GTI wordt uitgevoerd om vast te stellen of de onderhoudsactie of vervanging inderdaad op het planmatig vastgestelde tijdstip moet worden uitgevoerd en of het geplande budget in overeenstemming is met de uit te voeren maatregel, dan wel of een en ander moet worden bijgesteld.

Tijdens de Functioneringsinspectie (FI) evalueert de beheerder de dagelijkse onderhoudstoestand van de brug. Deze FI kan aanleiding geven tot een aantal kleinere onderhoudsacties die kunnen worden aanzien als 'vast onderhoud'. Het tijdstip waarop de functioneringsinspectie plaatsvindt of het vast onderhoud wordt uitgevoerd, wordt niet in de systeemanalyse opgenomen. Het jaarlijkse budget voor het vaste onderhoud wordt wel in de planning opgenomen, meer specifiek in de onderhoudsplanning.

Een Garantie-inspectie (GI) heeft tot doel na te gaan of een onderdeel waarop garantie is verleend functioneert conform de eraan gestelde eisen. Een garantie-inspectie wordt verricht vóór het verstrijken van de garantietermijn of reeds eerder indien daartoe aanleiding is.

Er zijn in de afgelopen jaren vele bruggen door de afdeling geïnspecteerd en evenzoveel beheers en onderhoudsplannen aan de opdrachtgevers geleverd.



Conservering spoorbrug bij Hedel

# TOEPASSEN VAN ALUMINIUM IN BRUGGEN, TOEKOMSTMUZIEK OF MODETREND

Ir. P.J.C. van Lierop

## Inleiding

Een nieuwe generatie bruggen is geboren. Twee recent in Amsterdam opgeleverde beweegbare bruggen, volledig vervaardigd uit aluminium, zijn daarvan het levende bewijs. De keuze voor het toepassen van aluminium voor deze bruggen is niet vanzelfsprekend geweest. Jarenlange studies naar het gebruik van lichte materialen in brugconstructies en de door de omgeving of architect specifiek opgelegde randvoorwaarden, hebben ertoe geleid dat is afgeweken van een ontwerp in staal.

Tegelijkertijd wordt vanuit de kant van het beheer van bruggen geroepen om een duurzaam alternatief voor houten brugdekken. Ook daarvoor zijn inmiddels verschillende pogingen ondernomen om met aluminium dekplanken bestaande rijvloeren op te hogen of te vervangen. Een ontwikkeling waar ook Iv-Infra op dit moment veel energie in stopt.

## Lichtgewicht en duurzaam

De voordelen voor het toepassen van aluminium in infrastructurele projecten zijn het geringe gewicht en duurzaam bouwen. Bij de Uiverbrug bijvoorbeeld, een aluminium klapbrug voor wegverkeer in het Schinkelhaven-gebied, is gewichtsbesparing het belangrijkste argument. Een ontwerp van het type basculebrug ligt hier in eerste instantie voor de hand, maar om een grote en kostbare basculekelder te vermijden, is gekozen voor het systeem van een klapbrug met een hydraulische aandrijving. Omdat een klapbrug ongebalanceerd wordt uitgevoerd, en het gewicht van het val dus maatgevend is voor het bewegingswerk, is besloten om het val volledig in aluminium uit te voeren. Bijkomend voordeel is dat het val niet van een coating wordt voorzien, waardoor het gedurende de levensduur nagenoeg geen onderhoud behoeft.

## Overtuiging

De belangrijkste factor voor het welslagen van aluminium brugprojecten is de mate waarin alle partijen overtuigd zijn van de meerwaarde van het gebruik van dit materiaal. Met name de opdrachtgever dient allereerst te worden overtuigd van drie aspecten: de technische haalbaarheid, de financiële haalbaarheid en het milieu. Voor de technische haalbaarheid kan worden verwezen naar de bovengenoemde referentieprojecten in Amsterdam. Wanneer ook het onderhoud en de mogelijkheid van recycling wordt meegenomen in de vergelijking, doet aluminium niet onder voor staal, als het gaat om kostprijs en belasting van het milieu.

## Detailtering en vermoeiing

Ogenschijnlijk liggen de materialen staal en aluminium dicht bij elkaar. Maar zware en dynamisch belaste constructies bouwen met aluminium vereist van de constructeur toch een wezenlijk andere benadering dan bouwen met staal. Met name vermoeiing en de krachtsinleiding verdienen extra aandacht. De technische haalbaarheid

blijkt voor een groot deel te worden bepaald door een goede detailtering van de lassen. Die kan onder meer worden bereikt door gebruik te maken van de ontwerp-vrijheid die extrusieprofielen bieden. De lasverbindingen waarmee de dekprofielen aan elkaar gekoppeld worden, kunnen daar geprojecteerd worden, waar de spanningswisselingen het laagst zijn. Toetsing door middel van een eindige elementen berekening en het daardoor inzichtelijk maken van spanningspieken is noodzakelijk om tot een optimale profielvorm en een juiste detailtering te komen. Ook het creëren van vervormingscapaciteit speelt hierin een maatgevende rol, opdat secundaire spanningen in de lassen voorkomen kunnen worden. Met andere woorden: het slim detailleren van aluminium-constructies is nog meer dan bij staalconstructies, cruciaal voor het welslagen van het project.

## Life-cycle-costs

Een aluminium val weegt de helft minder dan een stalen. Bij ongebalanceerde klapbruggen kan, door het relatief lage gewicht, het bewegingswerk beduidend minder zwaar worden uitgevoerd. Ook tijdens de montage kan een kostenbesparing worden gerealiseerd. In plaats van gebruik te maken van een drijvende bok, kan de montage vanaf de wal met een mobiele kraan plaatsvinden. Aluminium mag dan per kilogram twee keer zoveel kosten als staal, in de exploitatie zal die hogere kostprijs snel terugverdiend zijn. Het aluminium heeft nauwelijks onderhoud nodig, de energiekosten van het bewegingswerk zijn beduidend lager en het materiaal kan steeds weer worden hergebruikt zonder veel kwaliteitsverlies. Wanneer de totale life-cycle-costs, dus ook het hergebruik, in ogenschouw wordt genomen, kan aluminium zeker concurreren met staal.

## Toekomst

Vooralsnog is het toepassen van aluminium vooral kansrijk, wanneer gebruik kan worden gemaakt van de specifieke eigenschappen, lichtgewicht en duurzaamheid, van het materiaal, zoals bij ongebalanceerde klapbruggen of bruguitbreidingen (uitbouwconstructies).

Op dit moment is bij Iv-Infra Amsterdam een project gestart om voor bestaande bruggen een systeem te ontwikkelen, waarbij houten dekplanken snel en eenvoudig door aluminium kunnen worden vervangen. Hierdoor kan een duurzaam en dicht rijdek worden verkregen zonder verregaande aanpassingen van de onderliggende draagconstructie. Bovendien hoeft bij beweegbare bruggen geen extra ballast te worden toegevoegd, die bij een stalen brugdek wel nodig is.

Al met al is het van belang om de opdrachtgevers ervan te overtuigen dat met aluminium een goed alternatief kan worden geboden, voor heel specifieke projecten.

# ALUMINIUM BRUG GRAAFSTROOM

Th.P.M. van der Tol

In Bleskensgraaf, onderdeel van de gemeente Graafstroom, wordt een sportcomplex gebouwd ten zuiden van het dorps huis De Spil. Dit sportcomplex zal onder andere door scholen in Bleskensgraaf gebruikt worden. Bleskensgraaf is, zoals veel dorpen in Nederland, aan beide zijden van een rivier ontstaan, in dit geval ten noorden en zuiden van de boezem "de Graafstroom". Dit water vormt een natuurlijke hindernis voor de scholen die aan de noordzijde van de Graafstroom liggen om gebruik te maken van het sportcomplex. Om een korte en veilige route voor de schoolkinderen van school naar het sportcomplex te maken is er een voetgangersbrug nodig over het water.

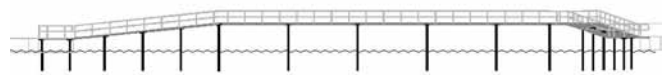
Aan de noordzijde van de Graafstroom liggen diverse schiereilandjes. De voetgangersbrug begint naast één van deze schiereilandjes langs de Meulenbroek. Hier heeft de brug een helling tot 2 meter boven het water. Over de boezem blijft de brug vlak. Om weer voldoende lengte te krijgen voor de afloop naar het maaiveld is in de brug een knik gemaakt van bijna 90°. Hierdoor loopt het laatste stuk brug evenwijdig met de boezem. Bovendien komt het einde van de brug precies recht tegenover het dorps huis uit.

De gemeente Graafstroom heeft aan Iv-infra gevraagd een zo onopvallend mogelijke brug te ontwerpen. Omdat het een slanke brug moet worden is er in eerste instantie gekozen voor een stalen brug. In beton of hout is een "slanke" brug meestal niet mogelijk. Iv-Infra heeft een voorstel gedaan om ook naar een aluminium variant te kijken. Dit voorstel is gedaan omdat een aluminium brug een paar grote voordelen heeft. De brug kan redelijk slank uitgevoerd worden, naar de toekomst is een voordeel dat er geen of weinig onderhoud is, omdat aluminium zelf een beschermende laag vormt tegen roest bij beschadigingen en de kleur blijft mooi. Bovendien heeft de gemeente een unieke brug met uitstraling. Er zijn tot nu toe maar weinig bruggen in aluminium gebouwd.

De randvoorwaarden waaraan het ontwerp moet voldoen zijn:

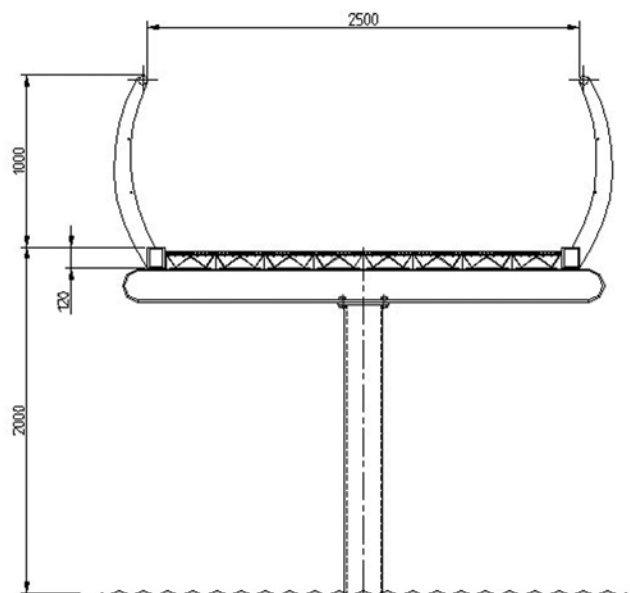
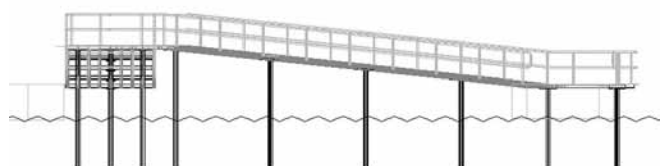
- Een minimale doorvaart wordt geëist door het hoogheemraadschap en de provincie. De minimale doorvaart is 1,8 meter hoog en de breedte 5 meter.
- Minimale verstoring van het doorstroomprofiel van het water.
- Breedte van het brugdek, volgens de ASVV 1996 "Aanbevelingen voor verkeersvoorzieningen binnen de bebouwde kom", is voor voetgangersbruggen 2,5 meter.
- Maximale helling 1:20.
- Slank en onopvallend.

Door deze randvoorwaarden is een voetgangersbrug ontstaan met een breedte van 2,5 m. De brug staat op een enkele rij palen midden onder het dek. De palen staan 5 meter uit elkaar. Boven op de palen zijn dwarsliggers geplaatst. Het ontwerp heeft geen langsliggers en het dek overspant van dwarsligger naar dwarsligger. Voor de stalen variant bestaat het dek uit een 8 mm



stalen dekplaat met 90 mm hoge troggen. De aluminium variant heeft een iets grotere dekhoogte. De leuning is opgebouwd uit een handregel van een ronde buis, tussenregels van voorgespannen kabels en stijlen uit dikke plaat. De brug is berekend volgens de NEN 6788 (VOSB 1995) met een veranderlijke belasting van 4 kN/m<sup>2</sup>. De gemeente Graafstroom heeft uiteindelijk voor de aluminium variant gekozen. De belangrijkste reden was dat de gedelegeerde van de welstandscommissie de stalen variant té slank en onopvallend vond.

In het definitieve ontwerp zal een keuze gemaakt worden uit twee soorten aluminium dekken. Het dek kan opgebouwd worden uit standaard aluminium planken, speciaal voor fiets- en voetgangersbruggen. Deze planken hebben een bovenlaag van ingestort rubbergranulaat dat in verschillende kleuren geleverd kan worden. Bij de keuze van dit type dek zal een verband onder het dek aangebracht moeten worden voor de horizontale stijfheid. Een ander aluminium dekprofiel dat gekozen kan worden is een geëxtrudeerd profiel met twee troggen. De profielen kunnen aan elkaar gekoppeld worden zodat het dek een stijve schijf vormt.



# DE BRUG OVER HET HOLLANDSCH DIEP, EEN CONSTRUCTIE UIT ÉÉN STUK

ir. H.J. Vos en ir. D.J.M. Tuinstra

## Inleiding

De brug is onderdeel van het 16 km lange traject van de HSL van Rotterdam tot Moerdijk dat weer een onderdeel is van de 100 km lange HSL lijn die gebouwd wordt tussen Amsterdam en de Belgische grens.

De opdrachtgever is het ministerie van Verkeer en Waterstaat, vertegenwoordigd door Rijkswaterstaat. De hoofdaannemer voor de infrastructuur is Bouwcombinatie HSL Drechtse Steden v.o.f., een samenwerkingsverband van Ballast Nedam, Van Hattum en Blankevoort, Strukton, HBG, CFE, TBI, Vinci en Van Oord ACZ.

Het ontwerp en de detaillering van de brug is uitgevoerd door IHD, een samenwerkingsverband van Iv-Infra en Ingenieursbureau Rotterdam, waarbij IHD geïntegreerd was in het ontwerpteam van de hoofdaannemer. De bouw, het transport en de montage van de stalen bovenbouw van de brug is uitgevoerd door de onderaannemer Staal Trio Moerdijk, een samenwerkingsverband van HSM, Hollandia en Mercon.

## Algemeen

Het ontwerp van de HSL-brug over het Hollandsch Diep is in het najaar van 2000 gestart. Twee jaar later is het ontwerp voltooid en de bouw al zichtbaar gevorderd. Na een ongeval eerder dit jaar, waarbij een hamerstuk is verschoven, hebben de werkzaamheden vertraging opgelopen. Inmiddels zijn de voorbereidingen weer in volle gang zodat later dit jaar de oeververbinding een feit is. Het ontwerp van de architecten Benthem en Crouwel is uitgangspunt geweest voor de technische uitwerking. Het resultaat is een oeververbinding die totaal verschilt van de bestaande spoorbrug die eraan ligt. Zowel de fundering, de draagconstructie, het rijdek als de spoorstaafbevestiging zijn geheel nieuw. De verschillen zijn een direct gevolg van de veranderende mogelijkheden en inzichten, tezamen met de eisen die het rijden met hoge snelheid stelt aan het spoor. Daarbij komt de grote scheepsstoot die de pijlers moeten kunnen weerstaan.

Ondanks de toegenomen technische mogelijkheden zijn de ontwerpers voor een aantal lastige keuzen gesteld om de gestelde eisen te realiseren.

Bij een scheepsstoot van 30 MN is de maximale blijvende vervorming beperkt tot 80 mm, en door het gewicht van de trein mag de constructie nagenoeg geheel niet vervormen, omdat anders het comfort van de reizigers terugloopt.

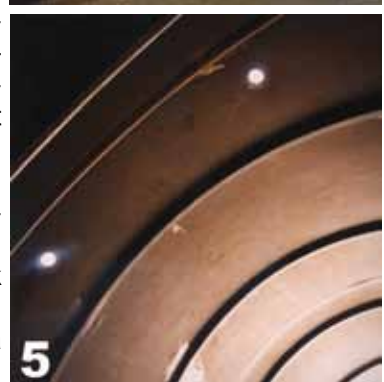
## Pijlers en scheepsstoot

Naast het Programma van Eisen wilde de bouwcombinatie het werk op de rivier beperken. Met een gering aantal grote palen  $\varnothing$  3000 mm, 4 of 5 per pijler, en een geprefabriceerd caisson dat op de rivier op de palen wordt neergezet is deze wens gerealiseerd. De pijlervoet moet in de eindtoestand geheel onder water blijven; alleen de schacht komt uit het wateroppervlak omhoog (afb.1). Uit de vele alternatieven is gekozen voor

een open betonnen bak met een tijdelijke verhoogde wand als waterkering. Deze kan op de wal worden gemaakt, met een kraan in het water worden getild en naar de locatie worden gevaren. Op locatie aangekomen wordt deze bak gevuld met water, waardoor deze op de palen zakt. Het blijkt nogal lastig te zijn om met deze betonnen

bakken te varen en ze zonder beschadigingen door sluisen te manoeuvreren. Daarom zijn de bakken na de productie in Kats op een ponton gezet (afb.2) die dichtbij de bouwplaats werd afgezonken, waardoor de betonnen bakken gingen drijven. Het afzinken boven de paalfundering door het vullen met water leidt tot instabiliteit van de met water

gevulde bak. Om dit tegen te gaan is tijdens het afzinken een deel van het gewicht door een kraan opgenomen. Zo zakte de bak rechtstandig op de palen. Om wapening en beton in de betonnen bak aan te brengen moet deze worden leeggepompt. Dat leidt tot opdrijven. Daarom wordt eerst de bak aan de palen vastgemaakt en daarna leeggepompt. Dit bevestigen moet dus onder water gebeuren en de verbinding moet sterker zijn dat het opdrijvend vermogen van de bak. Ook moet de uittreksterkte van de palen groter zijn dan de opdrijfkracht, anders gaat de bak bij leegpompen met palen en al omhoog. In de vloer van de betonnen bak zijn, ter plaatse van de palen, staalplaten voorzien (afb.3). Na het plaatsen zijn daarin gaten



gebrand, precies boven de palen. Door deze gaten zijn wapeningskorven (afb.4) ingebracht met ankerplaten. Balken op de vloer van de betonnen bak, bevestigd aan de ankerplaten, voorkomen het opdrijven nadat de palen over de bovenste 7,5 m met onderwaterbeton zijn gevuld. De binnenkant van de buispalen is voorzien van een groot aantal ingelaste ringen die de krachten uit het onderwaterbeton op de paalwand overdragen. (afb. 5) De scheepsstoot van 30 MN grijpt aan op 3 m boven het wateroppervlak, in de vaarrichting, dus loodrecht op het spoor, of onder een hoek van 45°. Dit laatste geeft een stoot in de rijrichting van 21 MN. De pijlers moeten smal zijn in verband met de doorvaartbreedte, in elk geval niet breder dan de pijlers van de bestaande brug. In de vaarrichting wordt de maat alleen begrensd door constructieve en economische overwegingen. De stootcomponent loodrecht op de vaarrichting blijkt maatgevend. Door deze te verdelen over verschillende pijlers, wordt voldoende sterkte en stijfheid verkregen. Doken en pijlers brengen de scheepsstoot over naar de brug en naar de volgende pijler en zorgen zo voor voldoende weerstand.

### Stijfheid en comfort

De afstand van pijler tot pijler (105 m.) wordt door de hogesnelheidstrein afgelegd in een tijd die samenvalt met de eigen trillingstijd van de brug. Dit is uitlokking tot resonantie. En treinwielen kunnen op de brug niet uit de pas gaan lopen. Om de invloed van pijlerzetting na te gaan, zijn er berekeningen gemaakt voor een pijlerzetting van 100 mm. Dat blijkt geen merkbaar effect te hebben op het comfort: de halve golf is dan 210 m lang en de trein volgt deze 'deuk' zonder probleem. Pijlers dicht bij elkaar zetten is geen optie: de verkeersbrug aan de westkant en de spoorbrug aan de oostzijde hebben dezelfde pijlerafstand, een eis vanuit de scheepvaart. Bovendien is de eigen frequentie van de rijtuigen in dezelfde grootteorde. Alle ingrediënten om de passage van de brug op een ritje met een hobbelpaard te laten lijken, zijn aanwezig.

De brug moet daarom zeer stijf worden geconstrueerd om in de meest ongunstige omstandigheden een comfortabele passage mogelijk te maken. Comfortabel betekent in feite dat de reiziger niet merkt dat de trein over de brug raast, behalve door het uitzicht (en dat is mooi!). Die ongunstige omstandigheden worden bepaald door temperatuurvervorming, door elastische vervorming door de trein en door kruip van het beton van het dek na verloop van jaren. De elastische doorbuiging kan worden beperkt door de brug een voorkromming te geven: de trein rijdt de ligger vlak. Het gaat om kleine getallen: enkele mm bij de overspanningen

van 105 m. Deze waarden zijn zo minimaal, dat ze wegvallen tegen de fabricagetoleranties van de stalen liggers en het betonnen dek. De uiteindelijke nauwkeurigheid komt eerst tot stand bij het afstellen van de rail. Deze wordt aan de rail-



kop afgesteld en daarna wordt de railbevestiging in beton ingegoten. Zo zijn alle toleranties in één keer ondervangen.

De stijfheidseis blijft echter van toepassing. Er zijn verschillende mogelijkheden onderzocht om die te realiseren:

1. Voorspannen van het betonnen rijdek
  - door voorspanstrengen
  - door vijzels
  - door de wijze van monteren;
2. Meerekenen van de treksterkte van het beton;
3. Vergroting van staaldoorsnede en hoeveelheid wapening in het dek;
4. Vergroting van de oplegging op de pijlers

Door de aard van de belastingen zal plaatselijk trek in de betonnen dekplaat optreden. De daarbij optredende scheurvorming kan weliswaar door de juiste manier van wapenen binnen aanvaarde grenzen blijven, maar de stijfheid neemt zeker af. Voorspannen vergroot de complexiteit van de uitvoering fors en is kostbaar. Voorspannen met vijzels kan pas plaatshebben als het hele dek is aangebracht. Dit heeft ingrijpende gevolgen voor de planning. De onderlinge afhankelijkheden nemen toe en de bouwtijd overschrijdt de beschikbare periode. Het dek onder druk brengen en houden door de montage-methode lijkt een eenvoudige oplossing. Het betekent echter een vergroting van de transportproblemen: de secties zouden 105 m lang moeten worden, te zwaar om met beperkte middelen op hoogte te plaatsen en te hoog om onder de verkeersbrug door aan te voeren. Bovendien zou niet al het beton onder druk komen en zouden aanvullende maatregelen nodig zijn.

Meerekenen van de treksterkte en –stijfheid van het beton is vanuit de voorschriften niet voldoende te onderbouwen. De trekstijfheid van gescheurd beton is gering, maar tussen de scheuren is het beton niet gescheurd en draagt het bij aan de stijfheid. De invloed zal onge-twijfeld gunstig zijn, maar het is moeilijk aan te tonen in welke mate dit het geval zal zijn.

Er is derhalve gekozen voor een combinatie van de laatste twee mogelijkheden. Op de oorspronkelijke cilindervormige pijler was de beschikbare ruimte juist voldoende om een lijnoplegging te plaatsen. Deze heeft geen enkele inklemming. In overleg met de architect is een rechthoekige pijlerkop gekozen die ruimte biedt aan vier opleggingen (afb.6). De beperkte inklemming – de vier opleggingen staan vrij dicht bij elkaar – geeft het geheel juist de extra stijfheid die voor het comfort is gewenst. Lokaal boven de steunpunten zijn breedte en dikte van de flens vergroot.

### Lengteveranderingen tengevolge van temperatuurverschillen

De nieuwe HSL-brug is een constructie uit één stuk. Dat geldt in overdrachtelijke zin voor de kloeke vormgeving en letterlijk voor de constructieve kant. De lengte van het rivierdeel, de toeritten op beide oevers niet meegerekend, bedraagt 1190 m. Het heeft geen zin meer decimalen te geven als daarbij de temperatuur niet wordt vermeld. Tussen koud en warm zit bijna een meter verschil. In de rails is aan beide einden een compensatie-inrichting voorzien om deze lengteverandering voor het spoor op te vangen. Het vaste punt van de brug is in het midden van de constructie geplaatst om de vorderingen gelijk

naar beide oevers te verdelen. Veel langer had de constructie niet kunnen worden, omdat de capaciteit van de compensatieinrichting begrensd is. Behalve de middelste drie pijlers, die als vast punt fungeren, zijn alle pijlers, alsmede de landhoofden voorzien van glijdende opleggingen. Het zal niet vaak voorkomen dat een glijoplegging onder een helling wordt geplaatst, maar hier is dat wel het geval: het alignment vertoont bij de overgangen bruglandhoofd een helling van 2,5 % en de opleggingen zijn evenwijdig daaraan geplaatst. Zo wordt een hoogteverschil in de rail voorkomen.

Staal en beton lopen over de volledige lengte door, zonder dilataties. Ook de rails zijn uit één stuk, wat het comfort van de reiziger vergroot en slijtage aan het treinmaterieel beperkt. De samenwerking van staal en beton geeft een stijve constructie. Voor het reizigerscomfort is dat nodig, omdat een kleine vervorming in het hart van elke overspanning en geen vervorming boven de steunpunten, leidt tot een ongewenst wasbordeffect dat tijdens een treinpassage elf keer optreedt. Het comfortcriterium is vanwege het repetitieveffect zeer strikt: de versnellingen die over de gehele lengte optreden, worden na sommatie beoordeeld. Dat doet recht aan het feit dat een eenmaal optredende onregelmatigheid als minder storend wordt ervaren dan een repeterend gehobbel.

De veldliggers zijn zeer stijf door de samenwerking van staal en beton. Het betonnen dek is met deussels aan de flenzen van de staalconstructie verbonden. Tijdens het storten van het dek bij de constructiewerkplaats in Schiedam (afb.7) wordt de stalen ligger op vier punten ondersteund, waardoor er weinig spanningen in het staal ontstaan. Eerst na verhardening van het beton zijn de tussensteunpunten verwijderd, waardoor



het eigen gewicht wordt opgenomen door de samengestelde, en daardoor zeer stijve ligger. Om te verzekeren dat tijdens het storten en verhardening van het betonnen dek geen ongewenste spanningen optreden, is de hoogte van de steunpunten in deze fase continu gemeten en zonodig gecorrigeerd.

De verschilzetting tussen eind- en tussensteunpunten is daarmee beperkt tot enkele millimeters. Zo kan met een relatief eenvoudige fundering toch een zettingsvrije ondersteuning worden gecreëerd, die toelaat dat de goede zeeg en spanningsverdeling ontstaat als het beton is verhard.

Extreem gevoelig voor verschilzettingen is het overstek van het dek buiten de hoofdligger. Zelfs het genoemde zettingsverschil van enkele millimeters tussen de bekisting onder de uitkraging en de stalen ligger kan tot ernstige beschadiging leiden op de plaats waar het dek op de bovenflens van de stalen ligger rust. Daarom is ervoor gekozen de bekisting van deze uitkraging op te hangen aan de stalen ligger, in plaats van af te steunen op steigerwerk vanaf het maaiveld. Als er dan een zetting optreedt, zakt de uitkraging mee en bij het corrigeren van de zetting wordt de uitkraging meegecorrigeerd.

De veldliggers zijn compleet met betonnen dek naar de bouwplaats vervoerd en worden daar ingehesen tussen de opgestelde hamerstukken (afb.8). Het dek van de



hamerstukken wordt op de bouwplaats gestort. Voor het uitkragende dek is dezelfde bekisting toegepast als bij de veldliggers, bevestigd aan de stalen ligger. Het is niet mogelijk de hamerstukken met betonnen dek aan te voeren en op de pijlers te zetten. Omdat de hamerstukken onder de verkeersbrug door worden aangevoerd, moeten deze vanuit de positie 'op zijn kant' op een ponton, met een bok overeind worden gekanteld en op de pijler worden geplaatst. Met betonnen dek erop is dat niet mogelijk.

Dit heeft een bijkomend voordeel dat door het storten van het beton op het hamerstuk nadat de veldliggers zijn ingehangen, de scheurvorming in het dek wordt gereduceerd. Om de trekspanningen in het betonnen dek op de hamerstukken verder te beperken, zijn stortvoegen opengelaten die worden gestort nadat het dek is verhard (afb.9). Door deze wijze van uitvoering is er boven de steunpunten nog trekcapaciteit in het betonnen dek. Volgens de Nederlandse normen mag hiermee niet worden gerekend. In

de Eurocode 4, deel 2 (staalbetonbruggen) wordt een methode aangereikt om deze capaciteit in rekening te brengen. Bij nadere bestudering blijkt dit echter geen werkbare methode. Zodoende is er, om aan de stijfheidseisen te voldoen, extra trekcapaciteit voorzien door toevoegen van de wapening en het verzwaren van de bovenflenzen.



### Oud en nieuw

De keuzen die in het ontwerp zijn gemaakt zijn gericht op een 100-jarige levensduur. Het architectonisch ontwerp staat de invulling van deze eis niet in de weg. Het naadloze dek zorgt ervoor dat de onderliggende constructie een dak boven zijn hoofd heeft. Die onderliggende constructie is een uit gladde vlakken gevormde constructie, vrij van plaatsen waar vuil en vocht zich kunnen ophopen. Dat impliceert niet dat er geheel geen onderhoud zal moeten worden uitgevoerd, maar wel dat het onderhoud, aanzienlijk eenvoudiger is dan bij de bestaande spoorbrug ernaast. Rondom kan de constructie worden geïnspecteerd en onderhouden. Het dek biedt ruimte voor vluchtpaden, inspectiepaden, kabel-kokers en waterafvoer. De toegankelijkheid van de onderdelen is verzekerd. Dat is bij de bestaande brug wel anders. Niet dat de prestatie eertijds daarom minder was. We kunnen ons erover verbazen dat met de middelen van toen, zonder reken- en tekensystemen en zonder de grootschalige werktuigen die nu heel gewoon zijn, toch zulke grote werken konden worden uitgevoerd. Misschien zouden de bouwers van toen wel jaloers zijn op de middelen die ons nu ter beschikking staan.

# MARTINUS NIJHOFFBRUG

Ing. G. Wierda

Met 11 klokslagen opende minister Jorritsma van Verkeer en Waterstaat destijds de brug voor het verkeer over de Waal bij Zaltbommel. De brug is vernoemd naar de Bommelse dichter Martinus Nijhoff. Als eerste trok een schaapherder met zijn kudde over de brug; daarna volgde een theaterspektakel, uitgevoerd door het Blauwe Theater uit Zaltbommel. De voorstelling stond in het teken van de legende van Faust en Mephisto, die ongeveer op deze plek zou hebben plaats gevonden. De magiër Faust zou hebben verbleven in kasteel Waardenburg. Gedurende zeven jaren mocht hij in het Gelderse slot van het leven genieten, voordat de duivel hem kwam halen. Faust had destijds in ruil voor een luxueus bestaan zijn ziel aan de gevallen engel Mephisto verkocht en deze hield hem nu aan de eerder gemaakte afspraak. De magiër werd weggevoerd en er nooit is nooit meer iets van hem vernomen.



De brug bij Zaltbommel was al jaren een berucht knelpunt in de autosnelweg A2, met kilometerslange files als gevolg. De oude brug was bij lange na niet meer in staat het enorme verkeersaanbod te verwerken. Bedroeg het

verkeersaanbod bij de bouw van de brug in 1933, 70.000 voertuigen per jaar. Nu zijn dit er tussen de 70.000 en 80.000 per dag. Bovendien waren de dubbele rijstroken van de oude brug veel te krap en ontbrak een vangrailconstructie.

Een van de eisen was dat de oplossing van het ene knelpunt geen nieuw knelpunt mocht veroorzaken; hinder voor de scheepvaart op de Waal was derhalve ongewenst. Bovendien moest de brug snel gebouwd worden. De politiek en mobiel Nederland waren de dagelijkse stremmingen beu.



De primaire keuze voor het concept is gemaakt uit een zevental varianten. Van deze varianten lagen er twee erg dicht bij elkaar. Dat waren de betonnen en stalen tuibrug. Door Rijkswaterstaat is besloten om beide ontwerpen uit te werken. En omdat dit een omvangrijke klus was, is er een ingenieurscombinatie gevormd, BVW, een samenwerkingsverband tussen BVN, Iv-Infra en De Weger. Duidelijk was al dat het sowieso een tuibrug zou worden.

In de onderzoeksfase is een aantal brugtypen bestudeerd. De symmetrische tuibrug kwam als meest aantrekkelijke oplossing uit de bus. De keuze is op dit type gevallen vanwege het feit dat deze bruggen ter plekke zijn te bouwen. Er zijn dus geen grote elementen ingevaren. Bovendien zijn voor dit type brug geen tijdelijke steunpunten in de rivier noodzakelijk.

Esthetisch gezien is het onderscheid tussen een stalen en een betonnen tuibrug niet zo groot. Beide concepten zijn met de grootste zorg uitgewerkt. Het optische onderscheid is gering. Het uitgangspunt zijn de vier pylonen waaraan het brugdek wordt opgehangen. De brug hangt, verdeeld over vier pylonen aan 120 tuikabels. Wat bij deze oeververbinding duidelijk te zien is, is de krachtoverdracht. De brug hangt aan kabels die de belasting, die je denkbeeldig kunt ontbinden in een verticale en horizontale component, overdraagt aan de pylonen. De verticale component maakt evenwicht met het gewicht van het brugdek, terwijl de horizontale component het brugdek ingeleid moet worden, waardoor daarin drukspanningen ontstaan.

Na nauwkeurige vergelijkingen en evaluatie viel de keus uiteindelijk op de betonnen tuibrug. Voor de aanbesteding van de beide ontwerpen was een kostenbegroting gemaakt voor wat betreft het toekomstig onderhoud en eventuele latere uitbreidingen. Ook toekomstige sloopkosten zijn daarin meegenomen. Alle kosten zijn dus in beeld gebracht en het was een kwestie van wachten op de uitkomst van de aanbesteding om te kunnen beslissen wat de meest aantrekkelijke optie was.

De gefaseerde aanpak van de brug betreft met name de overbrugging van de rivier de Waal; in het eindplan bestaat die uit twee afzonderlijke bruggen. In eerste instantie is er één brug gebouwd, die ruimte biedt aan 2 x 3 rijstroken zonder vluchtstroken. Naast deze zes rijstroken is er ook één smalle parallelbaan voor het langzame verkeer.

Om een brug te realiseren binnen deze kaders heeft BVW/Rijkswaterstaat gekozen voor een bouwmethode die in Nederland nog nooit op zo'n omvangrijke schaal is toegepast. De brug is gebouwd vanuit de beide oevers. De brug is vervaardigd uit elementen die direct aan de tuien zijn gehangen. Deze elementen zijn door een uit-bouwwagen, die aan het bruguiteinde hangt, op zijn plaats gehouden. In het midden sluiten de beiden delen aaneen. Zo is zonder tijdelijke pijlers in een recordtempo een overspanning gerealiseerd van 256 meter.

Door deze manier van werken is de bouwtijd van de brug met dertig weken terug gebracht. Tijdens het bouwen van de hoofdoverspanning is vanuit de pyloon het dek van de brug opgebouwd uit betonnen moten, die één voor één tegen elkaar zijn geplaatst. Het unieke van de methode is dat de moten twee keer zo lang zijn gemaakt als normaal. Zo is veel tijdswinst geboekt. De werkwijze is een combinatie van de vrije voorbouw-methode en de tuitechniek.

Bij nadering van de brug vallen de vier pylonen met een hoogte van meer dan tachtig meter onmiddellijk op. In elke pyloon zijn dertig stalen kabels verankerd: zestien vanuit de hoofdoverspanning en veertien vanuit

de zijoverspanning. De 120 kabels lopen schuin naar beneden, zijn bevestigd aan de brug en houden deze op hun plaats. De kabels zijn enkele malen nagespannen. De eerste keer na het betonstorten, de tweede keer na het aanbrengen van het asfalt, omdat de brug dan zo'n 25 centimeter doorzakt.

Iv-Infra is als partner in de Bruggen Ontwerp en Adviesgroep BVW sterk betrokken geweest bij het ontwikkelen en ontwerpen van de diverse varianten voor deze oeververbinding. Tijdens de uitvoerende werkzaamheden heeft het bureau het bouwtoezicht verzorgd. Met de realisatie van de Martius Nijhoffbrug is de nummer één van fileknelpunten op het Nederlandse wegennet opgelost.



*Drie bruggen over de Waal bij Zaltbommel.*



# KUNSTWERKEN IN RIJKSWEG 15

ing. M.J. Doomen

## Algemeen

Tussen km. 80.000 en 89.000 wordt Rijksweg 15 verbreed van twee maal twee rijstroken naar twee maal drie rijstroken. Naast het aanbrengen van geluidswerende voorzieningen, ongeveer 10 kilometer, worden de aansluitingen gewijzigd en een aantal kunstwerken vernieuwd. De werkzaamheden spelen zich af binnen de grenzen van de gemeenten Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam

De nieuwe kunstwerken zijn gesitueerd op de aansluiting:

- Wijngaarden; nabij het spoorviaduct over Rijksweg 15
- Zwijnskade; op de grens van Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam
- Nieuweweg; in de gemeente Hardinxveld-Giessendam

Naast bovengenoemde aansluitingen zijn er nog een aantal ongelijkvloerse kruisingen waar nieuwe kunstwerken worden gerealiseerd:

- Tunnelbak Wijngaarden; in de Parallelweg onder Rijksweg 15
- Kunstwerk Stationsweg; in Rijksweg 15 over de Stationsweg te Sliedrecht
- Kunstwerk Peulenstraat; over Rijksweg 15 te Hardinxveld-Giessendam

## Kunstwerken Zwijnskade en Peulenstraat

In 1937 zijn over de Rijksweg 15 drie betonnen boogviaducten gebouwd. Twee van deze viaducten voldoen niet meer aan de ontwerprichtlijnen - de doorrijhoogte is slechts 4100 mm in plaats van de gewenste 4600 mm - en aan het nieuwe dwarsprofiel. De boogviaducten worden gesloopt en vervangen door de nieuwe kunstwerken Zwijnskade en Peulenstraat. De boogbruggen zijn in een tijdsbestek van 4 uur met behulp van platformwagens verwijderd. Het slopen is buiten het wegtracé gebeurd en het betongranulaat dat vrijkomt, in totaal ongeveer 1000 m<sup>3</sup>, kan weer in wegfunderingen worden hergebruikt. Het viaduct Zwijnskade wordt hier nader toegelicht.



Viaduct Zwijnskade

## Zwijnskade

Over Rijksweg 15 wordt in de Zwijnskade ter vervanging van de boogbrug een kunstwerk gebouwd waarvan de onderbouw is uitgevoerd in ter plaatse gestort beton en de dekconstructie is opgebouwd uit prefab liggers. De lengte van het viaduct is gebaseerd op het dwarsprofiel van een autosnelweg met 2 x 3 rijstroken, vluchtstroken en een invoegstrook. Een en ander volgens de richtlijnen van ROA. De overspanningen zijn 22 en 29 meter. De breedte van het viaduct bedraagt ca. 27 meter. Op het kunstwerk is ruimte voor een autoweg van 2 x 2 rijstroken, een tweerichtingen fietspad en een voetpad. De overspanningen zijn zo klein mogelijk gehouden en de landhoofden zijn zó uitgevoerd dat er een soort "dijk-coupure" ontstaat. De steunpunten zijn laaggefundeerde landhoofden met verticale wanden. Het middensteunpunt is uitgevoerd als een esthetisch vormgegeven wand met daarin drie grote halfronde sparingen om zo het open karakter onder het kunstwerk te bewerkstelligen. De steunpunten zijn gefundeerd op 164 voorgespannen betonpalen met een lengte van 15,5 meter.

In verband met de aanwezigheid van hoogspanningskabels zijn er 67 stuks palen in delen aangebracht. Hiervoor is een zogeheten schakelpaal gebruikt, de Herkulespaal van de firma Schokindustrie.

Het dek met een oppervlakte 1400 m<sup>2</sup> is uitgevoerd in voorgespannen betonnen liggers. Tussen de liggers zijn in het werk gestorte langsvogen aangebracht. Elk veld is statisch bepaald en ter plaatse van het tussensteunpunt is een buigslappe voeg gemaakt. De dekranden zijn afgewerkt met prefab randelementen waarin, vanuit esthetisch oogpunt, witte cement is verwerkt. Op de dekranden staan de stalen leuning.

## Stationsweg

De huidige aansluiting Sliedrecht - Centrum komt in de toekomst te vervallen. Dit is onvermijdelijk omdat met de aanleg van de nieuwe aansluiting op de grens van Sliedrecht en Hardinxveld-Giessendam er drie aansluitingen dicht bij elkaar liggen. Hierdoor kan op de rijksweg een gevaarlijke verkeerssituatie ontstaan. Het viaduct over de Stationsweg wordt vervangen door een breder viaduct, waarvan bovendien de pijlers verder uit elkaar komen te staan dan bij het bestaande viaduct. Hierdoor wordt ook het zicht onder het viaduct verbeterd. Het viaduct Stationsstraat, dat identiek is aan het viaduct Nieuweweg, is gebouwd in 1935. In 1965 is dit viaduct, dat bestaat uit 17 overspanningen van 7,5 meter, verbreed met een uitkragende strook van 1,5 m. Verkeerstechnisch en constructief gezien is het niet mogelijk het bestaande viaduct te handhaven. Het is te smal en verbreden is constructief niet mogelijk en er is geen ruimte voor het plaatsen van de noodzakelijke geluidsschermen. In overleg met de opdrachtgever is besloten het bestaande viaduct te slopen en een nieuw kunstwerk te bouwen dat uit twee delen bestaat. De rijdekken worden direct gebouwd op de benodigde breedte voor de eindsituatie.

De locatie van de tussen- en eindsteunpunten is bepaald door de reeds bestaande steunpunten en de te reconstrueren Stationsweg. Het verticaal alignement van Rijksweg 15 ligt vast. Om de Stationsweg met een doorrijhoogte van 4,60 m te kunnen overspannen is een constructiehoogte van maximaal 650 mm beschikbaar, waardoor een ter plaatse gestort viaduct met afgeschuinde zijkanten de enige oplossing is. Om, in verband met het ruimtebeslag en de te verwerven grond, met het dwarsprofiel binnen het rijkseigendom te blijven is voor een asymmetrische oplossing van de beëindiging gekozen. Daarom is, mede om geotechnische redenen, aan de zuidzijde van de toekomstige aardebaan een weg op palen met verticale beëindiging ontworpen. Hierop wordt ook de geluidsbepalende constructie geplaatst.

Aan de noordzijde van de toekomstige aardebaan kunnen taluds worden aangebracht. Ook hier dient een geluidsscherm te worden aangebracht.

De lengte van het nieuwe viaduct is 114 meter. Het dek bestaat uit drie tussenvelden van 25 m en twee eindvelden van 19,5 m. De steunpunten zijn gefundeerd op in totaal 278 voorgespannen betonpalen met een lengte van 13,0 meter. In verband met de overlast voor de omgeving worden een aantal palen voorgeboord om de negatieve effecten op de bestaande bebouwing te voorkomen.

Tijdens de bouw van het zuidelijk rijdek gaat het verkeer in een 4-0 systeem over het bestaande kunstwerk. Om de bouw van het zuidelijk dek mogelijk te maken wordt van tevoren een dekrand van het bestaande kunstwerk gesloopt. Nadat het verkeer over het zuidelijk rijdek kan, wordt het bestaande kunstwerk verder gesloopt en kan het noordelijk rijdek gebouwd worden.

### Nieuweweg

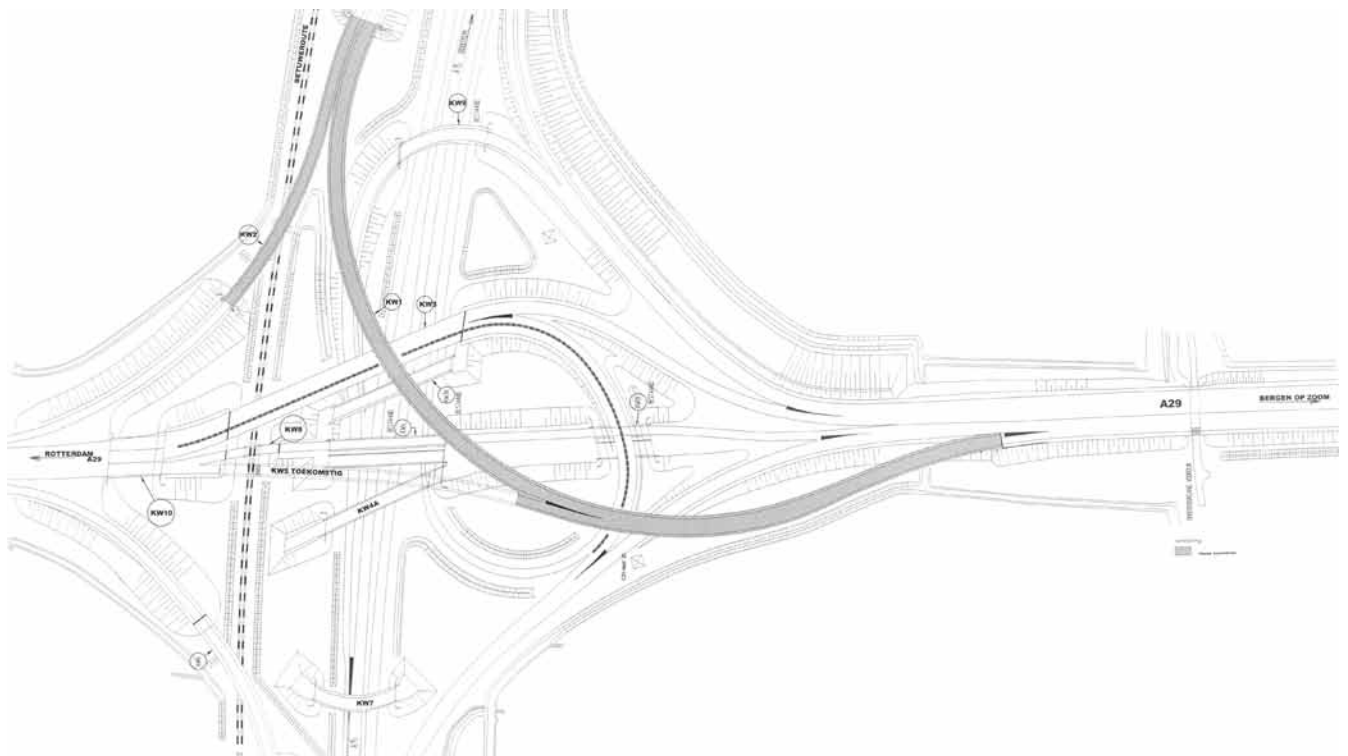
Ook de bestaande aansluiting Hardinxveld-Giessendam krijgt in het kader van het project Rijksweg 15 een



*Viaduct Zwijnskade*

facelift. De vorm blijft min of meer gelijk, maar wordt evenals bij de andere aansluitingen aangepast aan de huidige ontwerprichtlijnen. Al in 1995 is begonnen met de reconstructie van de noordelijke aansluitingen. Maar door de slechte en plaatselijk sterk wisselende bodemgesteldheid was Rijkswaterstaat genoodzaakt om de ophoogwerkzaamheden tijdelijk stil te leggen om geen instabiliteit in de ondergrond te veroorzaken. Eind 1997 zijn de werkzaamheden weer hervat en is de afrit vanuit de richting Gorinchem aangelegd. De komende jaren wordt de aansluiting verder gecompleteerd, waarbij tevens de viaducten Nieuweweg en Peulenstraat worden vervangen.

Kunstwerk Nieuweweg is identiek aan het kunstwerk Stationsweg. De omgevingsomstandigheden zoals reconstructie Nieuweweg en de aanwezige toe- en afritten hebben invloed uitgeoefend op de keuze van het aantal tussensteunpunten. De opbouw van het viaduct is in principe gelijk.



*Het Vaanplein in Rotterdam*

# RECONSTRUCTIE VAANPLEIN 1<sup>E</sup> FASE

ing. B. de Jongh en ing. P.C. Filius

Begin jaren negentig is door de overheid het besluit genomen om de Betuwelijn aan te leggen. Om het goederenvervoer vanuit de haven van Rotterdam naar het Europese achterland milieuvriendelijk, snel en relatief goedkoop te verzorgen is gekozen voor deze oplossing. Dubbelspoor en alleen bestemd voor het vervoer van goederen. De goederenlijn kruist het knooppunt Vaanplein ten zuiden van Rotterdam.

In eerste instantie was het de bedoeling om de Betuwelijn in een verdiepte bak onder het Vaanplein aan te leggen. Railinfrabeheer (RIB) en de directie Zuid-Holland van Rijkswaterstaat (RWS) kwamen tijdens het voorontwerp tot de conclusie dat deze oplossing technisch zeer gecompliceerd en bovendien erg duur was. Dus is ervoor gekozen om de spoorlijn op maaiveldhoogte aan te leggen en de bestaande en nieuw te bouwen viaducten aan te passen.

In mei 1998 heeft het ingenieursbureau Stercon, waarin Iv-Infra en Oranjewoud participeren, de opdracht gekregen voor 6 kunstwerken het definitief ontwerp, het bestek met tekeningen en berekeningen en de detaillering te verzorgen. Een belangrijk aspect bij het ontwerp is de eis dat het verkeer op de autosnelwegen nauwelijks hinder mag ondervinden van de bouwwerkzaamheden. Het Vaanplein is één van de drukste verkeersknooppunten van Nederland. Daarom zijn er meerdere omleidingsroutes aangelegd en is bij het ontwerp uitgegaan van grote overspanningen met prefab betonnen kokerliggers.

Het meest in het oog springende kunstwerk is KW1. Deze fly-over is 1200 meter lang. Tussen de 28 steunpunten komen de horizontaal gebogen liggers met een lengte van 41 meter en een gewicht van 110 ton. De liggers zijn boven de snelweg 's nachts geplaatst om verkeershinder zoveel mogelijk te beperken.

Iv-Infra, vestiging Nieuwegein, heeft de viaducten KW3, KW6 en KW8 met een lengte van respectievelijk 260, 180 en 80 meter en de verlenging van de onderdoorgang Voordijk ontworpen. Bovendien zijn de door derden gemaakte berekeningen en tekeningen van prefab onderdelen zoals betonpalen, kokerliggers en leuning gecontroleerd. Iv-Infra, vestiging Papendrecht, voert voor dit project de nulinspecties en deformatiemetingen uit. Om ook tijdens deze werkzaamheden het verkeer zo weinig mogelijk te hinderen, is gekozen voor het werken met een speciale laagwerker met een groot inspectiebordes.

De reconstructie van het Vaanplein kent nog twee fasen. Fase twee betreft het slopen van de viaducten die overbodig zijn geworden en de bouw van nog een viaduct. In fase drie worden nog vier viaducten gebouwd.



# VERVANGEN SPOORBRUG OVER HET SPAARNE IN HAARLEM

Th.P.M. van der Tol

*In de buurt van het centraal station van Haarlem liggen over het Spaarne een paar spoorbruggen. Richting het station ligt een dubbelspoor dat over een vaste brug en een ophaalbrug loopt. Ernaast ligt een enkelspoor dat over een vaste brug en een rolbasculebrug loopt naar een werkplaats. Deze rolbasculebrug wordt vervangen door een nieuwe beweegbare brug.*

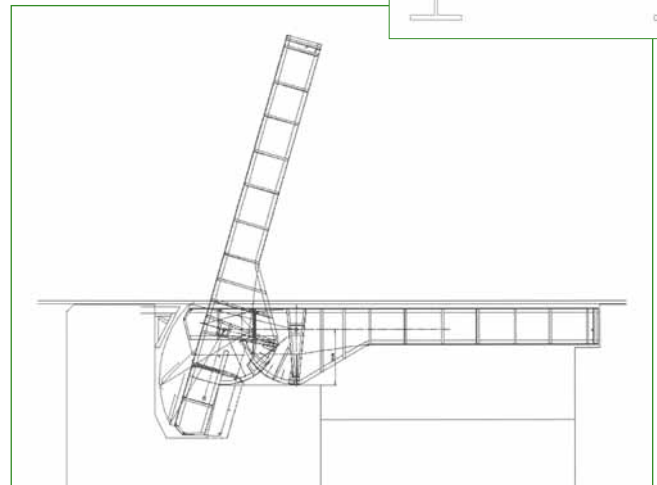
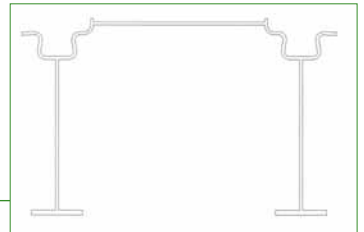
Een rolbasculebrug is een type beweegbare brug dat in Nederland langzaam verdwijnt. De werking is eenvoudig, de hoofdligger heeft ter plaatse van het draaipunt de vorm van een grote rol. De brug wordt door een as die aangrijpt in het middelpunt van de rol naar achteren getrokken. De brug draait hierdoor open maar rolt tevens naar achteren. Het ballastgewicht in de achterkant van de brug zorgt ervoor dat er weinig kracht nodig is om de brug te openen. De voorkant van de brug loopt, doordat deze omhoog gaat maar ook naar achteren, gelijk vrij. De achterkant moet goed afgeschuind worden omdat deze naar beneden maar ook horizontaal richting landhoofd beweegt. De aandrijving bestaat uit een rondsel en een tandheugelbaan. De tandheugelbaan

zit aan een trekstang. Op de rollenbaan zitten taps toelopende nokken terwijl op de rol passende sparingen zitten, om de brug tijdens het openen en sluiten op zijn plaats te houden. De hoofdliggers zijn twee geklonken plaatliggers die op regelmatige afstand door dwarsdragers en een kruisverband verbonden zijn.

Omdat de brug in slechte staat verkeert, met name het landhoofd aan de staart, is door Railinfrabeheer besloten de brug te vervangen.

De nieuwe spoorbrug wordt een hydraulisch aangedreven klapbrug. Door ruimtegebrek aan de zijde van de bestaande ophaalbrug is er maar aan één kant een hydraulische cilinder. Om de trillingen van treinen niet op de aandrijving en het lager te laten komen is er een duidelijk gescheiden systeem. Het hefmechanisme ligt los van de brug als deze dicht is. Er kunnen drie onderdelen onderscheiden worden: de bereden ligger, de hefligger en de aandrijving.

De bereden ligger is een U-vormige plaatligger met op de hoeken gezette gootprofielen waar-



Schema rolbasculebrug

Inzet boven: Bereden u-vormige plaatligger.



Afgeschuinde staart van de brug past in gesloten stand tegen de afschuining aan de basculekelder.



De rol loopt over een rollenbaan met nokken om de brug op zijn plaats te houden.

in later de rails ingegoten wordt. Als de brug gesloten is ligt hij op eigen opleggingen op de landhoofden zonder enige verbindingen met de aandrijving of het draaipunt. Doordat de ligger geen gesloten koker is, is hij torsieslap, zodat hij altijd goed op zijn opleggingen komt te liggen. Hij gedraagt zich dan als een ligger op twee steunpunten. Alleen dit onderdeel moet op vermoeiing gecontroleerd worden. De ingegoten railconstructie is om het geluidsniveau binnen de gestelde toleranties te houden. De brug ligt namelijk in de stad vlakbij woonboten.

De hefligger is een kokerligger die naast de bereden ligger is geplaatst. Aan de hefligger zitten twee dwarsliggers vast die door de bereden ligger heen steken. De sparing in de lijven van de bereden ligger zijn iets groter, zodat, als de brug dicht is, er geen belastingen en trillingen door de bereden ligger doorgegeven worden aan de hefligger. Als de brug open gaat gaan de dwarsliggers aanliggen aan de bereden ligger en worden daardoor meegenomen tijdens het openen. Aan de achterkant van de hefligger zitten het draaipunt en de hefcilinder vast.

De aandrijving bestaat uit één enkele hydraulische cilinder opgesteld in het machinehuis. Bovenop het machinehuis zit het lager van het draaipunt. Aan het machinehuis zit een groot ballastblok om het excentriciteitsmoment ten gevolge van het openen op te vangen. Anders zou het moment compleet op de fundatie komen. De bestaande fundatie bestaat uit metselwerk en is daardoor voor trekbelasting ongeschikt. Om het excentriciteitsmoment in dwarsrichting op te vangen is de achterste dwarsligger verlengd en nog een derde lager geplaatst.

Om het gedeelte waar vroeger de staart van de basculebrug zat te overspannen, wordt er een prefab betonnen plaat geplaatst als aanbrug. Ook in de aanbrug zitten de spoorrails ingegoten.

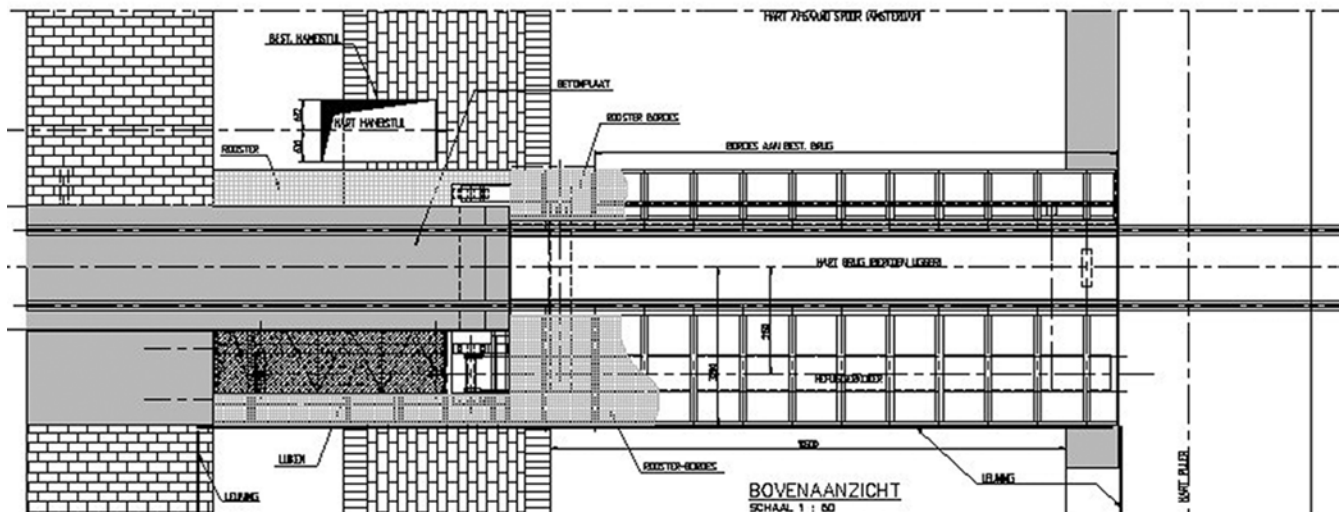
De demontage van de oude brug en de montage van de nieuwe brug moet in kort tijdsbestek gebeuren om ontoelaatbare vertragingen in het treinverkeer te voorkomen. De werkzaamheden moeten worden uitgevoerd in 80 uur, vanaf vrijdagavond tot dinsdagmorgen. Dit is alleen haalbaar door zoveel mogelijk te prefabriceren en samen te stellen. Ook de aandrijving moet zo snel mogelijk operationeel zijn om stremming van de scheepvaart over het Spaarne tot een minimum te beperken.



*Rolbasculebrug in gesloten stand.*



*Aan de trekstang wordt de rolbasculebrug opengetrokken.*



*Bovenaanzicht van de nieuwe brug over het Spaarne.*

# AANVARING SUURHOFFBRUG IN ROTTERDAM

ir. Y.M.J.J. Hollman

“Amistade vaart Suurhoffbrug aan”

Onder deze kop publiceerde op 31 mei 1999 het Weekblad Schuttevaer het volgende bericht:

ROTTERDAM (25 mei) - De Amistade, het nieuwe containerschip van de gebroeders Wanders en Middelkoop, is afgelopen zaterdagavond tegen de Suurhoffbrug gevaren. Het schip bleef onbeschadigd, maar de brug is zwaar beschadigd. Exceptioneel verkeer mag er voorlopig niet over en de vier rijstroken zijn teruggebracht naar twee. ‘Van de twee hoofdliggers is er één duidelijk verbogen en de andere beschadigd’, zegt woordvoerder W. Bouckaert van Rijkswaterstaat Zuid-Holland. ‘We hebben de rijstroken afgesloten omdat de constructie is beschadigd en we niet weten wat de brug nog kan dragen. Dat is gebeurd op advies van drie constructeurs, die er in het weekeinde naar hebben gekeken.’ Rijkswaterstaat is deze week nog bezig met een verdere inspectie om te zien of de verbogen ligger moet worden vervangen of nog kan worden rechtgebogen. De schade is volgens RWS aanzienlijk, maar de schipper is verzekerd. Volgens Henk Wanders is de aanvaring het gevolg van een inschattingsfout. ‘De peilschaal geeft de waterhoogte goed aan. Toch is het fout gegaan, dat kan gebeuren.’ Er bleef volgens Wanders één container aan de brug hangen, die schoof door naar het achterschip en heeft onderweg twee andere containers beschadigd. ‘We hebben die drie containers aan de wal gezet en dat was wat ons betreft dan ook alle schade, met het schip was niks.’

## Inleiding

Als je Rijksweg 15 (Nijmegen-Maasvlakte) helemaal uitrijdt tot aan de Maasvlakte dan heet het stuk Rijksweg na de Botlektunnel ook Europaweg. In de Europaweg treft men een aantal markante kunstwerken aan, zoals: de Botlektunnel, met daarnaast voor spoor en gevaarlijk transport nog steeds de Botlektunnel, de Calandbrug voor spoor- en wegverkeer, naast deze brug wordt nu de Calandtunnel gerealiseerd, de Dintelhavenbrug, pas vernieuwd, en de Suurhoffbrug. Het realiseren van tunnels en het vernieuwen van bruggen heeft direct te maken met de ongekende intensiteit van vooral het wegverkeer op deze route. Voortdurend wordt er aan de weg gewerkt teneinde deze te verheffen tot autosnelweg. Dat de Suurhoffbrug redelijk aan de eisen van deze tijd voldoet mag blijken uit een passage uit de Trajectnota/MER – deeltraject 1: “in het uit te werken benuttingsalternatief, variant C, blijft de huidige brug bestaan uit 2x2 rijstroken plus een strook voor lokaal verkeer”.

## Historie

De Suurhoffbrug is gerealiseerd in de beginjaren '70, ontworpen door Gemeentewerken Rotterdam, Afdeling Staalbouw en gebouwd door Lubbers' Constructiewerkplaatsen en Machinefabriek “Hollandia”, kortweg Hollandia, te Krimpen aan de IJssel.

Feitelijk zijn het twee bruggen naast elkaar: een verkeersbrug en een spoorbrug ten westen van de verkeersbrug. In 1974 is aan ontwerpers en bouwers van de verkeersbrug de “Nationale Staalprijs” door de



## Trajectnota/MER - deeltraject I

Deeltraject I loopt van de Maasvlakte tot de aansluiting Welplaatweg.

In dit deeltraject worden drie verschillende locaties onderscheiden.

### 1. Stenen Baakplein

Vooruitlopend op de afronding van de tracé/m.e.r.-procedure wordt bij het Stenen Baakplein uiterlijk 2004 een volledig ongelijkvloerse kruising gerealiseerd. De toe- en afritten van de noordelijke baan zijn bereikbaar via een secundaire weg.

### 2. Suurhoffbrug

In het uit te werken benuttingsalternatief, variant C in de Trajectnota/MER, blijft de huidige brug bestaan (2x2 rijstroken).

### 3. Traject N57- aansluiting Welplaatweg

Tussen de aansluiting Rijksweg 57 en Spijkenisse wordt de capaciteit uitgebreid van 2 naar 3 rijstroken per richting. Tussen Rozenburg en Spijkenisse krijgt de 3e rijstrook de vorm van een PLUS-strook.

Een PLUS-strook is een kleinere rijstrook van 2,75 meter breed, die alleen in de spits wordt opengesteld en waar de maximumsnelheid 80 km per uur bedraagt.

Afb. 1: Overzicht Suurhoffbrug,

Afb. 2: Trajectnota,

Vereniging “Bouwen met Staal” toegekend.

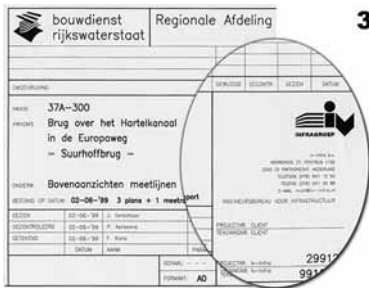
## De aanvaring

De Suurhoffbrug heeft 4 hoofdonderdelen, namelijk: noordelijke aanbrug, basculebrug, hoofdoverspanning en zuidelijke aanbrug.

Beroepsscheepvaart vaart, normaal gesproken, ongehinderd onder de hoofdoverspanning door, exceptioneel vervoer of scheepvaart met hoge opbouw kan de brug passeren via de basculebrug. “Meestal” ongehinderd..., maar op 26 mei 1999 was het foute boel.

Na de aanvaring is de brug direct afgesloten, en is pas gedeeltelijk weer open gesteld toen van diverse kanten door technici is beaamd dat er nog wel verkeer over mogelijk is.

Om de exacte omvang van de schade vast te stellen heeft de firma Hofman uit Sliedrecht opdracht gekregen de noodzakelijk inspecties uit te voeren. De Afdeling Ruimtelijk Meten van Iv-Infra is door Hofman uitgenodigd de noodzakelijke 3D-metingen uit te voeren, deze te vertalen naar tekeningen en rapportages, om vast te stellen waar welke schade is met de afwijkingen in



3



4



5



6



7

Afb. 3: Bestek,  
Afb. 4: Gedurende de werkzaamheden moest de scheepvaart ongehinderd doorgaan,  
Afb.5: Iv-Infra aan het werk,  
Afb.6: Ook vanaf de dukdalen is er gemeten,  
Afb.7: Opstelling meetapparatuur.,

mm ten opzichte van markante constructiedelen, zoals hoofd- of stramienlijnen die als recht, evenwijdig en haaks gekenmerkt konden worden. Uiteraard zijn ook de nodige fabriekstekeningen bestudeerd.

### De reparatie

Naast inzicht in de beschadigde delen is door de metingen duidelijkheid verkregen in de bestaande lengte- en dwarsprofielen. Als onderdeel van de rapportage zijn ook tekeningen vervaardigd met 3D-visualisaties in kleur. Het pakket informatie is door Hofman overgedragen aan Bouwdienst Rijkswaterstaat Hoofdafdeling Projecten en Diensten Regionale Afdeling Midden-West. De Onderafdeling Staal, Werktuigbouw en Installatietechniek kan aan de slag. Na alle vereiste analyses, second opinions, doorrekeningen, onderhandelingen en wat dies meer zij is er een overeenkomst gesloten tussen de Staat der Nederlanden (vertegenwoordigd door de Bouwdienst Rijkswaterstaat en Hollandia B.V. te Krimpen aan de IJssel. Deze overeenkomst strekte tot uitvoering van bestek BDP/5502 voor het richten van de hoofdligger, het lassen van de kopplaten, consoles / dwarsliggers aan de lijfplaat van de hoofdliggers, het ontwerpen, fabriceren en monteren van de conserveringswagens en bijbehorende wagenbanen en het vernieuwen van de opleggingen van de Suurhoffbrug.

### Het bestek

Het bestek, inclusief bijlagen en tekeningen gaat zeer minutieus in op alle mogelijke details en staat bol van normen, eisen en toleranties.

Alleen al met betrekking tot het besteksonderdeel: " Het richten van de oostelijke hoofdligger" zijn gedetailleerde eisen in een bijlage toegevoegd voor:

- het maken van een deelkwaliteitsplan "Richten"
- het maken van berekeningen t.b.v. de hoofdconstructie
- het maken van tekeningen en berekeningen t.b.v.

- hulpmaterieel en –materiaal
- het maken van een vizielplan
- het uitvoeren van conserveringswerkzaamheden
- het richten van de verbogen onderdelen van de brug
- het verrichten van metingen en het maken van meetprotocollen
- het herstellen/vervangen van beschadigde onderdelen van de brug, met name de verticale verstijvers bij het begin van drukgebied.

### Het meten

Uit hoofde van haar betrokkenheid bij de vaststelling van de schade is de Afdeling Ruimtelijk Meten van Iv-Infra door Hollandia b.v. gevraagd om de nodige hand- en spandiensten te verrichten met betrekking tot alles wat met het onderwerp "maatvoering" te maken heeft.

Deze opdracht resulteerde in de volgende werkzaamheden:

Voor het richten van de oostelijke hoofdligger:

- het opstellen van een meetplan
- het opstellen van een blanco meetprotocol
- het creëren van plaatselijke meetgrondslag in lokaal stelsel x,y,z, inclusief het aanbrengen van een fysieke referentielijn voor de- en montage
- het uitvoeren van een tussentijdse controlemeting op de richting van de onderflens
- het uitvoeren van een eindmeting op alle onderdelen van de hoofdligger

Voor het uitwisselen van de brugopleggingen:

- het opstellen van een meetplan
- het inmeten van 10 stuks opleggingen inclusief gatenpatroon, helling van de onderflens en vlakheid van de onderflens

Voor het positioneren van de kanaaloverspanningen:

- het opstellen van een meetplan
- het inmeten van aansluitende onderdelen van de hoofdoverspanning ter plekke van het zuidelijk landhoofd en pijler 3
- het plaatsen van referentiemeetpunten voor toekomstige metingen en voor het monitoren van de werkzaamheden
- het uitvoeren van een eindmeting

Voor de conserveringswagens

- het opstellen van een meetplan
- het opstellen van blanco rapporten
- het inmeten van alle relevante onderdelen van de bestaande brugconstructie in x,y,z,
- het eenmalig uitzetten van referentielijnen ten behoeve van de ankerkasten.

Voor de genoemde activiteiten

- het computermatig verwerking van de meetresultaten
- het leveren van rapporten.

### Een technisch hoogstandje

De metingen zijn uitgevoerd met moderne zelfregistreerbare reflectorloze tachymeters, op een zodanige wijze dat, met een hoge nauwkeurigheid, zelfs op moeilijke of onbereikbare plaatsen relevante meetpunten gemeten konden worden. De rapportages, tekeningen, 3d-visualisaties, etc. zijn van grote waarde gebleken bij het uitvoeren van de reparatiewerkzaamheden door Hollandia in nauwe samenwerking met Bouwdienst Rijkswaterstaat.

# RENOVATIE NIEUWBRUG DORDRECHT

J. de Moor

*Na bijna 150 jaar trouwe dienst is de gietijzeren Nieuwbrug gerenoveerd. De Nieuwbrug vormt de verbinding tussen de Voorstraat en de Wijnstraat over de Wijnhaven in de gemeente Dordrecht. Het is één van de vier toegangswegen tot het buitendijkse gebied van het oude stadshart.*

## Historie

De eerste "Nieuwbrug" dateert al uit het jaar 1312 en bestond toen uit niet meer dan een smal houten bruggetje dat in 1544 door een nieuwe brug werd vervangen. Deze "Nieuwbrug" hield het tot 1698 uit waarna er een stenen brug met bogen verrees. De huidige vorm van de Nieuwbrug dateert alweer van 1851 en is ontworpen door de toenmalige stadsbouwmeester George Nicolaas Itz. (1799-1869).

Itz was één van de eerste en ook één van de beste leerlingen van de in 1812 in 's Hertogenbosch opgerichte Académie Impériale et Royale de Peinture, Sculpture et Architecture. Deze academie werd in 1828 omgedoopt tot Koninklijke School voor Nuttige en Beeldende Kunsten. In 1832 aanvaardde Itz de functie van stadsbouwmeester en zou deze 35 jaar, tot 1867, uitoefenen. In deze periode is een groot aantal nu nog bestaande bruggen zoals de Nieuwbrug, de Tolbrug, de Damiatebrug, de Lange IJzerenbrug en de Binnenkalkhavenbrug gerealiseerd.

## Renovatie

De Nieuwbrug heeft drie doorvaartopeningen waarvan de middelste is uitgevoerd met een zogenaamd oorgat, een klep voor het doorlaten van zeil-schepen met een staande mast. Het wegdek wordt gedragen door fraai geornamenteerde gietijzeren liggers met een gebogen onder-rand en cirkelvormige vullingen. Het ijzerwerk is in Leiden gegoten door de Firma Weduwe D.A. Schretlen en Zoon. Onder invloed van de toenemende verkeersbelasting is de brug technisch gesproken aan vervanging toe. De brug valt echter onder de Rijksmonumenten en als zodanig kan er geen sprake van vervanging zijn.

## Onzichtbaar

Uitgangspunt bij de renovatie is dat de nieuwe constructieve elementen niet zichtbaar mogen zijn in het visuele beeld van de brug. Er is gekozen voor een stalen brugdek, dat wordt gesteund door een betonnen constructie welke binnen de bestaande pijler en landhoofden wordt gemaakt. Met deze oplossing worden er geen belastingen op de bestaande constructie afgedragen en is de nieuwe "Nieuwbrug" geheel opgenomen in het historische beeld van de brug.



*Gietijzeren liggers van de Nieuwbrug.*



# VIA AMFIBIA

Ir. J.R. Augustijn

“Méér ruimte voor de rivier, flexibel waterbeheer, retentiebekkens”. In de nabije toekomst zullen de genoemde zaken zeker een grotere rol gaan spelen in de ruimtelijke ordening en infrastructuur van Nederland. In een aantal gevallen kan dit betekenen dat ontsluitingswegen moeten worden omgelegd, opgehoogd of anderszins worden verbeterd, om aan de gewijzigde randvoorwaarden te blijven voldoen. Naast deze problematiek speelt in grote delen van Nederland de slappe ondergrond een belangrijke rol. Bouwtijden worden sterk beïnvloed door graafwerkzaamheden, ophogingen en zettingstijden.

Het concept “Via Amfibia”, de drijvende weg, is ongevoelig voor bovenstaande problemen en kan snel en eenvoudig worden aangelegd in beoogde waterrijke gebieden. Een andere toepassing van het concept is een tijdelijke weg bij onderhoudswerkzaamheden aan bestaande bruggen of wegen.

## Ontstaansgeschiedenis

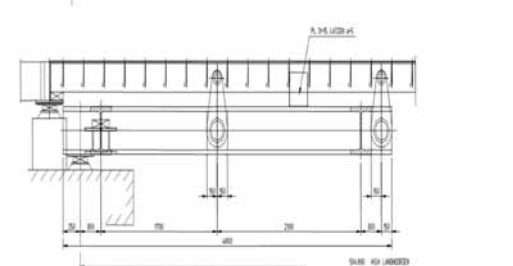
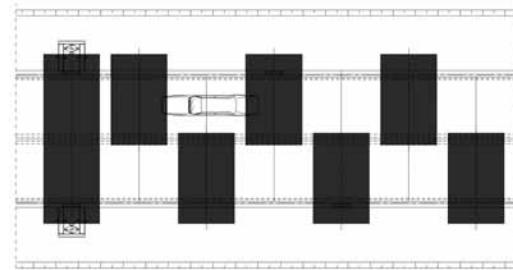
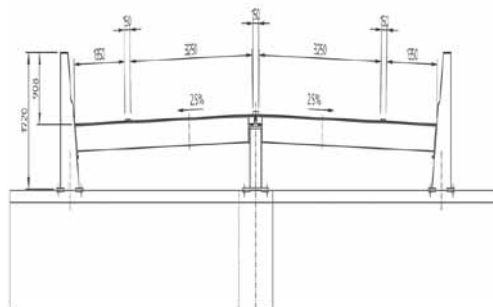
“De Nieuwe waterweg” is één van de pilotprojecten binnen het innovatieprogramma “Wegen naar de Toekomst”, gestart door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Het concept “Via Amfibia” is bedacht en constructief uitgewerkt door het consortium Iv-Infra en HBG Civiel staalbouw. Als uitgangspunt bij de uitwerking van het concept is uitgegaan van een in de toekomst aan te leggen ontsluitingsweg in de polder Middelburg – Boskoop; gemeente Reeuwijk. Deze weg is geprojecteerd in een polder, die in de toekomst mogelijk de bestemming retentiebekken krijgt. De ondergrond bestaat uit veen en de gemiddelde grondwaterstand ligt over het algemeen ongeveer op maaiveldniveau.

## Principe van het concept

Afgezien van de steunpunten aan het begin en het einde van de weg worden de verticale krachten uit het eigen gewicht en de nuttige verkeersbelasting opgenomen door het drijfvermogen van de hiervoor speciaal ontworpen elementen. Via Amfibia ligt in een hiervoor gebaggerde sleuf waarvan de bodem dieper ligt dan het niveau van het grondwater.

## Constructie

Via Amfibia bestaat uit stalen hoofdliggers die aan de uiteinden worden opgelegd op de landhoofden. De tussenelementen van de weg zijn opgelegd op grote blokken EPS met een betonnen bovenplaat die voor spreiding van de geconcentreerde belasting zorgt. Door het grote volume van EPS hebben de drijvers voldoende draagvermogen. Horizontale krachten als gevolg van wind- en remkrachten worden opgenomen door horizontaal



belastbare stalen buispalen die de drijvers steunen zonder de verticale beweging te belemmeren.

Nagenoeg alle componenten kunnen worden geprefabriceerd en vervoerd per vrachtwagen. De montage van de drijvende elementen geschiedt vanaf één van de beide landhoofden in een cyclisch proces, waarbij na montage van een sectie de weg over het water voor-uit wordt gevaren. Na het heien en het betonwerk voor de landhoofden en de steunpunten van de aanbruggen, het indrijven van de laatste brugsecties en het koppelen met de landhoofden wordt de verbinding tussen de buispalen en de bovenzijde van de drijvers gemaakt door middel van een stalen frame.

## Comfort

Het reizigerscomfort blijft ondanks de grotere verplaatsingen ten opzichte van een traditionele weg gewaarborgd tot snelheden van 80 km/uur.

Tussen de op palen gefundeerde landhoofden en het drijvende deel is een aanbrug gedacht met hierin opgenomen een overgangsconstructie. Door de aanwezigheid van dit innovatieve onderdeel blijft de knik in het rijdek als gevolg van de variatie in de waterstanden tot een minimum beperkt.

De werking van de overgangsconstructie is gebaseerd op de koppeling van het rijdek aan een flexibele ligger, waardoor dit een vloeiende lijn beschrijft. De flexibele ligger zelf is niet sterk genoeg voor de 16.90 m van de eerste overspanning nabij de aanbrug. Daarom wordt deze op twee plaatsen met schalmen aan de hoofdligger gekoppeld.

## Voordelen van een drijvende weg ten opzicht van een traditionele weg

- ongevoelig voor zettingen
- volgt de grondwaterstand
- te combineren met retentiebekken of uiterwaarden
- dubbel ruimtegebruik
- korte bouwtijd door modulair concept
- weinig ruimtebeslag tijdens bouw
- beperkt onderhoud
- zowel permanent als tijdelijk toe te passen.

# LOOPSTEIGER IN PAPENDRECHT

ir. D.J.M. Tuinstra

In samenhang met de ontwikkeling van een nieuwe woonwijk in Papendrecht is het Vijverpark heringericht. Onderdeel van deze herinrichting is de aanleg van een loopsteiger in de vijver en de aanpassing van de oeverlijn. De loopsteiger heeft een breedte van 3 meter en bestaat uit een overspanning van 30 meter en een overspanning van 15 meter. In de korte overspanning zijn twee kleppen opgenomen, de zogenaamde 'schaatskleppen'. Ingeval van vorst kunnen de schaatskleppen worden geopend voor schaatsers.

Het voorontwerp van de loopsteiger is gemaakt door de gemeente Papendrecht. Voor het vervolgtraject is advies gevraagd aan Iv-Infra. In overleg met de gemeente is het voorontwerp uitgewerkt tot een definitief ontwerp met kostenraming en bestek. De gemeente heeft de bouw uitbesteed en in oktober 2002 is de steiger opgeleverd.

Bij het voorontwerp heeft de gemeente een aantal eisen gedefinieerd die als leidraad hebben gefungeerd bij het verdere proces. Zo moest de 'brug' een vlak en sober uiterlijk hebben met een voorkeur voor een uitwerking in staal. De zichtlijn over de vijver mocht niet onderbroken worden door een zware constructie en het loopvlak moest zo dicht mogelijk op het water liggen. Door het gebruik van open roosters voor het loopvlak houdt de wandelaar zicht op het water. Dit effect wordt nog versterkt door de afwezigheid van een leuning. Aangezien het ontwerp een recreatieve functie heeft en geen onderdeel is van een noodzakelijke verbindingroute is de benaming "brug" vervangen door "loopsteiger" en was de voor de veiligheid vereiste leuning niet langer verplicht. De recreatieve functie van de steiger diende te worden benadrukt door een opening in de steiger op te nemen die schaatsers vrij baan geeft in een periode van vorst.

Er zijn enige varianten uitgewerkt waarbij getracht is de constructie zo slank mogelijk uit te voeren en dicht op het water te leggen. Grofweg gezien zijn er twee reële opties. Ten eerste het toepassen van veel kolommen die op een kleine onderlinge afstand van elkaar geplaatst worden en waarover een slank raamwerk voor het loopvlak wordt geplaatst. Om dit te realiseren dient echter in de bestaande vijver een groot aantal palen te worden geheid. Doordat de vijver niet in verbinding staat met open water kan dit niet vanaf een ponton maar

moet er een dijk worden aangelegd. Na installatie van de brug moet de dijk weer worden verwijderd, al met al geen gelukkige optie.

Een andere mogelijkheid is het gebruik van grotere overspanningen, 15 en 30 meter, tussen de oevers en een middensteunpunt. Zware liggers, die de zichtlijn zouden hinderen, kunnen worden voorkomen door gebruik te maken van vakwerkliggers met dunne staven. De landhoofden kunnen vanaf de oever worden gebouwd. Om het middensteunpunt aan te brengen wordt vanaf de korte zijde een kleine dijk aangelegd. Zo kan op de fundering behoorlijk worden bespaard. Op dat moment is het idee ontstaan om de constructie gedeeltelijk onder water te leggen en alleen de bovenrand boven het water uit te laten steken. Er is met argwaan gekeken naar de temperatuurseffecten van een ligger die gedeeltelijk onder water ligt. Daarom is gekozen de draagconstructie geheel onder water aan te leggen. Het loopvlak wordt dan als aparte constructie uitgevoerd die boven water ligt.

De hoogte van de constructie moet beperkt zijn vanwege het ondiepe water. De liggers zijn daarom uitgevoerd als raatliggers die een gunstige sterkte - stijfheid verhouding hebben met een laag eigen gewicht en geringe kosten. Op de bovenflens van de raatliggers worden korte pootjes geplaatst met daarop in dwarsrichting T-profielen die aan iedere zijde van de hoofdliggers een halve meter uitkragen. Hierop rust het loopvlak, bestaande uit stalen roosters die dragen in de richting van de hoofdoerspanning. Aan de uiteinden van de T-profielen zijn randprofielen van gezette plaat bevestigd om het geheel een strak uiterlijk te geven en om een stootrand te creëren als begrenzing van het loopvlak. Het constante waterniveau (in de polder gereguleerd) maakt het mogelijk om het loopvlak dicht op het wateroppervlak te leggen. Door het uitkragende gedeelte van het dek zijn de pootjes en liggers niet te zien en lijkt de steiger, geheel volgens de wens van de gemeente, boven het water te zweven.

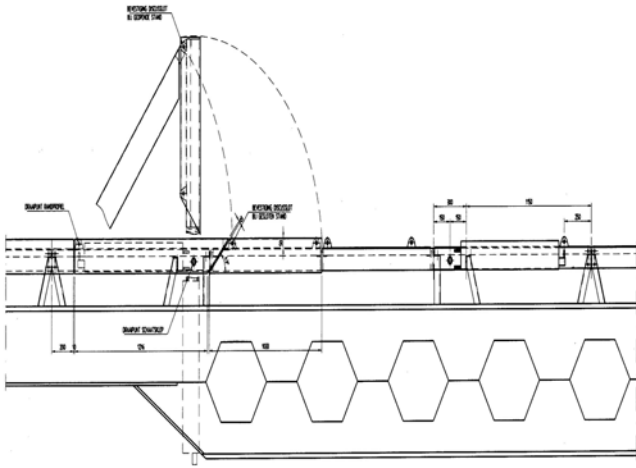
De stijfheid in langsrichting wordt verzorgd door de schoorstand van de pootjes. Tussen de bovenflenzen van de hoofdliggers zijn kruisen aangebracht die de horizontale belasting naar de uiteinden van de ligger brengen. In de dwarsdoorsnede zijn kruisen aangebracht en bij de opleggingen zijn de raatliggers verjongd. De opleggingen



Aanlanding met geopende schaatsklep



Bordes



zijn uitgevoerd als rubber opleggingen die op het beton worden gemonteerd. De horizontale positie van de hoofdoeverspanningen wordt op de middenpijler gefixeerd met doken op een dwarsbalk tussen de hoofd-liggers. De doken op de landhoofden zijn uitgevoerd met een speling in lengterichting. Bij wisselingen in temperatuur kunnen de liggers onder de trappen van de landhoofden uitzetten of krimpen.

De schaatskleppen waren een speciaal punt van aandacht aangezien deze vanaf de steiger met de hand moeten worden geopend. Omdat de draagconstructie onder water ligt hoeft deze voor de schaatsers niet te worden onderbroken. Dit zou een extra steunpunt of zware uitkragingen tot gevolg hebben en daarmee een duurder constructie. Om een opening te creëren kan worden volstaan met het openen van het loopvlak. Bij openstaande schaatskleppen zijn de bovenflenzen van de hoofdliggers zichtbaar door het ijs heen. In gesloten toestand zijn de schaatskleppen niet te zien omdat de contragewichten, die bestaan uit een massieve blok staal, zijn verwerkt in het randprofiel. Door het randprofiel achterover te klappen kunnen de schaatskleppen met de hand worden geopend. Het randprofiel wordt daarna gebruikt om de openstaande kleppen vast te zetten.

Aan de conservering van de constructie zijn door de gemeente strenge eisen gesteld gezien de ligging in het water. Enerzijds om de levensduur van de steiger te garanderen, anderzijds zijn de kosten van het onderhoud erg hoog als de steiger uit het water moet worden gelicht om opnieuw te worden geconserveerd. Er is voor gekozen om de steiger te aluminiseren. Door het aluminiseren is de steiger nu voor 20 jaar onderhoudsvrij.

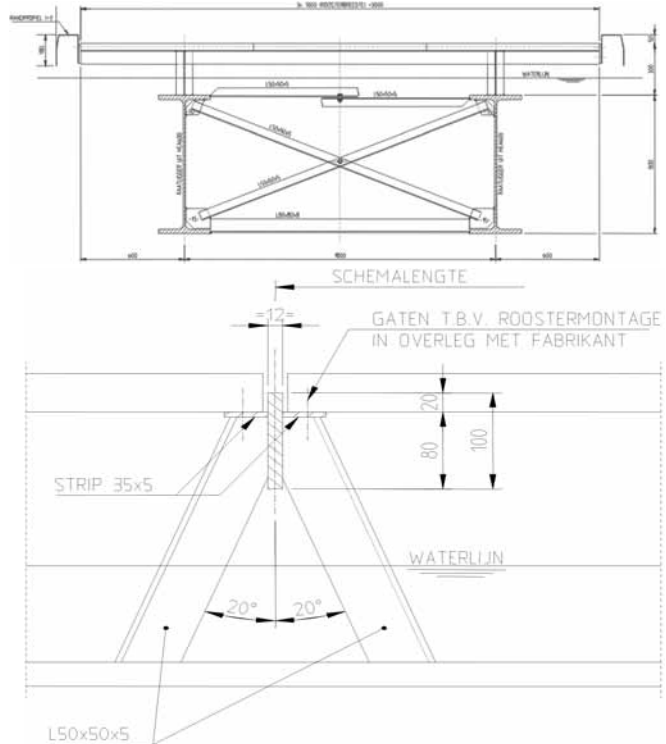
De steiger is geheel in de werkplaats gemaakt en bestaat uit 3 delen, twee overspanningen van 15 en 30 meter,



*Draagconstructie onder het ijs.*



*Aanzicht schaatsklep*



en een bordes van vijf bij zes meter in het midden. Op de bouwplaats zijn de delen geïnstalleerd met een kraan vanaf de landzijde. De montage trok veel belangstelling van buurtbewoners en andere geïnteresseerden. De gemeente heeft voor brood en snert gezorgd. Om de montage te bespoedigen is het waterpeil tijdelijk verlaagd zodat de oplegpunten zichtbaar waren. Door de dookconstructie als centreerpen te gebruiken is de steiger zonder problemen geplaatst. Nadat de delen zijn samengebouwd tot één geheel, is het loopvlak geïnstalleerd. Binnen een maand na de oplevering vroom het en was het ijs dik genoeg om op te schaatsen. De kleppen konden open en de buurt heeft op de gehele vijver geschaatst.



*Geopende schaatsklep*

# VIER DRAAIBRUGGEN IN BUENOS AIRES

ir. A. Lanser

## Een Zuid-Amerikaans avontuur

In mei 2000 is het eerste telefonische contact gelegd met IECSA SA. IECSA is een civiele aannemer die al vier jaar bezig was de opdracht te verkrijgen voor het ontwerp en de bouw van vier draaibruggen. Vanwege de bij Iv-Infra aanwezige kennis van beweegbare bruggen is het contact ontstaan. In augustus 2000 is het contract tussen IECSA en Iv-Infra getekend. Een jaar later zijn de bruggen in gebruik genomen. Hier volgt in vogelvlucht: het land, de stad en het project.

## Het land Argentinië

De republiek Argentinië is een land met een oppervlakte van 2,8 miljoen vierkante kilometers (81x Nederland). Het land grenst aan Chili, Bolivia, Paraguay, Brazilië en Uruguay. Het aantal inwoners is 36 miljoen, waarvan er 11 miljoen in Buenos Aires wonen. Het klimaat is gematigd tot droog, in het noorden subtropisch en in het uiterste zuiden antarctisch. In het noorden zijn dus regenwouden met indianenstammen en in het zuiden ijsbergen met pinguïns. Spaans is de officiële taal. De historische en culturele banden met Spanje zijn overal zichtbaar. De eerste indruk bij aankomst in Argentinië doet denken aan het gebied Catalonië in Spanje. Kort daarna wordt echter de invloed van de Zuid-Amerikaanse cultuur duidelijk zichtbaar. Het aantrekkelijke van Argentinië is dat er een mix is van het "correcte" West-Europa en het "levendige" Zuid-Amerika.

## De stad Buenos Aires

Het klimaat in Buenos Aires is aangenaam, met veel dagen zon en in de zomer extreme hitte. De inwoners van Buenos Aires, Portenos genoemd vanwege hun multinationale achtergrond, zijn van origine afkomstig uit Italië, Spanje, Duitsland, Ierland en andere Europese landen. De stad en de inwoners doen denken aan Barcelona. Tot het jaar 2001 was de Argentijnse peso gekoppeld aan de dollar. Hierdoor was Argentinië, maar in het bijzonder de stad Buenos Aires, een dure plaats om te verblijven. Inmiddels is als gevolg van de economische crisis de peso losgekoppeld van de dollar en is het voor buitenlanders een stuk voordeliger geworden. Buenos Aires is het commerciële centrum van Argentinië. Veel internationaal opererende bedrijven hebben er een vestiging. Het aantal Nederlandse bedrijven is echter beperkt. Dit vanwege het slechte imago dat het land heeft met betrekking tot het betalingsgedrag.

Buenos Aires is een wereldstad waar alles draait om werken, eten (zeer gevarieerd, maar vooral grote steaks) en tango (schitterende ervaring).

## Het project

In het hart van Buenos Aires ligt de wijk Puerto Madero. Hier bevinden zich de oude havens van de stad. De oude havens worden gerenoveerd en omgebouwd tot een uitgaanscentrum. Om de bereikbaarheid van het gebied te verbeteren, moeten vier bestaande draaibruggen vervangen worden door nieuwe bruggen.

In Argentinië zijn maar weinig stalen bruggen. De meeste zijn meer dan honderd jaar oud en door de Engelsen gebouwd. Voor het ontwerpen en bouwen van stalen bruggen is dus weinig kennis beschikbaar. De Argentijnse civiele aannemer IECSA was al vier jaar bezig met het verwerven van de opdracht. Vanwege het ontbreken van specifieke kennis in het eigen bedrijf waren zij ook al geruime tijd op zoek naar een ingenieursbureau. Via via zijn ze bij Iv-Infra terechtgekomen.

Het project is meer dan alleen het maken van een ontwerp. Het begeleiden van de aannemer tijdens de bouw en het instrueren van het personeel ten aanzien van de bediening vormde een belangrijk onderdeel van de opdracht. Na het opsturen van enige voorstellen en een richtprijs voor onze werkzaamheden zijn wij uitgenodigd om kennis te komen maken en het project door te spreken.

## Eerste kennismaking

Na een reis van 20 uur aankomen in een onbekend land blijft avontuurlijk, zeker als de missie is daar een zeer speciaal project te gaan boeken. Wij zijn op correcte en plezierige wijze opgehaald en ontvangen. Gedurende vier dagen hebben wij uitgebreid kennis gemaakt, hetgeen in deze zuidelijke landen veel meer tijd vraagt dan in het koele westen. Het project is doorgesproken en we hebben gesprekken gevoerd met mogelijke leveranciers van de staalconstructies en het bewegingswerk. Tegelijkertijd hebben we een stukje van Argentinië en Buenos Aires leren kennen.

## Contract

Het tweede bezoek had ten doel om het contract, dat via e-mailverkeer herhaaldelijk heen en weer was gegaan, te ondertekenen. Ook wilden we meteen de kick-off meeting houden. Daar aangekomen bleek dat een groot aantal technische en organisatorische zaken nog moesten worden uitgezocht, zoals het transport en de

- Fig. 1 De oude niet-meer-beweegbare brug
- Fig. 2 Vervanging van de bruggen was geen overbodige luxe
- Fig. 3 Situatie
- Fig. 4 Samenstelling van dekplaat, bulbs, dwarsdragers en hoofdliggers
- Fig. 4a Oplegpunten en locatie van aandrijfcilinders op brug
- Fig. 4b Zijaanzicht tijdens gekantelde situatie
- Fig. 5 Hoofdraaipunt
- Fig. 5a Opzetinrichting
- Fig. 6 Aanvoer van de brug met bak
- Fig. 7 Montagemethode 1: Drijvende bak
- Fig. 8 Montagemethode 2: Met gantry
- Fig. 9 Montagemethode 3: Platformwagens
- Fig. 10 Eindsituatie geschikt voor wegverkeer
- Fig. 11 Eindsituatie geschikt voor scheepsverkeer
- Fig. 12 Eindsituatie wegdek
- Fig. 13 Eindsituatie brug in gekantelde situatie



installatie van de bruggen. Kranen en platformwagens zijn namelijk schaars in Argentinië. Ook het maken van commerciële afspraken is moeilijk. Prijs en levertijden zijn geen vaste parameters. Een ander probleem was de invoer van de juiste kwaliteit van het materiaal. In Argentinië is er een verbod op het invoeren van staal vanuit Brazilië, het land dat de juiste staalsoort voorhanden heeft. Om dit probleem te omzeilen is het staal in Rio de Janeiro gekocht en per schip via de zuidpunt van Argentinië naar Chili gevaren. Vervolgens is het staal per vrachtwagen naar Argentinië getransporteerd. De gedachte hierachter was bovendien dat een groot staalconstructiebedrijf in Mendoza, gelegen op de grens tussen Argentinië en Chili, de bruggen zou vervaardigen. Toen het staal eenmaal bij het bedrijf was aangekomen dacht deze hier een slaatje uit te slaan en verhoogde zijn prijs met 100%. Het staal is dus weer opgehaald en naar Buenos Aires gebracht, na een omweg van 10,000 km. Aan het einde van ons tweede bezoek is het contract, onder aanwezigheid van een notaris, ondertekend. Om het contract en de samenwerking te bezegelen zijn we 's avonds bij de directeur van IECSA thuis uitgenodigd voor een diner. Het leggen en onderhouden van deze persoonlijke contacten is in een land als Argentinië essentieel voor het slagen van een project.

### Constructie

De bruggen hebben ieder een lengte van 41,2 meter en een gewicht van 300 ton. Ze zijn asymmetrisch uitgevoerd. Er zijn 4 rijstroken voor het autoverkeer en 2 fiets-voetpaden. De breedte is 17 meter.

Het budget was niet toereikend om nieuwe funderingen te maken. Daarom is gebruik gemaakt van de bestaande funderingen. Dit ondanks het feit dat de bruggen 40% breder zijn. Door toepassing van moderne rekenmethoden is dit mogelijk gebleken. De brugconstructie bestaat uit twee hoofdliggers met een orthotroop dek en uitkragende dwarsdraggers onder de fiets-/voetpaden. Het dek is verstijfd met bulbprofielen, hiervoor is gekozen omdat het samenstellen van de bruggen dan een stuk eenvoudiger is. Tussen de hoofdliggers is het ballastblok opgenomen dat het contragewicht vormt voor de brug. De bruggen zijn van staal SAR-55 gemaakt. Dit komt overeen met S355J2G3.

De berekening van de bruggen is uitgevoerd volgens de Nederlandse norm. De enige Argentijnse norm die is gebruikt, is de "Bases para el calculo de puentes de

hormigon armado" (Grondslagen voor de berekening van bruggen van gewapend beton). Deze norm is gebruikt voor het opstellen van de belastingen. Uit een vergelijking tussen de Argentijnse en Nederlandse belastingen blijkt dat de Argentijnse belastingen 16% hoger zijn dan de Nederlandse.

### Bewegingswerk

De bruggen draaien om het lager in het centrale oplegpunt. Om de bruggen te bewegen is het noodzakelijk ze eerst "vrij te maken" door de opzetinrichting onder het ballastblok weg te rollen, waardoor de korte overspanning iets naar beneden zakt en de hoofdoverspanning opwipt. De brug is zo uitgebalanceerd dat ze altijd achterover kantelt. De korte overspanning komt dan met loopwielen op de rails te staan. Met twee cilinders ter plaatse van het centrale oplegpunt wordt de brug geopend voor de scheepvaart.

Het bewegingswerk is volledig hydraulisch. Zowel de opzetinrichting als de aandrijving is uitgevoerd met hydraulische cilinders. Het ontwerp en de berekening van het hydraulisch systeem en de gebruikershandleiding behoren tot de opdracht.

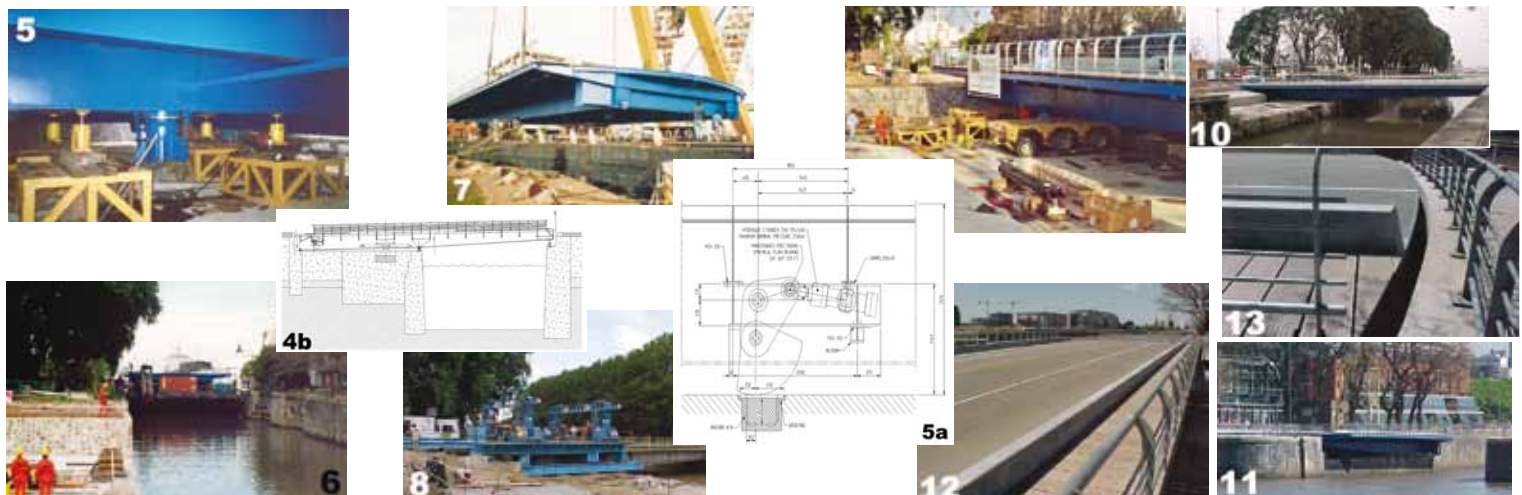
### Fabricage en montage

De eerste brug is gebouwd op een scheepswerf net buiten het centrum van de stad. Na assemblage en conservering is de brug door een bok op een ponton geplaatst en op locatie met een drijvende bok in de uiteindelijke positie gebracht. De andere bruggen konden door omstandigheden niet meer door dit bedrijf worden gebouwd. Uiteindelijk zijn de vier identieke bruggen door drie bedrijven gebouwd en zijn er drie verschillende montagethoden toegepast, namelijk:

- met een drijvende bok
- met platformwagens
- met een portaalkraan.

### De afloop

Het was voor Iv-Infra technisch, organisatorisch en financieel een uitdaging om het ontwerp, de aanbesteding en de begeleiding tijdens de bouw te verzorgen. De bezorgdheid die aanwezig was omtrent de betalingen van onze Argentijnse opdrachtgever is achteraf gezien niet terecht geweest. Mede vanwege het feit dat wij commercieel gezien de afspraken contractueel eenvoudig en eenduidig hebben vastgelegd is het project perfect verlopen. Alle bruggen zijn nu in bedrijf en functioneren tot volle tevredenheid van de opdrachtgever.



## BRUG RIVIUM IN CAPELLE AAN DE IJSSEL

ir. H.J. Vos

Aan de oostzijde van de Van Brienoord brug ligt de Abram van Rijckervoorselweg van Rotterdam naar Capelle aan de IJssel. Deze weg leidt door het bedrijvenpark Rivium en deelt dit gebied in tweeën.

Het zuidelijke deel is inmiddels al aardig volgebouwd met kantoren. De metro die vanuit het centrum van Rotterdam naar Capelle aan de IJssel rijdt, loopt langs de noordrand van het gebied. Om het zuidelijke deel met zijn vele kantoren te bereiken moet er een mogelijkheid van openbaar vervoer komen vanaf het metrostation Kralingse Zoom. De gemeente Capelle aan de IJssel wilde een brug bouwen over de Van Rijckervoorselweg. Het ongebruikelijke van deze brug is het soort vervoermiddel dat over de brug gaat rijden: een onbemand voertuig. Onbemand wat betreft de bestuurder. Er kunnen echter wel passagiers mee. Onbestuurd is de Parkshuttle echter niet: een systeem van elektronica in de bus in combinatie met een aantal transponders in de weg gaat er voor zorgen dat de bus niet van de juiste koers afwijkt. Het project heeft een experimenteel karakter: nog niet eerder is een dergelijk voertuig ingezet voor openbaar vervoer. Als het geen succes blijkt te zijn dan wordt de brug opengesteld voor fietsers en voetgangers. Als het wel een succes wordt, moet rekening worden gehouden met fiets- en voetpaden die in een later stadium aan weerszijden van de brug komen. Door dit nieuwe systeem van openbaar vervoer zal de verbinding metrostation Kralingse Zoom-Rivium Zuid zeker opvallen. De brug moet voor degene die vanuit Rotterdam de gemeente Capelle aan de IJssel binnen-rijden een herkenningspunt, een "Landmark", worden en tevens de voortvarendheid van de gemeente uitstralen.

Op basis van deze randvoorwaarden heeft Iv-Infra een ontwerp gemaakt. Het ontwerp, een brugdek dat is opgehangen aan tuien die in de top van een A-vormige pyloon zijn bevestigd, voldoet aan de gestelde randvoorwaarden. Omdat de brug en de Van Rijckervoorselweg elkaar niet haaks kruisen staat de pyloon enigszins gedraaid over het brugdek, met de voeten tussen de vangrails in de middenberm van de weg. In aanvulling op het ontwerp is ook het bestek aan de gemeente geleverd. Daarna is het stil geworden. De financiële problemen bij de gemeente hebben een verlamme uitwerking op de voortgang van het project. Driekwart jaar later is Iv-Infra opnieuw uitgenodigd voor een gesprek. Het blijkt dat de grond aan beide zijden van de aarden baan, waarop de toeritten moeten komen, inmiddels is uitgegeven aan bedrijven die zich daar gaan vestigen. Hierdoor moeten er aanbruggen komen die uiteraard veel minder ruimte vergen dan een aarden baan met brede taluds. Het indienen van het aangepaste ontwerp valt samen met de gesprekken tussen Capelle aan de IJssel en Rotterdam. Uit deze onderhandelingen blijkt dat Rotterdam in het gebied van Rivium Noord een weg heeft gepland die onder de aanbrug doorgaat. Daarom moeten de aanbruggen omhoog en de tuibrug natuurlijk ook.



Omdat de hellingen van de aanbruggen niet steiler mogen worden, anders kan de Parkshuttle er niet meer tegenop, worden de aanbruggen langer. Ook hierop is het ontwerp aangepast.

De Parkshuttle wordt geëxploiteerd door de vervoersonderneming Zuid West Nederland (ZWN) en om de voortgang van het project te bespoedigen treedt zij tevens op als bouwheer. De aannemer van de brug is HBG voor de funderingen en het betonnen wegdek, terwijl HBG Civiel Staal de stalen hoofdliggers en de pyloon heeft vervaardigd en gemonteerd. De toeleidende wegen en het grondwerk zijn door HWZ gerealiseerd. Inmiddels is de brug gemonteerd. Ook tijdens de bouw zijn door Iv-Infra de nodige werkzaamheden verricht. De werkplaatstekeningen en de dimensionering van de wapening van het betonnen dek zijn in opdracht van HBG gemaakt. Het ontwerp van de landhoofden en de betonnen aanbruggen was in een eerder stadium al door de betonafdeling van gemaakt alsmede alle vorm- en wapeningstekeningen. De bouw is voorspoedig verlopen. Na ingebruikname zijn alle tuikrachten gecontroleerd, waarna nog enige correcties volgden. Het gewicht van de brug wordt gelijkmatig over de tuien verdeeld. Na officiële ingebruikname van het hele Parkshuttle project door de minister van Verkeer en Waterstaat heeft Rotterdam, Capelle aan de IJssel en de vervoersonderneming ZWN er een hoogwaardige openbaar vervoersysteem bij gekregen.



## BERICHTEN

### Rectificatie bericht brug van aluminium in Amsterdam

De nieuwe Uiverbrug in Amsterdam Zuid is geen ophaalbrug maar een klapbrug. Een klapbrug is een niet uitgebalanceerde basculebrug. De brug wordt omhooggeduwd door hydraulisch aangedreven plunjers. In dit nummer treft u een artikel aan, waarin deze brug uitvoeriger staat beschreven.

H.K.

### De Hanumanbrug tussen India en Sri-Lanka

In de Ramayana, een hindoe mythisch verhaal uit het verre verleden, is sprake van een brug, die gebouwd werd door het apenvolk onder leiding van de apenkoning Hanuman. Dit volk bestaat uit wezens, die half mens half aap zijn. Over deze brug zou prins Rama van Ayodhia zijn door de demonenkoning Ravana ontvoerde gemalin Sita moeten hebben opgehaald van het eiland Lanka.

Toen Rama met het leger van zijn volgeling Hanuman bij het Zuidelijkste punt van India kwam, waar de zee de twee landen scheidt - de Palkstraat - wierpen ze keien in het water, waarover ze de kust van Lanka konden bereiken. Over deze keienbrug werd Sita weer naar India teruggehaald.

Tot voor kort had men geen resten van een overbrugging gevonden. De National Aeronautics and Space Administration, de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA, heeft onlangs op satellietfoto's ontdekt dat er een eeuwenoude verbinding tussen India en Sri-Lanka moet hebben bestaan. Op de foto is namelijk een lijn te zien, die bestaat uit een dertig kilometer lange ketting van keien. Door de constructie en compositie van de keien is de NASA ervan overtuigd dat deze overbrugging door mensen is gemaakt. De ruimtevaartorganisatie achtte het waarschijnlijk dat de brug stamt uit de Indiase oudheid van meer dan een miljoen jaar geleden. Het is een cruciaal aspect voor de overlevering van het hindoe geschrift de Ramayana.

H.K.

### Nadere toelichting op het artikel over Normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen

Naar aanleiding van het artikel in het decembernummer van 2002 (jaar/gang 10 nr. 4) van B.H. Coelman en J. Montijn over dit onderwerp werd de vraag gesteld in hoeverre de Ma/chinerichtlijn van toepassing is voor (groot) onderhoud. De heer Montijn schreef hierop het volgende antwoord:

Het antwoord moet gesplitst worden voor bruggen die vóór 1 januari 1995 zijn geleverd en bruggen die na die datum zijn geleverd. 1 januari 1995 is de definitieve ingangsdatum van de Machinerichtlijn, na een overgangperiode van enkele jaren. Bruggen van vóór 1 januari 1995 behoeven niet CE-gemarkeerd te zijn en vallen onder de Arbeidsmiddelenrichtlijn. Het is daardoor de plicht van de werkgever erop toe te zien dat een veilig gebruik van de brug mogelijk is. Overigens vallen de bruggen van na 1 januari 1995 ook onder de Arbeidsmiddelenrichtlijn, maar dan wordt verondersteld dat die brug een CE-markering heeft. Oftewel, de werkgever mag na 1 januari 1995 geen bruggen aanschaffen zonder CE-markering. Voor bruggen van vóór 1 januari 1995 ligt de verantwoordelijkheid voor de veiligheid in principe bij de werkgever. Voor nieuwere bruggen mag de werkgever er van uitgaan dat hij met een CE-markering een veilige brug koopt en ligt de verantwoordelijkheid voor veiligheid bij de fabrikant. (N.B. de fabrikant kan ook diezelfde werkgever zijn, zeker in het geval van Rijkswaterstaat)

Bij revisie van bruggen geldt het volgende. Een zogenaamde '1 op 1' revisie, waarbij oude onderdelen voor identieke of gelijkwaardige nieuwe onderdelen worden uitgewisseld, leidt niet tot een gewijzigde veiligheidssituatie en er behoeft niets te gebeuren. Als er echter wijzigingen worden aangebracht die invloed hebben op het veilig gebruik van de brug moet een risicoanalyse worden gemaakt conform de arbeidsmiddelenrichtlijn (voor bruggen van vóór 1 januari 1995) of de wijzigingen moeten meteen voldoen aan de machinerichtlijn. Er behoeft voor 'oude' bruggen geen CE-markering te worden afgegeven voor de gehele brug.

Van bruggen van na 1 januari 1995 wordt verondersteld dat deze aan de Machinerichtlijn voldoen, dus daarvoor geldt dat wijzigingen die invloed hebben op een veilig gebruik altijd moeten worden getoetst aan de Machinerichtlijn. Dat wil zeggen dat een risicobeoordeling moet worden gemaakt specifiek gericht op de wijziging en de CE-markering hernieuwd moet worden aangebracht.

De hoeveelheid werk voor de eigenaar van de brug hangt dus af van de aard van de wijzigingen. Ook hier geldt weer dat het in eerste aanleg de verantwoordelijkheid van degene die de wijzigingen aanbrengt of er wezenlijke invloed is op de veiligheid. Een wijziging in het vermogen van een electromotor of een uitwisseling van een PLC voor een ander type leidt bijvoorbeeld altijd tot een risicobeoordeling. Afhankelijk van de uitkomst van die beoordeling moeten aanvullende veiligheidsmaatregelen worden getroffen. Doel van de exercitie is altijd dat wordt vastgesteld dat de brug met de beoogde wijzigingen niet onveilig wordt.

Voor een 'oude' brug leidt deze risicobeoordeling echter niet automatisch tot CE-markering, omdat niet de complete brug beoordeeld wordt. Bij zeer grote wijzigingen aan bestaande bruggen is het echter niet ondenkbeeldig dat er feitelijk sprake is van een 'nieuwe' brug en het logisch is dat er een CE-verklaring van overeenstemming wordt afgegeven voor de gehele brug. Denk hierbij aan vervanging van de bestaande besturing en bediening door een nieuw geautomatiseerd en op afstand bestuurd systeem. Dan blijft de brug als staalconstructie weliswaar hetzelfde, maar het systeem is dusdanig gewijzigd dat er eigenlijk sprake is van een nieuwe brug, die dan weer van CE-markering moet worden voorzien.

Let op dat onder het begrip brug het totale systeem wordt verstaan dus inclusief alle veiligheidsmaatregelen, zoals afsluitbomen, verkeersseinen, maar ook elektrische installatie, enz. Dit benadruk ik omdat de neiging vaak bestaat om zich te concentreren op de mechanische gevaren van bijvoorbeeld alleen val en bewegingswerk. De besturing heeft echter een wellicht grotere invloed op de veiligheid.

J. Montijn.

### Bruggen als marketing object

Bij de uitreiking van de Staalprijs aan de bij het ontwerp en de bouw van de Ennaeus Heermabrug in Amsterdam betrokken personen werden kritische opmerkingen gemaakt over de zeer geringe waterdiepte waarover deze immense brug was gebouwd. Het juryrapport beschouwt deze brug dan ook als een 'landmark' en niet zozeer een infrastructurele noodzakelijkheid. Ook de Erasmusbrug is ondanks de hoge kosten een goede investering voor Rotterdam geweest. En Utrecht blijft met de bouw van de Prins Clausbrug niet achter. Hogere kosten om een markanter resultaat te verkrijgen zijn dus blijikbaar te verdedigen.

Toch blijkt het belang van vormgeving bij stedelijke overheden meer te spelen dan bij de landelijke overheid. De Rijkswaterstaat werkt - met het oog op zo laag mogelijke exploitatiekosten - met onderhoudsscenario's voor veel voorkomende constructie-elementen. Mede op basis daarvan wordt de voorkeur voor een materiaalkeuze bepaald. Daardoor wint het staalbeton terrein. Ook het hout wint terrein, niet alleen voor voet en fietsbruggen. In Scandinavië zijn ook bruggen voor zwaardere belastingen in hout uitgevoerd, die in de praktijk weinig onderhoud blijken te behoeven. Ook kunststof en aluminium worden in toenemende mate toegepast omdat die lagere onderhoudskosten vergen.

Toch blijft het staal voor een vormgever een zeer gewild materiaal, omdat er elke vorm mee te maken is en staal is vrijwel onbepaald verkrijgbaar. Mooie voorbeelden zijn de aan stalen portalen opgehangen betonnen spoorbrug bij Terneuzen en de stalen Grote Puntbrug in Vroomshoop.

H.K.

### Meer aandacht voor kleuren op kunstwerken

Bij het ontwerpen van 'kunstwerken' door Rijkswaterstaat staat de functionaliteit voorop. En dat blijft ook zo, zij het dat er de laatste tien jaar meer aandacht wordt geschonken aan de vormgeving en het kleurgebruik. Recente voorbeelden zijn de John Frostbrug over de Rijn in Arnhem en de Galecopperbrug in Utrecht. Een ander bekend voorbeeld is het aquaduct in de A4 bij Roelofarendsveen, dat

voor 1980 blauw-groen van kleur was. Nadat het blokkenpatroon is aangebracht is het aantal aanrijdingen afgenomen, omdat het aquaduct onder alle weersomstandigheden nu beter zichtbaar is.

Bij de brug over de Maas bij Grave heeft men met het kleurenschema van het bovenwindverband de overgang van Brabant - het rood van Brabants bont - naar Gelderland - het groen als uitkomst van de kleuren blauw en geel uit de Gelderse vlag - willen accentueren. De hoofdliggers vormen met hun zilveren kleur een ode aan het staal.

Meer over dit onderwerp kunt u vinden in het Bouwdienst Magazine van juni 2003.

H.K.



## BEGUNSTIGER

De gelegenheid bestaat om begunstiger van de Nederlandse Bruggen Stichting te worden. Dit houdt in dat men viermaal per jaar het door de NBS uitgegeven blad "BRUGGEN" zal ontvangen. Voorts zal de stichting bevorderen dat bij evenementen, die de Nederlandse bruggenbouw betreffen, begunstigers voordeel genieten. Dit geldt met name voor publicaties van de NBS. De begunstigersbijdrage is minimaal € 17,50 per jaar voor particulieren en € 70,- per jaar voor instellingen en bedrijven. Voor aanmelding is het voldoende om een bedrag te storten op de postbankrekening van de stichting (postrekening 58975) ten name van de penningmeester van de NBS te Delft. U kunt zich ook via de website aanmelden:

[www.bruggenstichting.nl](http://www.bruggenstichting.nl)



Links en boven: Grote Puntbrug in Vroomshoop.

Onder: Trogburg in Terneuzen.

