

BRUGGEN

maart 2008
jaargang 16

1



Onder andere in dit nummer:

- Sterk gekromde trogbrug voor de nieuwe Sloelijn
- Zelfverankerde hangbrug
- 19e eeuwse sierbruggen in België

NBS
NEDERLANDSE BRUGGEN STICHTING

Opgericht 10 april 1992

Bestuur:

ir. J. Binkhorst, ir. C.H. van Eldik,
 ing. C. Heiden, ir. A. Kingma,
 ir. G.J. Luijendijk, ir. F.J. Remery,
 prof.dr.ir. R.A.F. Smook,
 prof.ir. L.A.G. Wagemans

Raad van Advies:

Arcadis Infra b.v.
 Ballast-Nedam
 Bouwdienst Rijkswaterstaat
 Gemeente Amsterdam, Dienst I.V.V.
 Vereniging Samenwerkende Neder-
 landse Staalbouw SNS Intra
 Movares
 BAM Civiel
 ProRail
 Royal Haskoning
 Grontmij Nederland b.v.
“BRUGGEN”.

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt vier
 maal per jaar.

Abonnement € 20 per jaar

Gratis voor begunstigers van de Neder-
 landse 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. In-
 zendingen kunnen zonder opgaaf van
 redenen worden geweigerd.

Advertenties

Opgeven per e-mail naar redactie
info@bruggenstichting.nl

Redactie

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

Redactieadres

NBS p/a RWS. Wegendistrict Haaglan-
 den, Gebouw Leidschenpoort
 Postbus 24018, 2490AA, Den Haag
 Oude Middenweg 3, 2491AC, Den Haag.
 Tel: 070-3378525 e-mail: nbs@rws.nl

Hoofdredacteur

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

Website

<http://www.bruggenstichting.nl>

Grafische verzorging

C&C Design, Zegveld

Druk

ECO Drukkers, Nieuwkoop

Oplage

1000

ISSN 1571-4586

INHOUD

Van de Bestuurstafel	prof.dr.ir..R.A.F. Smook	3
Van de Redactie	ir. H.P. Klooster	3
Sterk gekromde trogbrug voor de nieuwe Sloelijn	ir. J.G.W. Zegers en ing. J.G.M. Schoenmakers	4
Zelfverankerende hangbrug	dr. Ing. A. Romeijn	12
19de eeuwse sierbruggen in België	dr.ir. I. Wouters, arch. en ir. M. de Bouw, arch.	18

Berichten

Drie maanden verkeershinder bij de sluisen in Terneuzen		25
Oorzaak instorting brug in Minneapolis over de Mississippi		25
China opent langste tuibrug ter wereld		25
Brug in Maleisië		25
Kicking Horse Canyon Bridge in Canada		25
Hollandse Brug over het Gooimeer bij Almere		25
Moderne brugontwerpen van Arcadis		26

Boeken

Het Leids Bruggenboek		27
De brug over de Rijn bij Rhenen		28

Foto voorpagina: Hangbrug kasteel ter Wallen na renovatie (foto Demeyere)



Hangbrug kasteel ter Wallen voor renovatie (foto Demeyere)

VAN DE BESTUURSTAFEL

prof.dr.ir. Rudger A.F. Smook

Het nieuwe jaar 2008 brengt veel veranderingen voor de NBS. De belangrijkste gebeurtenis is dat we binnenkort ons kantoor en secretariaat zullen gaan verplaatsen naar Utrecht. Na zoveel jaren in de omgeving van Zoetermeer / Den Haag heeft de NBS hier een sterke infrastructuur opgebouwd. Veel gepassioneerde bruggenmensen hebben jarenlang de Zoetermeerse en later Haagse ruimten van de Stichting bevolkt en daardoor de NBS groot gemaakt. Veel zijn daar ook tot een leeftijd gekomen dat waarop zij besloten hebben de fakkel aan andere bruggenmensen te willen overgeven.

Dat stelt de Stichting wel voor problemen. Wij willen graag verder gaan op het pad dat 'de ouderen' ons hebben gewezen, maar zullen daarbij in veel gevallen ons minder kunnen verzekeren van de inspirerende aanwezigheid van hen en ons kunnen verlaten op het belangrijke werk dat ze altijd voor de NBS hebben gedaan. Wij hopen dat als we straks verhuisd zijn naar Utrecht wij 'de ouderen' nog dikwijls zullen zien. Utrecht is uiteindelijk niet zo ver van Den Haag af en we kunnen in de aanloop van het wennen in Utrecht ook nog zorgen voor een gemakkelijke manier om de afstand te overbruggen.

Toch moeten we dus in Utrecht vooral rekenen op een inzet van de jongere garde binnen de Stichting. Zij moeten zich van meet af aan goed thuis gaan voelen in de fraaie nieuwe NBS ruimte in Utrecht naast van A12 met zicht op de Galecopperbrug (1970, 180 meter).

Wij hopen dat velen de weg zullen weten te vinden naar ons nieuwe onderkomen. Wanneer de verhuizing precies zal plaatsvinden is nog niet bekend omdat onze gastheer, de Bouwdienst zelf nog niet het gebouw in zijn geheel in gebruik heeft genomen. Wij nemen een heleboel kasten en boeken mee waarvoor nog een goede plaats in het gebouw gevonden moet worden.

Op 13 maart zullen wij echter wel de aanstaande verhuizing alvast feestelijk gaan vieren met de organisatie van een studiedag waarmee we tevens de NBS als het kenniscentrum voor bruggen en bruggenbouw willen positioneren. Dit soort activiteiten zal in de toekomst meer worden geëntameerd.

Het symposium handelt over 'onderhoud van infrastructuurvoorzieningen' waarbij concepten op het terrein van 'sustainability' en 'lifecycle design', die in andere werkvelden zijn ontwikkeld, worden toegepast op het realisatieproces van bruggen.

U bent hierbij van harte uitgenodigd het symposium op 13 maart om 13.00 uur, gebouw van de Bouwdienst RWS Westraven te Utrecht bij te wonen.

Ook voor de organisatie van dit soort bijeenkomsten hebben wij veel enthousiaste bruggen mensen in Utrecht nodig. Hierbij doen wij nogmaals een oproep aan alle - latente - bruggenfanatici ons in Utrecht te komen opzoeken.

Kijk vooral ook om u heen om te zien wie opzoek is naar een zinvolle tijdsbesteding in relatie tot bruggen na of naast hun werk en neem ze mee om ze bloot te stellen aan het bruggen virus dat veel van ons reeds jaren geleden heeft geïnfecteerd. Tot spoedig in Utrecht.

VAN DE REDACTIE

ir. H.P. Klooster

Het eerste nummer van jaar 2008 verschijnt zoals u ziet nog in de outfit van vorige jaren. De redactie overweegt een aanpassing daarvan, mede omdat het bestuur van plan is om in het kader van de verhuizing naar Utrecht en een daarmee gepaard gaande hergroepering van de activiteiten van de NBS weer een nieuwe folder voor de NBS te laten maken. De folder, de startpagina van de website en de omslag van ons blad zouden dan een op elkaar aangepaste verschijningsvorm moeten krijgen. Omdat de verhuizing vertraging heeft opgelopen en er nog overlegd wordt over de nieuwe organisatiestructuur van de NBS, zijn deze activiteiten voorlopig opgeschort. Deze onderwerpen zullen ongetwijfeld op de komende jaarvergadering van 9 april 2008 ter sprake komen.

In opdracht van ProRail hebben het adviesbureau Wagemaker in Rosmalen en het aannemingsbedrijf Van Hattum en Blankevoort een spectaculaire sterk gekromde brug gerealiseerd over de A58 en de Postweg bij Arnemuiden. Twee medewerkers van genoemd adviesbureau geven in hun artikel een duidelijk beeld van deze bijzondere constructie.

Hangbruggen komen in Nederland niet voor, van daar dat de bouw van de Nesciobrug over het Amsterdam-Rijnkanaal in Amsterdam veel aandacht kreeg in de media. Omdat deze brug alleen toegankelijk is voor voetgangers en fietsers en daardoor erg licht kon worden geconstrueerd, is er veel aandacht besteed aan de stijfheid van deze brug. In het artikel van A. Romeijn wordt ingegaan op de constructieve aspecten van dit soort hangbruggen.

Ook in België komen hangbruggen niet (meer) voor, maar er zijn een aantal kleine exemplaren in parken en kasteeltuinen bewaard gebleven en gelukkig zelfs gerestaureerd. De Belgische architecte Ina Wouters en haar collega de architect Michiel de Bouw geven een interessante beschrijving van de onlangs gerestaureerde hangbruggen in de parken bij een aantal landgoederen in België.

In de berichten wordt onder meer aandacht besteed aan de renovatie van de Hollandse Brug in de A6 bij Almere en een aantal opvallende ontwerpen van de architecte ir. Beate Vlaanderen van Arcadis, waar later ongetwijfeld op wordt teruggekomen. De redactie wenst u weer veel lees- en kijk plezier toe.

STERK GEKROMDE TROGBRUG VOOR DE NIEUWE SLOELIJN

ir. J.G.W. Zegers en ing. J.G.M. Schoenmakers, Adviesbureau Wagemaker in Rosmalen

Inleiding

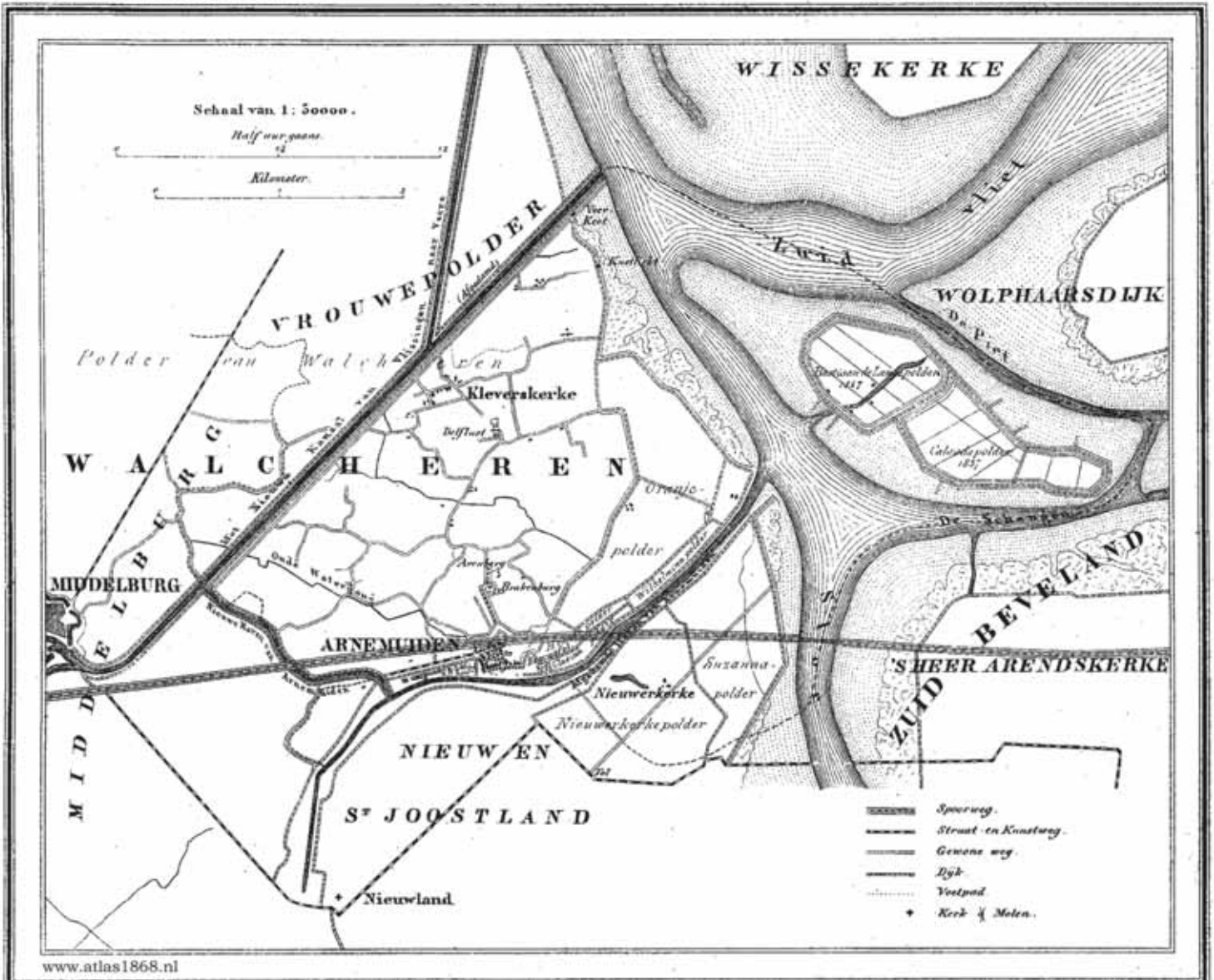
De Sloehaven in Zeeland is sedert vele jaren verbonden met het Nederlandse spoorwegnet via een enkelsporige lijn door de dorpen 's-Heerenhoek, Heinkenszand en 's-Heer Arendskerke. De lijn is niet geëlektrificeerd, zorgt voor veel geluidsoverlast en kent een groot aantal overwegen. Het aantal treinen per dag groeit de laatste jaren sterk. Daarom is besloten een nieuwe aansluiting te maken. De nieuwe Sloelijn takt af van de spoorlijn Roosendaal-Vlissingen, ook wel Zeeuwse lijn genoemd, en loopt langs de zeedijk van het voormalige eiland Walcheren naar de Sloehaven. De nieuwe Sloelijn is drie kilometer lang en telt drie spoorbruggen en een viaduct voor een lokale weg (afb. 1). De spoorbrug die gerealiseerd wordt over de A58 en de daarnaast gelegen Postweg, is een spectaculaire sterk gekromde trogbrug. Deze trogbrug is het onderwerp van dit artikel. Dit artikel beschrijft chronologisch het tot stand komen van deze trogbrug, waarbij een speciale rol was weggelegd voor Adviesbureau Wagemaker tijdens het ontwerp- en uitvoeringsproces. ProRail heeft het tracé laten ontwerpen en het Tracébesluit is vastgesteld en ondertekend in februari 2004. Nadat alle procedures van de tracéwet waren doorlopen is een "Design and Construct" aanbesteding gehouden conform de UAV-GC. Aannemerscombinatie VolkerWessels-Boskalis (VWB) was één van de vijf gegadigden. Van Hattum en Blankevoort (VHB), dochter van VolkerWessels, is in deze combinatie verantwoordelijk voor de kunstwerken en de penvoering. Adviesbureau Wagemaker heeft in opdracht van VHB de betonnen kunstwerken en damwandconstructies ontworpen en geparticipeerd in het ontwerpteam.



1. Het spoorwegnet in de provincie Zeeland met daarin aangegeven de werken voor de verbetering van de spoorontsluiting van de Sloehaven. Langs de 'Zeeuwse lijn' worden geluidschermen geplaatst, de 'Sloelijn' is een drie kilometer lang nieuw tracé en de havenspoorlijn wordt uitgebreid en geëlektrificeerd. (kaartje uit het tracébesluit).

2. Artist impressie van de trogbrug. Deze 3D-visualisatie is gemaakt ten behoeve van het overleg met de Welstandscommissie.





3. Historisch kaartje met de Zeeuwse lijn, de voormalige zeearm Sloe en het plaatsje Arnhemuiden.

Aanbestedingsfase

ProRail heeft de eisen vastgelegd in een vraagspecificatie. Samen met het Tracébesluit en een aantal tekeningen en sonderingen is dit het startpunt van het ontwerpproces. Verder heeft ProRail het gunningscriterium bepaald op de economisch meest voordelige aanbieding (de aanbiedingsom gecombineerd met de gekapitaliseerde onderhoudskosten). In dit project zijn de eventueel benodigde compensatie-inrichtingen (onderhoudsgevoelige dilataties in de spoorstaven) de onderscheidende onderhoudskosten. Daarnaast was er geen referentieontwerp en dus ook geen bouwvergunning.

Conform het Tracébesluit kruist de Sloelijn met een scherpe horizontale bochtstraal van 235 m de A58, waarbij de kruisingshoek verloopt van 19 tot 35 graden. De Sloelijn takt af van de Zeeuwse lijn die hier ter plaatse op een dijk ligt op ongeveer 6 m boven NAP. De A58 lag oorspronkelijk circa één meter lager dan de Zeeuwse Lijn. Om een ongelijkvloerse kruising mogelijk te maken moest de A58 verlaagd worden. De scherpe kruisingshoek leidt tot overspanningen van circa 50 meter.

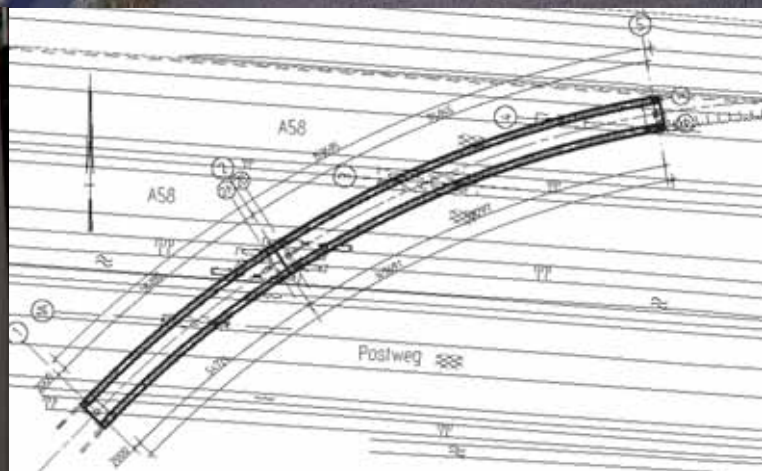
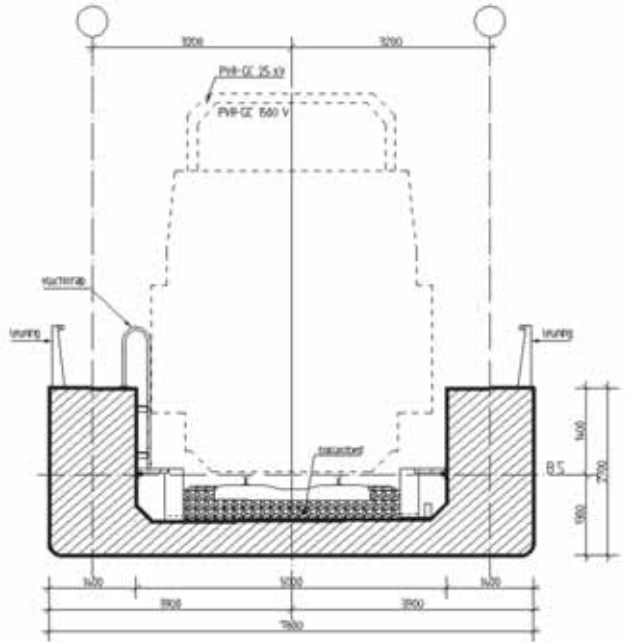
Onderhandelingsfase

Na de aanbesteding is in de onderhandelingsfase door ProRail met twee gegadigden gesproken over het ingediende ontwerp, onduidelijkheden, extra wensen en dergelijke. Deze fase eindigde met de gunning aan de combinatie VolkerWessels-Boskalis.

Alliantiefase

In de alliantiefase is het ontwerp nog iets aangepast omdat in deze fase de bouwvergunning bij de vier betrokken gemeentes is aangevraagd en verkregen. Met name het architectonische ontwerp van de pijlers is gewijzigd. De pijlers zijn voorzien van esthetische ribben die enige gelijkenis vertonen met lamellen van traditionele verwarmingsradiatoren. De Welstandscommissie heeft verder geoordeeld dat de stoere gekromde trog (2,70 m hoog) het niet nodig heeft om opgedirkt te worden met tierelantijnen (afb. 2). In deze fase is tevens aanvullend grondonderzoek verricht.

Tijdens de alliantiefase zijn de definitieve berekeningen gestart, opdat berekeningen en tekeningen tijdig beschikbaar zouden zijn voor de uitvoering.



linksboven: 8. Dwarsdoorsnede van de trogbrug met vluchttrap op de randbalk aan de binnenzijde van de boog.

rechtsboven: 5. De verlaagde A58 ligt weer op zijn oorspronkelijke plaats nadat de noordelijke brug is voltooid. De postweg is omgelegd achter het zuidelijke landhoofd, de zuidelijke brug wordt gestort.

linksonder: 6. Trein op de Zeeuwse lijn. In de middenberm van de A58 zijn de twee 'radiatorribben' te zien van de pijler op deze berm. Op de voorgrond de pijler op de berm tussen de A58 en de Postweg.

rechtsonder: 4. Bovenaanzicht van de 140 m lange trogbrug met daarin de stralingsmaten en de ondergrond.

Ontwerp van de brug

In het Tracébesluit is vastgelegd dat de Sloelijn zich ondergeschikt moet voegen in het Zeeuwse landschap. In de vraagspecificatie is dan ook vastgelegd dat pergolaconstructies en grote hooggelegen draagconstructies niet geaccepteerd worden. Kortom: het neigt naar een trogbrug.

Eén van de grote voordelen van trogbruggen is de geringe constructiehoogte. De constructiehoogte is het hoogteverschil van bovenkant spoor tot onderkant constructie; bij een spoor in ballast op een enkelsporige trog is die hoogte circa 1,25 m. Met de kleinst mogelijke constructiehoogte wordt de A58 zo weinig mogelijk verlaagd en daarmee wordt de lengte van de ontgraving het kleinst. Op deze wijze is het gelukt om de A58 net voldoende boven het hoogste grondwaterpeil te houden waardoor een 40 m brede tunnelbak niet nodig was. De verlaging van de A58 doorkruist ook de ringdijk om Walcheren, die ook hier nog altijd een primaire waterkering is! Middels een kanteldijk is de waterkering gesloten en zijn de eisen van het Waterschap Zeeuwse Eilanden vervuld. Op het historische kaartje wordt de aftakking van de Zeeuwse lijn rechts van het dorp Arnemuiden gesitueerd langs de zeedijk van het

eiland Walcheren (afb. 3).

Een ander groot voordeel van trogbruggen is de mogelijkheid om binnen zekere grenzen de locatie van de steunpunten vrij te kiezen. De steunpunten van deze trogbrug zijn ten opzichte van de gekromde lengte van de brug asymmetrisch.

Het uiteindelijke resultaat van de voorgaande fasen is oogstrelend. Het definitieve ontwerp is een horizontaal sterk gekromde statisch onbepaalde trogbrug met een totale lengte van 140 m. De horizontale boogstraal is slechts 235 m en daarmee is de brug uniek in Nederland. De brug is ontworpen voor goederentreinen met een ontwerpsnelheid van 40 km per uur (afb. 4).

Een aantal projectspecifieke zaken wordt hierna beschreven.



7. De trogbrug gezien vanaf het noordelijke landhoofd, waarbij de sterke kromming goed zichtbaar is.

Ontwerpkeuze voor de dilatatie en de plaats van de rempijlers

Nadat de keuze voor een trogbrug definitief was gemaakt, zijn verschillende alternatieven onderzocht voor dilataties en rempijlers. Dit in nauwe samenwerking met de wegenbouwers die het ontwerp van de verlaging van de A58 en de tijdelijke omlegging verzorgden en de ontwerpers van de aardebaan. De laatsten wilden graag werk met werk maken. De grond van de in de jaren zestig van de 20e eeuw aangelegde aardebaan van de A58 is uitstekend geschikt voor de aanleg van de nieuwe aardebaan voor het tracé van de Sloelijn (afb. 5).

Het verkeer op de A58 en de Postweg moet vrijwel altijd door kunnen gaan en om economische redenen is het onmogelijk om onder de in aanbouw zijnde trogbrug door te rijden. Verder is het vanwege de uitvoeringstechniek, de lengte van de voorspankabels en de aanwezigheid van langgelaste spoorstaven zeer wenselijk om een dilatatie in de brug aan te brengen. De plaats van de dilatatie is gekozen in de berm tussen de Postweg en de A58. De brug is in twee fasen gebouwd; eerst de noordelijke trog over de A58 en vervolgens de zuidelijke trog over de Postweg.

Bij het ontwerpen en beoordelen van de alternatieven zijn de belangrijkste 'wetten van het spoor' steeds nauwgezet gevolgd. Deze 'wetten' zijn:

1. gij zult de beëindiging van een kunstwerk haaks op het spoor maken;

2. gij zult ernaar streven om onderhoudsgevoelige compensatie-inrichtingen (dilataties in de spoorstaven) indien mogelijk te vermijden;
3. gij zult de kunstwerken in de richting van het spoor zeer stijf fixeren.

De eerste wet leidt ertoe dat bij zeer scherpe kruisingshoeken de overspanningen van de kunstwerken groter worden. De tweede wet leidt bij een spoor in ballast tot een maximale dilaterende lengte van ca. 65 m. De dilaterende lengte is de afstand van het fixatiepunt van het brugdek (rempijler) tot het vrije einde. De derde wet leidt tot zeer robuuste rempijlers. De rempijler van de noordelijke trog in de middenberm van de A58 is een drie meter dikke massieve schijf. Deze pijler is echter vanwege zijn grote kruisingshoek met de trogbrug niet geschikt om een dilatatie van de trogbrug te herbergen. Uiteindelijk is ervoor gekozen om de dilatatie te situeren ter plaatse van het steunpunt op de rempijler van de zuidelijke trog, in de tussenberm van de A58 en de Postweg. Deze pijler heeft in verband met deze dilatatie van de trog zeer forse afmetingen. Deze pijler is hol (doosconstructie) en is zo groot dat er bijna een eengezinswoning in zou passen. De aansluitende ribben, die een esthetische functie hebben, geven het geheel een robuust uiterlijk (afb. 6).



9. Situatie eind 2007, het betonwerk van de noordelijke brug is gereed, het ballastbed kan aangebracht worden, de opstorten op de buitenste randbalk zijn voor de later te plaatsen bovenleidingmasten.

Langskrachtenberekening

Voor het bepalen van de afdracht van de krachten in langsricting van het kunstwerk is door Wagemaker een langskrachtenrekenmodel opgesteld. Deze krachten bestaan in hoofdzaak uit de rem- en aanzetkrachten van de treinen en de temperatuurbelasting. De standaardrekenmethode volgens de Ontwerpvoorschriften van de Spoorwegen is niet toereikend voor deze sterk gekromde brug (afb. 7). Door de kromming ontstaan er radiale belastingen op de onderbouw. Om de invloed van de horizontale kromming van de trog in rekening te brengen is een ruimtelijk langskrachtenmodel (3D-raamwerkmodel) opgesteld. Op basis van dit mechanisch model zijn de krachten en de verplaatsingen bepaald en daarmee kon worden aangetoond dat alle eisen van ProRail vervuld zijn.

Trogdoorsnede

De in het werk voorgespannen trogbrug is uitgevoerd in beton van klasse C35/45. De vloerdikte bedraagt tenminste 0,55 m, de randbalken zijn 1,40 m breed en 2,70 m hoog (afb. 8). Dit betekent dat de trog circa 10 m³ beton per strekkende meter bevat. Tezamen met het ballastbed is de betonnen trog ongeveer drie keer zo zwaar als de mobiele treinbelasting. Het schouwpad is gelegen op de randbalk aan de binnenbocht.

De bovenleidingmasten staan op de randbalk aan de buitenbocht (afb. 9).

De brug is afgewerkt met een esthetische fraaie leuning van roestvaststaal waarbij de panelen tussen de balusters bestaan uit strekmetaal (afb. 10).

De trog is ontworpen voor zowel 1500 V gelijkspanning als 25 kV wisselspanning zodat in de toekomst zonder hak en breekwerk de tractiespanning gewijzigd kan worden. Hiermee is bij het ontwerp van de benodigde zwerfstroomvoorzieningen rekening gehouden.

Krachtenverdeling in de constructie

De trogbrug is gemodelleerd in een 3D-volumemodel in het eindige elementenprogramma Ansys. Hiermee zijn de wring- en dwarskrachten in de brugconstructie berekend. De resulterende spanningen uit dit model zijn uitgewerkt naar de benodigde hoeveelheid voorspanning en aanvullende wapening. Gezien de asymmetrische plaatsing van de pijlers heeft dit geleid tot een asymmetrisch voorspanverloop voor de binnen- en buitenbalk (afb. 11). Een aantal specificaties van de voorspanning in langsricting:

Noordelijke trog: 12 + 9 kabels à 3350 kN/kabel. Dit levert 70.000 kN/trog op t=0

Zuidelijke trog: 2 x 8 kabels à 3350 kN/kabel. Dit levert 53.500 kN/trog op t=0



10. Een fraaie roestvaststalen leuning langs het schouwpad.

Ter plaatse van de eindsteunpunten (de landhoofden) en de dilatatie ter plaatse van het steunpunt in de berm tussen de A58 en de Postweg is de brug ook in dwarsrichting voorgespannen (afb. 12).

Fundering

Eind 19e eeuw is de spoorlijn Roosendaal-Vlissingen aangelegd. De stroomgeul tussen Zuid-Beveland en Walcheren is afgedamd door de spoordijk. De afgedamde Sloe slibde dicht met zeer fijn slib nabij de spoordijk. En net op deze plaats is de trogbrug voor de Sloelijn aangelegd. Vooral het slappe lagenpakket heeft een aanzienlijke invloed op het ontwerp van de aardebaan en de funderingspalen. Zetting zorgt namelijk voor een aanzienlijke additionele belasting op de paalfundering, dit resulteert in relatief grote veldmomenten (methode de Leeuw) en negatieve kleeft.

Tijdens de uitvoering van de trog, wanneer de bekisting met 10 kubieke meter beton per strekkende meter brug belast wordt, bleek er een aardig fenomeen. De bekisting van de noordelijke trog die gebouwd is op de locatie waar gedurende 40 jaar het zandlichaam van de A58 de ondergrond heeft voorbelast, kon op staal gefundeerd worden. De bekisting van de zuidelijke trog die gebouwd is op de plaats waar nog nooit significante zandophogingen hebben plaatsgevonden,

moest gefundeerd worden op 23,5 meter lange hulp-palen (stalen buispalen).

Niet Gesprongen Explosieven (NGE)

Tijdens de voorbereiding voor de bouw van de noordelijke trog is een aantal zware explosieven gevonden in het bouwterrein (afb.13). De werkzaamheden aan de brug werden stilgelegd. In opdracht van ProRail is een groot onderzoek naar explosieven gedaan om er zeker van te zijn dat er geen explosieven meer aanwezig zouden zijn. Tijdens het onderzoek zijn de reizigers op de Zeeuwse lijn en de omgelegde A58 beschermd met een muur van zeecontainers. Er werd een groot aantal explosieven gevonden en geruimd; landmijnen, munitie en zelfs een vliegtuigbom (een 500-ponder). Deze vliegtuigbom is in de nabijheid van de bouwlocatie in een zandlichaam tot ontploffing gebracht (afb. 14). De explosieven zijn overblijfselen van de Slag om de Sloedam uit 1944. Een complicatie bij het onderzoek naar explosieven was dat de meeste explosieven bij de aanleg van de A58 in de jaren zestig onder een drie à vier meter dik zandpakket zijn verdwenen, ze lagen door zettingen soms meer dan zes meter diep.

De ontwerplevensduur van bruggen wordt in het algemeen gesteld op 100 jaar. Echter veel bruggen worden voordat die tijd verstreken is geamoveerd vanwege



maatschappelijke ontwikkelingen, zoals weg- en kanaalverbredingen, belastingverhogingen en dergelijke. Militaire explosieven moeten onmiddellijk hun werk doen maar mijnen en blindgangers houden ons zeker een eeuw bezig.

Epiloog

ProRail heeft een naam hoog te houden op het gebied van opdrachtgeverschap van robuuste en fraaie kunstwerken. In dit project is in een sterk concurrerende omgeving een team van projectleiders, werkvoorbereiders, wegebouwers en ontwerpend constructeurs erin geslaagd om een winnend ontwerp te maken (afb.15).

In de uitvoeringsfase is in nauwe samenwerking van medewerkers van Van Hattum en Blankevoort en Adviesbureau Wagemaker een fraai kunstwerk gerealiseerd dat ProRail met ere mag toevoegen aan zijn palmares.

onder: 11. Voorspankoppelen ter plaatse van de pijler in de berm tussen de A58 en de Postweg.

boven: 12. De wapening en de voorspanning zijn aangebracht, de binnenbekisting wordt geplaatst. De trog bevindt zich direct naast de Zeeuwse lijn.

Rechterpagina:

linksonder: 13. Binnen de contouren van de zeecontainers worden explosieven gezocht.

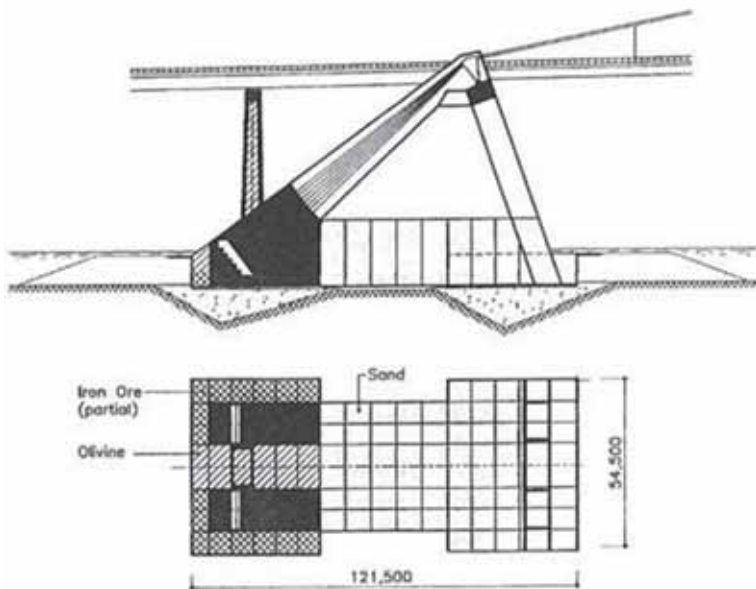
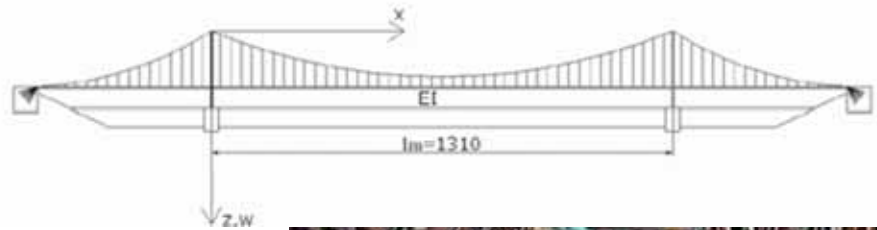
boven: 14. Een vliegtuigbom, een zogenoemde 500-ponder, na 63 jaar nog altijd explosief!

rechtsonder: 15. Op de voorgrond de noordelijke trogbrug over de A58, in de verte de zuidelijke trogbrug in de bekisting. De 'radiatorribben' voor de pijlers zijn goed herkenbaar.



ZELFVERANKERENDE HANGBRUG

dr. A. Romeijn, TU Delft



1. Voorbeeld van de aansluiting kabel – fundering (rotswand).

2. Great Belt hangbrug met links schematisch weergegeven de fundering.



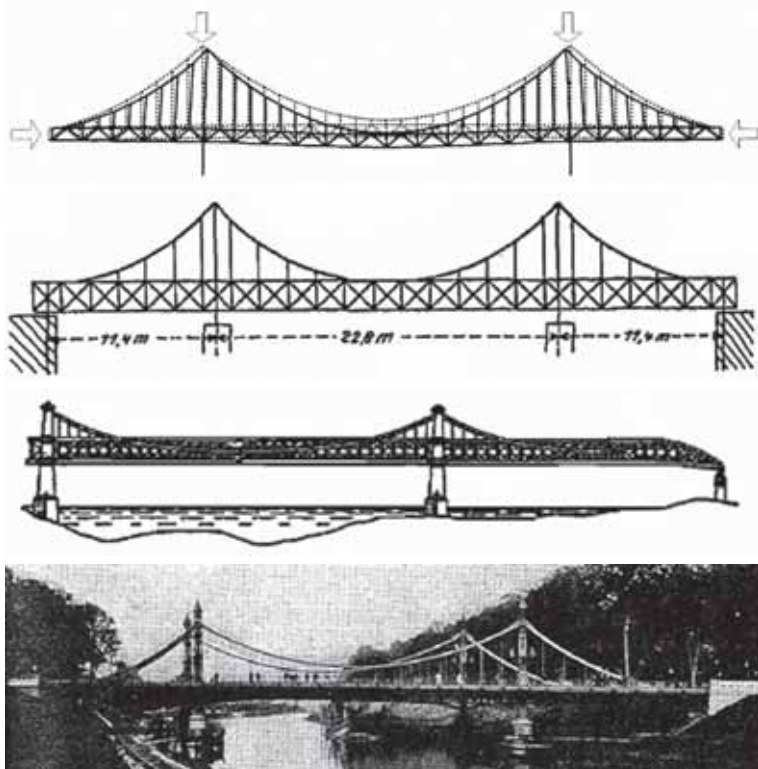
Klassieke hangbrug versus zelfverankerende hangbrug

Bij een klassieke hangbrug wordt de trekkracht in de hoofdkabel volledig naar de fundering overgebracht (afb. 1). Dit heeft als nadeel een kostbare fundering en een lange bouwtijd.

Een sprekend voorbeeld waarbij een zwaar verankeringsblok in de vorm van een caisson gevuld met respectievelijk steenslag, zand en schrootijzer is toegepast is de Great Belt Bridge (afb. 2).

Een zelfverankerende hangbrug is een brug waarbij de horizontale kracht uit de hoofdkabel niet naar de ondergrond (rotswand of verankeringsblok) wordt afgevoerd maar de kracht, die aan beide uiteinden van de brug werkzaam is, wordt kortgesloten via de rijvloer (afb. 3).

Een dergelijke brug zou dus goed toepasbaar kunnen zijn in gebieden met een slechte grondslag en/of een hooggelegen rijvloer. Daarmee komen we gelijk bij het grootste nadeel van een zelfverankerende hangbrug namelijk het gehele brugdek moet gereed zijn voordat de kabels kunnen worden aangebracht. En moeten dus tijdelijke voorzieningen worden getroffen om het eigen gewicht van de rijvloer te ondersteunen. Het concept van zelfverankerend zijn is qua ontwerp een logisch uitgangspunt. Immers krachten direct kortsluiten in plaats van afzonderlijk afdragen is "boerenlogica". We zien het systeem van zelfverankering dan ook bij veel bruggen toegepast. Bijvoorbeeld bij een boogbrug met trekband waarbij de spatkracht uit de boog via trek in de rijvloer wordt kortgesloten. Een ander voorbeeld is de tuibrug waarbij de horizontale krachten als gevolg van de schuin lopende tuikegels en de eindverankeringkabels grotendeels onderling via druk in de rijvloer worden kortgesloten.



Van boven naar beneden:

3. Principe krachswerking zelfverankerende hangbrug.
4. Ontwerp Warsowicer brug uitgevoerd door Josef Langer.
5. Patent zelfverankerende hangbrug op naam van Bender.
6. Mühlenthor brug.



7. Cologne-Deutz brug 1915
8. Krefeld-Uerdingen brug 1935
9. Duisburg brug 1955

Voorbeelden van zelfverankerende hangbruggen De eerste aanzet van voor 1955

De eerste ideeën van Oostenrijkse en Amerikaanse ingenieurs op het gebied van zelfverankerende hangbruggen zijn ontstaan in het midden van de 19e eeuw. In 1859 heeft de Oostenrijkse ingenieur Josef Langer als eerste een ontwerp gepresenteerd. Een illustratie van zijn voorstel is gegeven in afb. 4. De brug met een hoofdoverspanning van 22,8 m was bestemd voor zwaar treinverkeer.

In 1867 heeft de Amerikaanse ingenieur Charles Bender patent gekregen voor de zelfverankerende hangbrug (afb. 5).

Opvallend aan beide ontwerpen, afb. 4 en 5, is de zware rijvloer en de extra bevestiging van de kabel aan de rijvloer in het midden van de hoofdoverspanning. De eerste zelfverankerende hangbrug waarbij de kabel alleen aan de uiteinden van de brug is gekoppeld is de Mühlenthor brug, afb. 6. De brug gebouwd in 1899 ligt over de Elbe-Trave Canal bij Lübeck en heeft een hoofdoverspanning van 42 m en twee zijoverspanningen van 19,7 m.

Tussen 1915 en 1955 zijn verschillende zelfverankerende hangbruggen over de Rijn gebouwd met een beduidend grotere overspanning dan voorheen. Enkele voorbeelden hiervan staan hierna beschreven.

Cologne-Deutz brug 1915 (afb. 7)

De hoofdoverspanning is 185 m en de zijoverspanning zijn elk 92 m. De hoofdkabel bestaat uit schakels (ketting). Tijdens de uitvoering is de brug ondersteund door vier tijdelijke steunpunten. Als eerste zijn de zijoverspanningen gebouwd en vervolgens de hoofdoverspanning. De bouw heeft twee jaar geduurd en in 1945 is de brug vernietigd. Na de Tweede Wereldoorlog is er een stalen kokerlijgerbrug geplaatst.

Cologne-Mülheim brug 1929

De hoofdoverspanning is 315 m en de twee zijoverspanningen zijn elk 91 m. De brug is nog steeds de zelfverankerende hangbrug met de grootste overspanning. Vergeleken met de Cologne-Deutz brug is het eigen gewicht sterk gereduceerd tot 28 ton per meter. Dit kwam voornamelijk door het toepassen van een parallel wire strand kabel. Voor de bouw van de hoofdoverspanning is gewerkt met twee tijdelijke extra steunpunten. De bouw duurde 27 maanden en in 1950 is de brug vervangen door een niet zelfverankerende hangbrug. In circa 2013 zal de brug qua grootste overspanning worden overtroffen door de thans in aanbouw zijnde San Francisco-Oakland Bay bridge, hierover later meer.

Krefeld-Uerdingen brug 1935 (afb. 8)

De brug is gebouwd conform het concept van uitbouwmethode (cantilever) en daarom waren er geen tijdelijke steunpunten nodig. De hoofdoverspanning is 250 m en de twee zijoverspanningen zijn 125 m. In 1945 is de brug vernietigd en daarna in zijn oorspronkelijke vorm weer herbouwd.



10. The three sisters
11. De Konohana bridge
12. De Yeongjong Grand Bridge

Duisburg brug 1955 (afb.9)

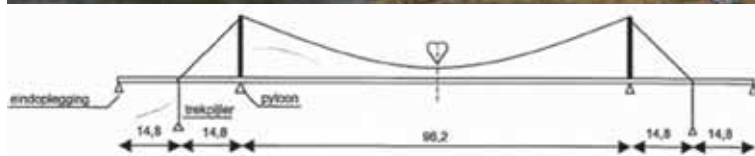
Deze brug is de laatste van de serie over de Rijn in Duitsland en voor het eerst is nu een stalen orthotrope rijvloer toegepast. Hiermee is een aanzienlijke reductie van het eigen gewicht gerealiseerd. De hoofdoverspanning is 285 m en de twee zijoverspanningen zijn 128 m.

Na deze brug zijn geen serieuze zelfverankerende hangbruggen meer in Duitsland gebouwd. Dit kwam door de opmars van de tuibrug ingegeven door met name de bouw van de succesvolle Stromsund brug in Zweden. Deze brug was de aanleiding tot bouw van vele tuibruggen over de Rijn, Voor 1967 zijn in korte tijd 5 tuibruggen over de Rijn gerealiseerd. Hiermee raakte de zelfverankerende hangbrug min of meer uit de gratie.

In dezelfde periode als in Duitsland zijn ook in Amerika verschillende zelfverankerende hangbruggen gebouwd. Enkele voorbeelden zijn:

- Six Street Bridge (Robert Clemente Bridge) 1928
- Seventh Street Bridge (Andy Warhol Bridge) 1926
- Ninth Street Bridge (Rachel Carson Bridge) 1928
- Little Niangua River Bridge 1933
- Hutsonville Bridge 1939.

Een bijzonderheid van de Ninth Street Bridge (afb.10) is dat het hierbij gaat om drie naast elkaar gelegen zelfverankerende hangbruggen (in volkstaal genoemd "the three sisters"). De bouw van drie nagenoeg identieke bruggen maakte het economisch mogelijk te kiezen voor dit concept.



13. Kanne brug
14. San Francisco-Oakland Bay bridge



Recent gebouwde zelfverankerende hangbruggen

De meeste met een noemenswaardige overspanning zijn gebouwd in Azië.

Een tweetal voorbeelden wordt nader toegelicht.

De Konohana bridge (afb. 11)

De brug is gerealiseerd in 1990 en kent een hoofdoverspanning van 300 m. Het is de eerste brug met een overspanning die komt in de buurt van de Cologne-Mülheim brug uit 1929. De rijvloer is zo ontworpen dat die tijdens de bouw een overspanning van 120 m aankan.

De Yeongjong Grand Bridge (Afb. 12.)

Dit is de eerste brug waarbij de hangers in dwarsrichting van de brug hellend zijn uitgevoerd, het zogenoemde spatial systeem. Dit is in Azië de brug met de grootste overspanning, de hoofdoverspanning is 300 m. Het is de eerste zelfverankerende dubbeldeksbrug met een combinatie van wegverkeer en treinverkeer.

Dichter bij huis is in 2005 in België gebouwd de Kanne brug. (afb. 13.) De hoofdoverspanning is 96.2 m en de zijoverspanningen zijn elk 21.3 m. De hoofdkabels, geprefabriceerde parallel wire strand, zijn niet doorlopend over de pyloontop.

In San Francisco wordt thans de grootste zelfverankerende hangbrug gebouwd, zie afb. 14. De hoofdoverspanning is 385 m en de twee zijoverspanningen zijn elk 180 m.

Een bijzonder aspect bij deze brug is dat aan één kant van de brug de kabel met behulp van een zadelcon-



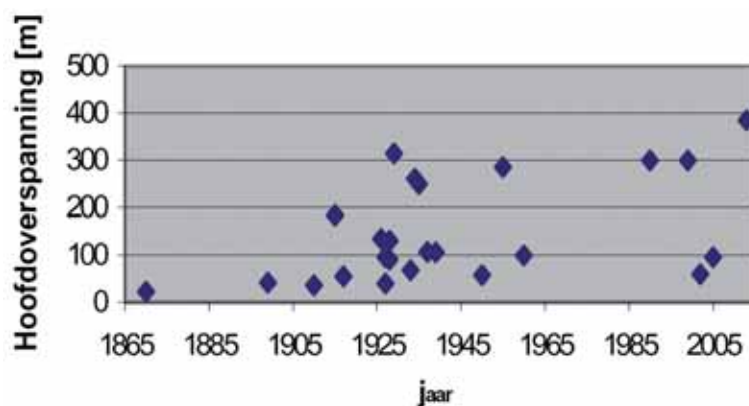
15. Nesciobrug. Ref. Wikipedia

structie rondom is doorgezet. Dit brugtype is gekozen omdat de grondslag de klassieke oplossing vrijwel onmogelijk maakt. De rijvloer bestaat uit twee afzonderlijke orthotrope stalen kokerliggers die om de 10 m gekoppeld zijn door een dwarsdrager met een hoogte van 5 m. Bij het ontwerp is veel aandacht besteed aan aardbevingbelasting. In 1989 is door de Loma Prieta aardbeving met een kracht van 7.1 op de schaal van Richter het oostelijke gedeelte van de San Francisco-Oakland Bay Bridge vernietigd. Hierbij viel het bovendek op het onderdek.

Recent Nederlands voorbeeld

Een bekend Nederlands voorbeeld van een zelfverankerende hangbrug is de Nesciobrug, afb. 15. Het is de langste fiets- en voetgangersbrug van Nederland en de brug zorgt voor een snelle verbinding tussen Amsterdam IJburg en Diemen. De naam komt van de Nederlandse prozaschrijver Nescio omdat hij vaak lange wandelingen maakt op de Diemerzeedijk en zijn belevenissen daarvan in zijn literair werk (1918) opnam. De brug is ontworpen door Jim Eyre van het Londense bureau WilkinsonEyre in samenwerking met ingenieursbureau Arup.

De lengte van de toeleidende wegen bedragen resp. 255 en 270 m, zodat een goed begaanbare helling voor de gebruikers bestaat. Samen met de betonnen oprit is de brug 790 m lang, terwijl de staalconstructie 220 m lang is en de hoofdoerspanning van 170 m een doorvaarthoogte van 9.3 m over het kanaal biedt. De hoofdoerspanning is opgehangen aan één hoofdkabel. Zoals te zien in afb. 15 is het dek in plattegrond gebogen en splitst het zich aan elk van de uiteinden om de stijfheid in dwarsrichting van de brug te verbeteren. Hiermee zijn de fiets- en voetpaden in eerste instantie gescheiden en komen ze samen binnen de hoofdoerspanning. De hoofdoerspanning bestaat uit een stalen kokerligger waarvan het element vloeiend verandert

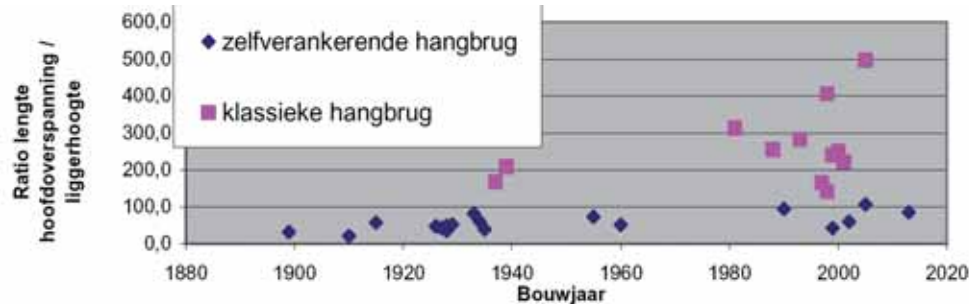
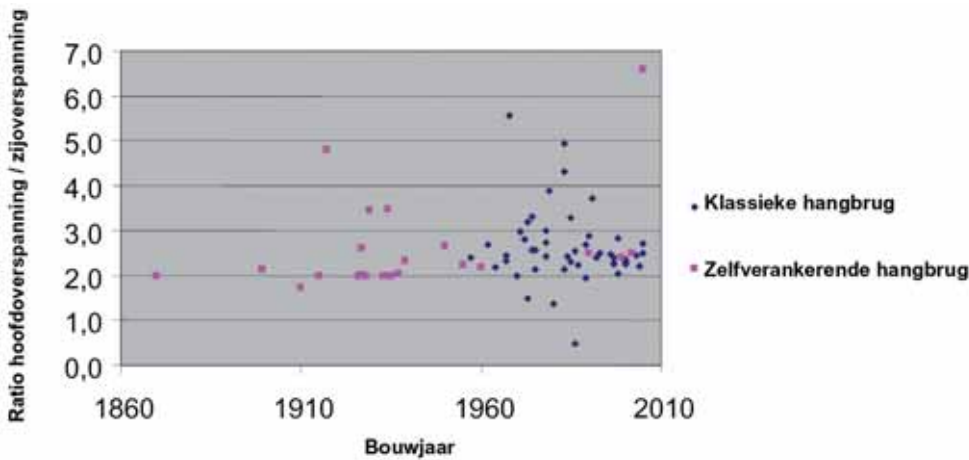
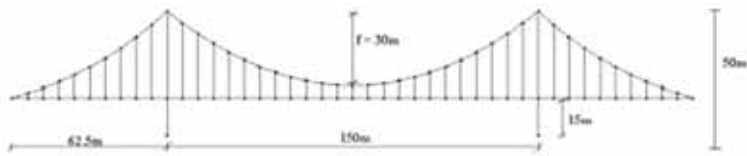


16. Ontwikkeling van de hoofdoerspanning van zelfverankerende hangbruggen.

van een driehoekige doorsnede in het midden naar een minder hoge doorsnede die overgaat in de betonnen opritten. Gelet op het gewenste passagierscomfort heeft het bureau Arup veel aandacht besteed aan de dynamische effecten waaronder het toepassen van massablokken met visceuze dempers om bewegingen in dwarsrichting te temperen.

Redenen van toepassing van zelfverankerende hangbrug

Voor de meeste toepassingen geldt dat de hangbrug, in plaats van bijvoorbeeld een boogbrug of een tuibrug, wordt gekozen niet om technische of economische redenen maar om esthetische redenen. Zowel voor de bruggen over de Rijn als de Pittsburgh bruggen gold de slechte grondslag als argument om een zelfverankerende hangbrug toe te passen. Voor zowel de Konohana brug als de Yeongjong Grand brug met beide een open karakter van havengebied gold dat geen zware verankeringsblokken konden worden toegepast. De dimensies daarvan zouden een te grote aanslag zijn op de vrije ruimte. Vrijwel alle zelfverankerende hangbruggen zijn uitgevoerd in staal. Van de meeste zelfverankerende hangbruggen liggen de overspanningen tussen 40 en 140 m, afb. 16. Deze afbeelding laat tevens zien dat na 1955, veroorzaakt door de succesvolle opkomst van de



17. Voorbeeld van schema hangbrug met hoofdmaten.
 18. Verhouding hoofdoerspanning / zijoverspanning.
 19. Verhouding hoofdoerspanning / liggerhoogte.

tuibrug, de zelfverankerende hangbrug uit de gratie was. De begrenzing van de overspanning voor de zelfverankerende hangbrug wordt veroorzaakt door:

- Mogelijke knik van de rijvloer gezien de grote drukkracht
- tweede orde effecten veroorzaakt door de combinatie van grote vervorming en grote drukkracht
- aerodynamisch gedrag
- uitvoering

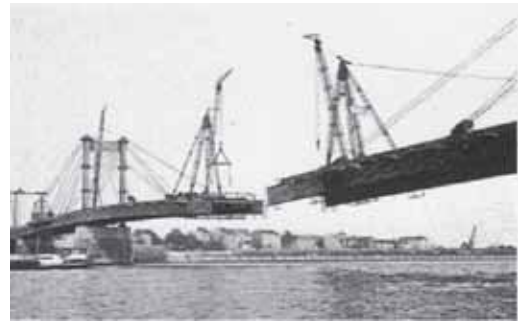
Het laatste, de uitvoering, is wel als de belangrijkste aan te duiden.

Afb. 16 laat zien dat de toepassingsrange van de zelfverankerende hangbrug sterk afwijkt van de klassieke hangbrug, waarmee een hoofdoerspanning tot circa 2 km mogelijk is.

Kenmerken verschillen tussen een klassieke hangbrug en een zelfverankerende hangbrug

In het voorbeeld (afb. 17) gegeven bedraagt de pijl 30 m, de lengte van de hoofdoerspanning 150 m en de lengte van de zijoverspanningen is 62.5 m.

Naast het grote verschil in "gangbare" overspanning zijn andere mogelijke verschillen te traceren. Het gaat hierbij om de verhouding tussen de pijlhoogte en de lengte van de hoofdoerspanning; de verhouding tussen de lengte van de hoofdoerspanning en die van de zijoverspanningen; de liggerslankheid en de verhouding tussen lengte en breedte van de rijvloer.



20. Bouw van een zelfverankerende hangbrug volgens de uitbouwmethode.



21. Uitbouwmethode onder toepassing van drukstaven.

Verhouding doorhang hoofdkabel (pijl) / lengte hoofdoerspanning

Voor de klassieke hangbrug bedraagt deze ratio circa 1/10. Voor de zelfverankerende hangbrug is deze ratio circa 1/8. Dit heeft alles te maken met de drukkracht in de rijvloer, immers een toename van de pijlhoogte geeft een afname van deze drukkracht.

Verhouding hoofdoerspanning / zijoverspanning

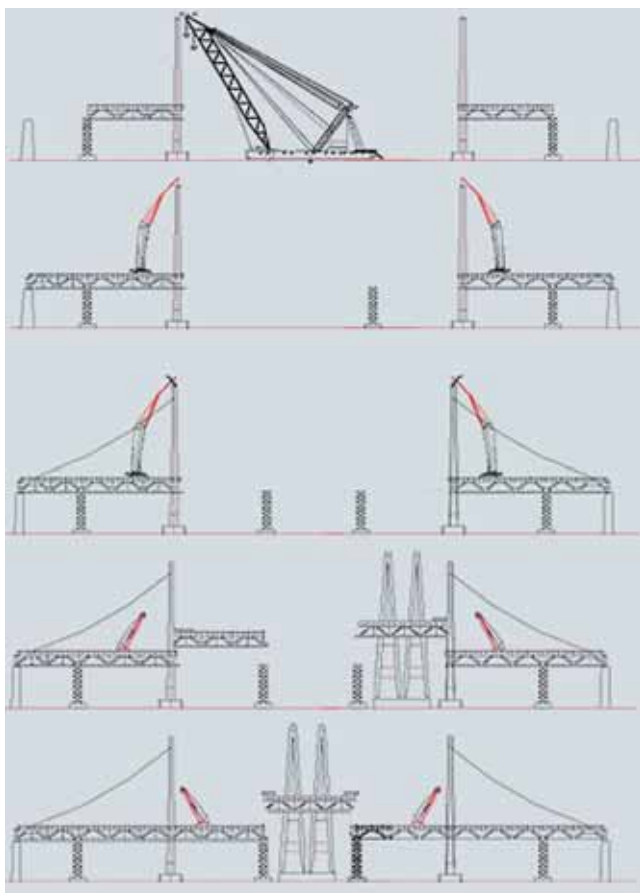
Hierbij bestaat geen wezenlijk verschil tussen de twee soorten van hangbrug. Gemiddeld gezien is deze verhouding circa 2. Afb. 18 geeft hiervan een overzicht.

Liggerslankheid en verhouding liggerhoogte / lengte hoofdoerspanning

Het gegeven dat bij een zelfverankerende hangbrug een grote drukkracht in de rijvloer aanwezig is en bij een klassiek hangbrug geen normaalkracht laat zich duidelijk vertalen in een verschil in liggerslankheid, afb. 19.

Lengte / breedte verhouding van het rijdek

Ook deze verhouding verschilt aanzienlijk tussen de twee soorten hangbruggen. Voor de klassieke hangbrug ligt deze verhouding rondom de 40 terwijl voor de zelfverankerende hangbrug deze waarde schommelt om de circa 10. De bovengrens van circa 40 heeft alles te maken met een verantwoorde aerodynamische constructie van de rijvloer en de bovengrens van circa 10 heeft veel te maken met het knikgedrag van de rijvloer.



22. Meest gebruikte methode voor de bouw van een zelfverankerende hangbrug.

Bouwwijze zelfverankerende hangbrug

Bij de bouw van een klassieke hangbrug wordt voor de bovenbouw gewerkt met een vast patroon van eerst de pylons, dan de hoofdkabels, vervolgens de hangers en als laatste de rijvloer (in segmenten aangebracht). Voor de zelfverankerende hangbrug bestaan globaal gesproken twee gangbare bouwmethoden, te weten;

- uitbouwmethode
- gebruik van tijdelijke steunpunten voor de opvang van het eigengewicht van de hoofdoverspanning

Bij de bouw van de Duisburg brug in 1955 is de uitbouwmethode toegepast, afb. 20. De bouw vertoont veel overeenkomst met de bouw van een tuibrug. De rijvloer wordt tijdelijk opgehangen aan tuikabels die nadat de rijvloer en hangkabels zijn aangebracht weer worden verwijderd. Met deze bouwwijze wordt het scheepvaartverkeer niet gehinderd.

Bij de bouw van de Seventh Street bridge is tevens gewerkt volgens de uitbouwmethode, echter nu is de hoofdkabel met de rijvloer meegebouwd en zijn de twee onderling verbonden met drukstaven, afb. 21.

Vrijwel alle zelfverankerende hangbruggen zijn gebouwd met toepassing van tijdelijke steunpunten, afb. 22. Het aantal tijdelijke steunpunten, voor de hoofdoverspanning en ook zijoverspanningen, is sterk afhankelijk van de schaal van prefabricage. Het ontwerp van de rijvloer wordt dan ook gedictieerd door het buigend moment dat optreedt tijdens de bouw van de brug.

Referenties

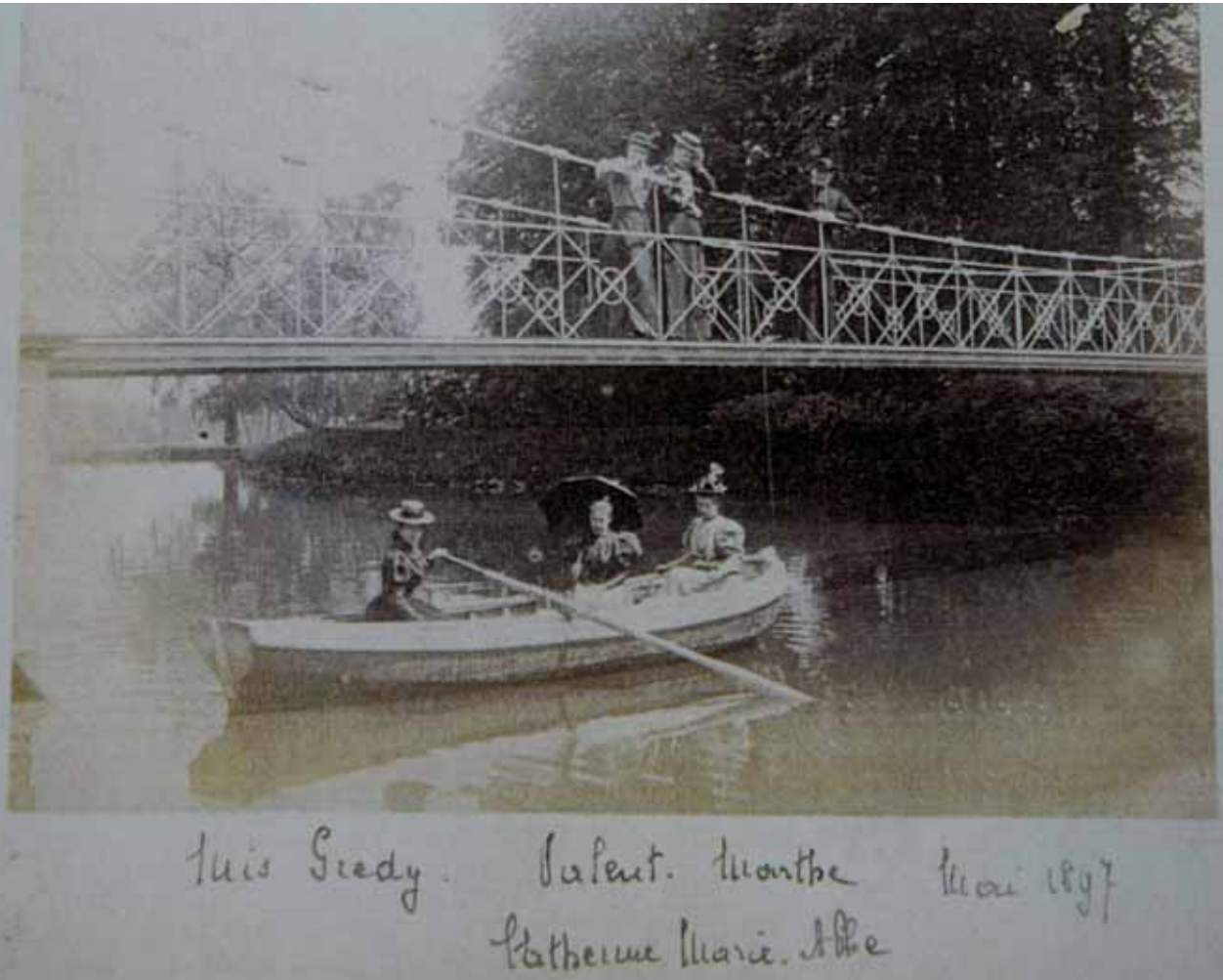
[1] Self-anchored suspension bridges part I, Afstudeerwerk D. van Goolen, april 2007.



Geschoorde hangbrug Wissekerke in 2007, zie verder artikel volgende pagina

19E EEUWSE SIERBRUGGEN IN BELGIE

Architecten dr.ir. I. Wouters en ir. M. de Bouw



In België zijn er geen historische hangbruggen bewaard. Ze werden gebombardeerd tijdens de twee wereldoorlogen, takelden af door gebrekkig onderhoud of werden afgebroken omdat ze niet meer voldeden aan de huidige veiligheidsnormen. De geschiedenis van het bouwen van hangbruggen kan enkel nog geïllustreerd worden aan de hand van miniaturen: de sierbruggen gelegen in publieke parken en kasteeltuinen. Deze sierbruggen werden recentelijk opgelijst door de VVIA (Vlaamse Vereniging voor Industrieel Erfgoed). Het overzicht bevat zes ijzeren hangbruggen, daterend van 1824 tot 1905 met overspanningen tussen 8 en 28 meter. Hoewel het om een klein aantal bruggen gaat, weerspiegelen ze toch de belangrijkste stappen die gezet werden in het bouwen van ijzeren hangbruggen in de 19de eeuw: kettingelementen worden vervangen door stalen kabels, het gietijzer door smeedijzer en later staal, platstaal door profielstaal, stiftverbindingen door klinknagels en bouten,.... Ook de verschillende technieken voor de verstijving van het brugdek komen aan bod. In tegenstelling tot verkeersbruggen waren de sierbruggen in lusttuinen en kasteelparken luxueuze toevoegingen. Veelal dienden ze om zelf gecreëerde hindernissen te overwinnen. De brug was een architecturale geste

en een baken in het landschap. De brug maakte deel uit van een wandeling, ze bood de wandelaar een wijd zicht op de omgeving. Door de hoge lasten hebben de erfgenamen van kasteelheren het tegenwoordig moeilijk om de eigendommen in de familie te houden. Vaak kopen de gemeentes de domeinen aan om er administratieve en culturele functies in onder te brengen. Het omliggende park wordt publiek toegankelijk en de oorspronkelijke private bruggen worden herbestemd tot 'publieke bruggen'. Hoewel het nog steeds voetgangers zijn die de brug bewandelen, kan men toch van een functiewijziging spreken, gezien de strengere eisen voor een publieke brug.

Publieke parkbruggen werden destijds reeds voor hogere belastingen ontworpen, maar ook hier zijn de normen strenger geworden en moet bij de renovatie nagegaan worden of het huidige niveau van veiligheid voldoende is. De huidige bruggen moeten een mobiele belasting van 5 kN/m² aankunnen. Geen enkele historische brug is hiervoor gedimensioneerd. De uitdaging van de renovatie bestaat erin een evenwicht te vinden tussen het versterken enerzijds en het behouden van het erfgoed anderzijds.

In hetgeen volgt wordt het renovatieproces van vijf bruggen beschreven.



Op linkerpagina: Hangbrug kasteel Wissekerke in 1897 (archief kasteel Wissekerke)

Boven: Aanzicht hangbrug kasteel Wissekerke in 2006

Inzet: Schakel hangbrug Wissekerke

Hangbrug kasteel Wissekerke 1824

Het kasteel Wissekerke, gelegen te Bazel-Kruibeke, ten zuiden van Antwerpen dateert uit de 14de eeuw. Gedurende de daarop volgende eeuwen werden delen van het kasteel gesloopt, heropgebouwd, verbouwd of vernield tijdens de oorlogen. In de 19de eeuw kwam het kasteeldomein in handen van de adellijke familie Vilain XIII. Ze lieten het park in Engelse stijl heraanleggen en gaven de Brusselse ingenieur Jean-Baptiste Vifquain (1789-1854) in 1824 de opdracht het kasteel uit te breiden en een brug over de parkvijver te bouwen. Jean-Baptiste Vifquain was op dat moment geen onbekende meer. Na het behalen van zijn ingenieursdiploma aan de Ecole Polytechnique in Parijs in 1814 werd hij aangenomen als assistent-ingenieur bij de dienst Waterstaat. Hij spitste zich toe op kanalen, wateren en bossen. Zo werd hij onder andere belast met de aanleg van het kanaal Brussel-Charleroi. Om zijn kennis bij te schaven reisde hij regelmatig naar Engeland om er de water- en spoorwegen te bestuderen. Hij zette als eerste stoompompen in voor de wateraanvoer. Voor zijn vernieuwende bijdrage kreeg Vifquain in 1825 de titel 'Hoofdingenieur 1ste klasse door Koninklijk besluit'. Later werd hij algemeen inspecteur van Bruggen en Wegen en schreef in 1842 het boek 'Waterwegen in België' dat een unieke verzameling is van de toenmalige kennis.

Het brugontwerp dat Vifquain in 1824 maakt is vernieuwend. Om dit aan te tonen keren we terug naar het begin van de 19de eeuw aan de hand van het overzichtswerk 'Mémoire sur les Ponts Suspendus' dat de Fransman Claude Navier in 1823 schreef. Het werk beschrijft de jonge verwezenlijkingen van Amerikaanse, Engelse en Franse ingenieurs zoals J. Finley, M. Telford, S. Brown, M. Stevenson, M. Brunel, M. Seguin en stelt berekeningsmethodes voor om de vorm van de hangkabel te bepalen en de spanningen in de elementen te berekenen.

In Engeland werkte men op dat moment met kettingelementen of oogstaven. De oogstaven werden door bouten verbonden tot een ketting. In Frankrijk experimenteerde men met kabels uit getrokken draden. Deze waren structureel gezien veel efficiënter. Door de tegengestelde verhouding loonkosten/materiaalkosten waren in Frankrijk de arbeidsintensieve getrokken kabels goedkoper, in Engeland de zware oogstaven.

Vifquain gebruikt de typologie van de Engelse oogstaven om zijn hangbrug in België te verwezenlijken en de 23 meter van de parkvijver te overspannen. Twee smeedijzeren hangkettingen worden opgespannen tussen kruisvormige gietijzeren kolommen. De trekkracht in de hangketting wordt via een trekketting naar de



Postkaart kasteel ter Wallen te Olsene

fundering afgeleid. De kolommen zijn verbonden en vormen een portiek. De ketting bestaat uit afzonderlijke oogstaven die elk ongeveer één meter lang zijn. De oogstaven worden verbonden via een schakel. Aan de schakel wordt ook de hangstaaf verbonden, die het brugdek draagt. De schakel van de ketting lijkt op de schakel van de Engelse Union Chain Bridge die in 1820 gebouwd werd door Samuel Brown. Toch zijn er wezenlijke verschillen. In de brug van Vifquain worden zowel de twee oogstaven, als de hangstaaf met een bout verbonden aan de schakel. In de brug van Samuel Brown wordt de verticale hangstaaf opgehangen aan de schakel. Hetzelfde detail vinden we terug in de bruggen van de Duitse ingenieur Wilhelm Von Traitteur die in Sint-Petersburg indrukwekkende hangbruggen bouwde vanaf 1824.

Een belangrijke problematiek die de ingenieurs bezighield in de 19de eeuw was het verstijven van het brugdek om de bewegingen bij het bewandelen te verminderen. Vifquain verstijft het brugdek door de handleuning als een vakwerk te detailleren en de hangstaven deel uit te laten maken van de structuur. Tevens brengt hij windverbanden aan in het vlak van het brugdek. De integratie van hangstaven en leuning zorgt voor een optimaal materiaalgebruik en maximale transparantie. Deze soberheid en efficiëntie maken de brug elegant.

De familie Vilain XIII bewoonde het kasteel tot 1989. Daarna versnipperde het geheel door het afzonderlijk verkopen van de delen. De neerhoeve en duiventoren kwamen in het bezit van particulieren, het kasteel werd verkocht aan de gemeente. De gemeente huurde het park en stelde het domein open voor publiek. In 1991

werd de hangbrug, om veiligheidsredenen, voor het publiek gesloten. In 2006 kocht de gemeente ook het park en de brug aan. Een ontwerpteam werd aangesteld voor de renovatie van de brug. Vermoedelijk kan in 2008 gestart worden met het indienen van de subsidieaanvraag. In afwachting daarvan werd de brug geschoord.

Bij het herberekenen van de brug blijken de boutverbindingen de zwakste schakel te zijn. Deze laten slechts een zeer beperkte belasting toe van amper 0,1 kN/m². Gezien het beperkte draagvermogen van de brug en de slechte staat waarin de brug verkeert (scheur in de gietijzeren kolom; uitgebogen, ontbrekende en verroeste smeedijzeren staven), is het versterken van de elementen geen optie. Indien de brug een publieke brug wordt - en dit is het uitgangspunt van de burgemeester - moet er op zoek gegaan worden naar een alternatief concept om de vereiste belasting van 5 kN/m² te kunnen opnemen.

Uit een analyse van de verbindingen bleek dat de opbouw van het brugdek niet origineel is: het huidige brugdek bestaat uit houten planken, die steunen op stalen U-profielen en die via een U-vormige stang gelast zijn aan de hangstijlen. Gezien zowel U-profielen, als de techniek van het lassen van latere datum zijn, kan het brugdek als niet-origineel beschouwd worden. Alle andere elementen (gietijzeren kolommen en smeedijzeren leuning, schakels en oogstaven) zijn origineel. Het ontwerpteam koos ervoor het huidige niet-originele brugdek te demonteren en een nieuwe zelfdragende kokerbrug op de plaats van het vroegere brugdek te leggen. Op die manier blijven alle historische componenten van de hangbrug intact en voldoet ze tevens



Aanzicht hangbrug in het stadspark Antwerpen

aan de eisen van een publieke voetgangersbrug. De verbinding tussen de hangstijlen en de kokerbrug wordt glijdend gedetailleerd.

Hangbrug Hof ter Wallen 1854

Het huidige kasteel Ter Wallen in Olsene dateert van 1854. Baron en barones Polydore Piers de Raveschoot-Surmout de Volsberghe braken de voormalige 15^{de} eeuwse burcht af om plaats te maken voor een indrukwekkend kasteel, opgetrokken in neo-renaissance stijl naar de hand van de Gentse architect Louis Minard. Het kasteel is omringd door een grote waterpartij. Een wandelpad slingert via een bescheiden hangbrug over de waterpartij door het parkdomein. Het hangbruggetje is zeer eenvoudig opgebouwd. Een stalen draadkabel, loopt van de ene oever naar de andere, over twee vrijstaande gietijzeren kolommen. Het houten brugdek wordt ondersteund door vier evenwijdige balken die van de ene naar de andere oever lopen. De twee buitenste balken zijn via verticale stijlen bevestigd aan de hangkabel. De twee binnenste balken zijn opgelegd op de oever en rusten via dwarsverbindingen op de uiterste balken. De toegepaste profielen zijn zeer slank.

Toen de kasteelvrouw Solange Piers de Raveschoot in 2002 overleed gingen de erfgenamen over tot de verkoop van het 6 hectare grote domein. Het domein werd door een industrieel opgekocht en wordt momenteel gerenoveerd. Eerst wordt de buitenruimte aangepakt, daarna het kasteel.

De hangbrug werd reeds lange tijd niet meer onderhouden. Het houten brugdek was verdwenen, de gietijzeren kolommen scheefgezakt en de trekkabel die de kolommen met hun verankeringspunt verbonden

weggeroest. In 2006 werd gestart met de renovatie van de brug onder leiding van architect Demeyere en landschapsarchitect Paul Deroose. Gezien de brug en het park in privé bezit zijn, zijn de verstrengde normen hier niet van toepassing. De renovatie beperkte zich daarom tot de herstelling van de beschadigde delen. Hierdoor kon de slankheid van de profielen behouden blijven. Enkel het constructiedetail van de verankering van de staalkabel werd herzien en bovengronds uitgevoerd voor betere onderhoudscontrole.

Parkbrug te Antwerpen 1869

In 1868 besliste Antwerpen om een publiek park aan te leggen op het domein van de voormalige Spaanse fortificaties. De Duitse landschapsarchitect Frederic Eduard Keilig (1827-1895) werd aangesproken om het 14 hectare grote domein vorm te geven. Keilig legde een vijver aan om de grenzen van het voormalige fort te benadrukken en schetste een hangbrug hoog boven het waterniveau om de wandelaars een ver uitzicht over het park te geven. Het gerucht over de te bouwen hangbrug deed de ronde en in april 1868 zond de in Wallonië gevestigde Société John Cockerill spontaan een ontwerpvoorstel naar de stad. Het ontwerpvoorstel vertoonde veel gelijkenissen met de hangbrug die in 1865 in Parijs gebouwd werd in het park Chaumont, een voormalige steengroeve. Op de ingezonden tekening wordt de hangkabel bevestigd in een rotsmassief. Ingenieur Van Bever, werkzaam bij de gemeente, liet weten dat het voorstel onbruikbaar was, gezien er in Antwerpen geen rotsmassief is. In mei 1868 werden de finale afmetingen van de brug vastgelegd en acht constructeurs werden aangeschreven, waaronder Soci-

été John Cockerill. Slechts twee constructeurs dienden een ontwerp in: Société Lucien Van der els et Cie voor 17.500.- fr. en Etabl. Cail et Halot voor 10.950.- fr. In juli van dat jaar werd de opdracht gegund aan de Brusselse onderneming Cail et Halot. In november werd het werkschema goedgekeurd dat voorzag om de brug tegen mei 1869 klaar te hebben. De productie van de stalen kabel, die gefabriceerd werd in Gateshead in Engeland, leverde vertraging op. Pas op 6 augustus was de brug volledig gemonteerd. Op 7 augustus werd een proefbelasting uitgevoerd. In tien tussenstappen werd de brug belast tot 300 kg/m² en de doorbuiging gemeten. De uiteindelijke belasting resulteerde in een doorbuiging van 40 cm (L/67,5) in het midden van de brug. Deze belasting werd gedurende 24 uur aangehouden. Na het ontlasten was de blijvende doorbuiging 10 cm. De proef schonk voldoening en de brug werd in augustus 1869 voor het publiek geopend.

De brug bevindt zich twaalf meter boven het water-niveau en overspant 27,5 meter. Het houten brugdek wordt gedragen door samengestelde geklinknagelde I-profielen die dwars op de loopricting liggen. De I-profielen worden aan hun uiteinden bevestigd aan hangstaven die de krachten naar de hangkabel brengen. De hangkabels spannen tussen de gietijzeren kolommen, die onderling verbonden zijn om een portaal te vormen. Ter hoogte van de kolom gaat de trekkracht van de hangkabel over in twee trekstaven die naar het funderingsmassief worden geleid.

Om de stijfheid van de brug te verhogen werden verschillende maatregelen genomen. De kolommen zijn naar buiten verschoven ten opzichte van het brugdek: de hierdoor gerealiseerde geïnclineerde kabel is stabielier. De leuning van de brug is uitgewerkt als een vakwerk en verstijft het brugdek. Ten slotte werden windverbanden aangebracht tussen de I-profielen.

De vernieuwingen die we in deze brug kunnen terugvinden zijn enerzijds de techniek van het klinknagelen en anderzijds het gebruik van kleine U- en L-profielen om grotere profielen te maken, zoals I-profielen. Ook de detaillering, uitwerking van de scharnierende kolomvoet en de verbinding tussen de hanger en de kabel tonen de vooruitgang.

Uit briefwisselingen tussen de aannemer Cail et Halot en stadsingenieur Van Bever weten we dat het bakstenen verankeringsmassief ontworpen werd om een kracht van 400 kN op te nemen. Uit de herberekening van de brug blijkt dat dit gegeven het draagvermogen beperkt. De maximaal toelaatbare mobiele belasting is 2 kN/m², nochtans kunnen de andere constructieonderdelen (trekkers, kolommen en kabels) een belasting opvangen van 5 kN/m².

In 1971 werd de brug gesloten voor publiek omdat een van de twee hangkabels tot 50 % gecorrodeerd was. De brug was op dat moment bijna 100 jaar oud. Verdere inspectie van de brug bracht aan het licht dat de balkprofielen en de leuning eveneens ernstige corrosieschade vertoonden. De gemeente diende een aanvraag in om de brug te beschermen en begon in 1976 aan de renovatie. Gezien de brug geen functieverandering onderging en ze in het verleden gedimensioneerd was op een mobiele last van 3 kN/m² werden er geen



Boven: Hangbrug Zelzate

Onder: Opbouw 19de eeuwse staalkabel

pogingen ondernomen om de brug te versterken. De brug is bovendien zeer stijf en geeft daardoor een veilig gevoel. Wel werd een versperring aangebracht om de toegang van gemotoriseerde voertuigen onmogelijk te maken. Toch had de renovatie drastische gevolgen voor de brug. De samengestelde U-profielen die het houten dek dragen, werden vervangen door hedendaagse I-profielen. Ook de windverbanden, de stijlen en de hangkabel werden vervangen. Door het gebrekkige onderhoud gingen veel originele elementen verloren.

Private brug te Zelzate 1880-1885

Bruggen op private domeinen zijn vaak slecht gedocumenteerd. Dit geldt ook voor de brug die terug te vinden is in de tuin van het herenhuis in Zelzate. Uitgaande van de kadaسترplannen kunnen we de inplanting van de waterpartij terugbrengen naar 1880-1885. Indien de brug gebouwd is in de periode dat de vijver werd aangelegd dateert ze van deze periode. Het herenhuis werd later afgebroken en zo kwam de brug in de achtertuin van een school te liggen. De bescheiden brug overspant 8,25 meter en is 1,5 meter breed. Door haar schaal, haar gecanneleerde gietijzeren kolommen en het ritme van de verticale stijlen lijkt ze op de brug van het kasteel Ter Walle.

De brug kende een gebrekkig onderhoud en daardoor



Boven: Brugdek van de hangbrug in stadspark Vilvoorde
Onder: Aanzicht van de hangbrug in stadspark Vilvoorde

zijn belangrijke structurele elementen verdwenen. Zo zijn de kabels die de kolom met de verankering verbinden weg. Anderzijds kunnen we ervan uitgaan dat, dankzij het gebrekkige onderhoud, alle elementen (met uitzondering van het betonnen brugdek dat over het houten brugdek werd gestort) origineel zijn. Deze brug toont ons de opbouw van de in de 19de eeuw gebruikte kabels.

Parkbrug te Vilvoorde 1899

Op het einde van de 19de eeuw verkreeg de burgemeester van Vilvoorde een domein van 6,3 hectare. Het was een moerassig gebied waarop niet gebouwd kon worden. De burgemeester besloot in 1895 een stadspark aan te leggen. Centraal kwam er een grote vijver. Wandelaars konden de vijver oversteken via een brug, die 3,10 meter boven het waterniveau hing. Het park en de hangbrug werden in 1899 aangelegd. De brug is drie meter breed en overspant 17,5 meter. In tegenstelling tot de andere bruggen, waar de hangkabel telkens onderbroken wordt ter hoogte van de kolom, loopt de hangkabel hier door over de kolom. De kolommen zijn ingeklemd in het massief en bovenaan voorzien van een rol, waarover de kabel kan glijden. Er werd niet langer gietijzer gebruikt voor de kolommen, maar staal. De kolommen vormen een portaal en zijn

uitgevoerd als een vakwerk. Om de 2,2 meter is er een hangstijl bevestigd aan de hangkabel die het brugdek draagt. Door de grote tussenafstanden verloopt de kabel in knikken.

Het brugdek is opgebouwd uit primaire, secundaire en tertiaire balken. De twee hoofdbalken (IPE180) spannen van oever tot oever. Dwars daarop worden om de 1,1 meter I-profielen (IPE100) bevestigd. Tussen deze liggers worden opnieuw kleine IPE80 balken, met een tussenafstand van 0,77 meter, bevestigd om het houten brugdek te ondersteunen. Windverbanden zijn aangebracht onder het brugdek. Het op deze manier gerealiseerde dek is zeer stijf. De leuning heeft hier geen verstijvende functie.

Reeds in 1970 werd de hangkabel vervangen. In 2000 was de brug opnieuw toe aan een grondige renovatie: het metselwerk was verzakt en de stalen I-profielen waren geroest. Vooral de flenzen, waar stof en vuil zich ophoopten waren er erg aan toe. Enkel de hangstijlen, het vakwerk tussen de kolommen en de handleuning zijn origineel.

Gezien er weinig hangstijlen zijn, moeten ze elk een vrij grote kracht overbrengen naar de hangkabel. Nochtans zijn de hangstijlen niet zwaarder gedimensioneerd dan in de andere bruggen. Wanneer we de spanning in de hangstijl beperken tot 120 N/mm², kan de brug een mobiele last van 4 kN/m² aan. Dit werd voldoende bevonden om de veiligheid van het huidige gebruik te garanderen. Ook hier werden versperringen aangebracht om het gemotoriseerde verkeer te weren.

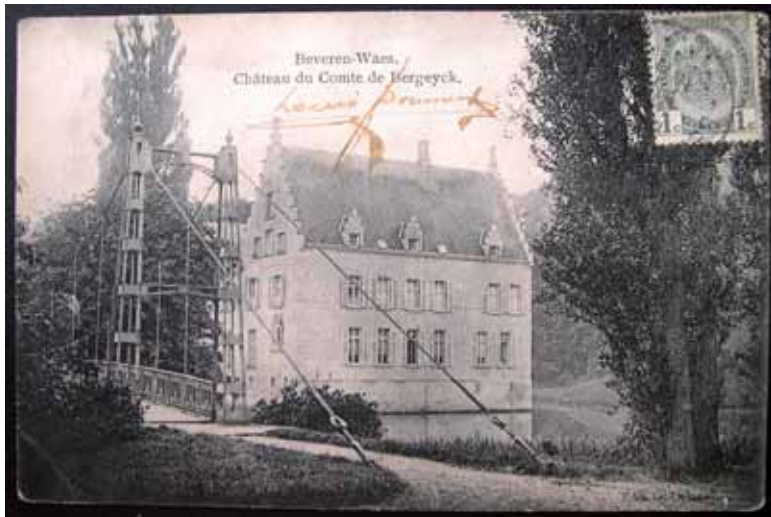
Tijdens de renovatie werd er weinig aandacht besteed aan het ontwerpen van duurzame details. De afdekkap boven de kolom werd achterwege gelaten. Daar waar de kabel in het funderingsmassief gaat, is hij onbeschermd en in rechtstreeks contact met de grond.

Hangbrug kasteel Cortewalle 1900-1905

De hangbrug op het domein van kasteel Cortewalle te Beveren bestond zeker in 1905, omdat hij is afgebeeld op de postkaart 'Parc et Chateau du Comte Sénateur de Bergheyck' verstuurd in 1905. Anderzijds is er een plan uit 1900 waarop de aan te leggen tuin en brug voorzien zijn. De brug is dus gebouwd in de periode 1900-1905. Hoewel de brug van Beveren lijkt op de brug van Vilvoorde komt ze veel eleganter over. Dit is te danken aan de uitgewerkte handleuning en het gebogen brugdek. De brug overspant 26 meter en is 2,4 meter breed.

Ook dit brugdek is opgebouwd uit primaire, secundaire en tertiaire I-profielen en wordt aan weerszijden door veertien hangstijlen aan de hangkabel verbonden. Toch is de brug veel beweeglijker en levendiger bij het belopen. De grote bewegingen van het brugdek zorgen tevens voor grote verplaatsingen in de handleuning en daar is deze niet tegen bestand. Door uit te buigen en te breken bevrijdt ze zich van deze spanningen.

De brug werd tot 1960 als een private brug gebruikt. In 1967 werd het kasteeldomein opgekocht door de gemeente die er publieke functies in onder brengt. Hoewel de brug niet als een publieke brug werd gedimensioneerd kan ze toch een mobiele last van 4 kN/m² opnemen. De renovatiewerken die uitgevoerd werden



Linksboven: Postkaart hangbrug kasteel Cortewalle, afgestempeld in 1905 (stadsarchief Beveren)

Linksonder: Postkaart hangbrug kasteel Cortewalle, afgestempeld in 1911 (stadsarchief Beveren)

rechts: Portaal van de hangbrug Cortewalle

hebben dan ook vooral betrekking op het herstellen en niet op het versterken. In 1978 werd het brugdek vernieuwd. In 1990 werd er een grondige stabiliteitscontrole uitgevoerd nadat een van de hangstijlen brak. De hangkabel werd vervangen, de kolommen werden terug op dikte gelast en de uitgebogen leuning werd hersteld.

Terugblik

Uit het overzicht blijkt dat de historische publieke voetgangershangbruggen (Antwerpen, Vilvoorde en Beveren) een mobiele last van 4 kN/m² aankunnen in vergelijking met de belasting van 5 kN/m² die opgelegd wordt bij nieuwbouw. Het lagere draagvermogen van de historische bruggen zou in theorie gecompenseerd kunnen worden door een beter onderhoud en inspectie van de bruggen. De praktijk wijst echter uit dat de bruggen vrij slecht onderhouden worden en dat er zichtbare gebreken nodig zijn alvorens ingegrepen wordt.

Opmerkelijk is ook dat de oudste brug (hangbrug in Wissekerke van 1824) het meest authentiek is. Zowel de gietijzeren kolommen als de smeedijzeren kettingen, schakels, hangstijlen en leuning zullen na de renovatie behouden blijven. Dit staat in schril contrast met de latere bruggen waarvan het merendeel van de stalen componenten reeds vervangen werd. Investeren in duurzaamheid werpt vruchten af.



Bibliografie:

Archieven van Stad Antwerpen, Beveren en kasteel Wissekerke

Navier, M., 1823, Rapport a Monsieur Becquey, Conseiller d'Etat, Directeur Général des Ponts et Chaussées et des Mine; et Mémoire sur les Ponts Suspendus, Paris: Imprimerie Royale. Available online on <http://books.google.com>

Wouters, I., de Bouw, M., Nieuwmeijer, G.G., 2006, "Nineteenth-century Iron Suspension Foothbridges in Flanders" in Dunkeld, M. (eds.) e.a. Proceedings of the second International Congress on Construction History, Volume 3, Cambridge, Construction History Society, p.3389-3401

Wouters, I., Adriaenssens, S., de Bouw, M., Verbeeck, B., 2007, Studie van de smeedijzeren hangbrug van kasteel Wissekerke te Bazel: bepaling van het draagvermogen, pathologie en ontwerpvoorstellen, Vrije Universiteit Brussel, intern rapport

Personalia:

Dr. ir. arch. Ine Wouters (1972) is docent aan de vakgroep Architectonische Ingenieurswetenschappen van de Vrije Universiteit Brussel. Ir. arch. Michael de Bouw (1980) is als assistent aan dezelfde vakgroep verbonden. Hun onderzoek richt zich naar het renoveren van 19de eeuwse stalen structuren.

Foto's van Dr. Ir. arch. I. Wouters, tenzij anders is aangegeven.

Drie maanden verkeershinder bij de sluisen in Terneuzen

Eind februari wordt begonnen met het vervangen van de bruggen over de grote zeesluis (de Westsluis) in Terneuzen. Op 28 februari wordt de noordbrug gesloopt en moet het wegverkeer gedurende 13 weken worden omgeleid. Het scheepvaartverkeer ondervindt een aantal malen kortstondig hinder, namelijk op 28 februari voor ongeveer 6 uur en in het weekend van 1 en 2 maart een stremming van 48 uur ten behoeve van het demonteren van de noordbrug. Bij extreme weersomstandigheden kunnen deze stremmingen worden verzet. Bij het monteren van de nieuwe brug, dat gepland is omstreeks half april ondervindt het scheepvaartverkeer nogmaals een stremming. Na de zomervakantie zal worden begonnen met het vervangen van de zuidbrug. (bron: 'Zeeuwsch Vlaams Advertentieblad, 2 jan. 2008)

Oorzaak Instorting brug in Minneapolis over de Mississippi

De National Transportation Safety Board (NTSB) heeft bekend gemaakt dat de oorzaak van het instorten van de vakwerkbrug over de Mississippi in augustus 2007 gezocht moet worden in een fout in het ontwerp van zestien grote schetsplaten van de brug. De schetsplaten, dat zijn de platen, waarmee de vakwerkstaven met elkaar worden verbonden, zouden minimaal 2,5 cm dik moeten zijn, maar die waren slechts 12 mm dik. Er moet dus geconcludeerd worden dat deze schetsplaten niet berekend waren op de belastingen, waaraan ze werden blootgesteld, waardoor er scheuren in deze platen ontstonden. (bron: 'Technisch Weekblad', 26 januari 2008)

China opent langste tuibrug van de wereld

De Chinese Sutong-brug gaat in mei 2008 open en is met een lengte van 8206 meter en een hoofdoverspanning van 1088 meter

de langste tuibrug van de wereld. De brug ligt over de Yangtse rivier tussen Nantong en Sushou en heeft de langste kabels, die ooit in een tuibrug zijn gebruikt, namelijk 577 meter. De beide pijlers van de brug zijn 300 meter hoog, een stuk minder dan de hoogste pijlers van de brug bij Millau in Frankrijk, die 343 meter hoog zijn. De bouwkosten bedragen ongeveer 900 miljoen euro. Maar de bouw was wel een huzarenstukje. De woeste rivier kent golven tot drie meter hoog en een getijdenverschil van vier meter en verder wordt dit deel van de Yangtse delta regelmatig getroffen door orkanen, tornado's en aardbevingen.

Omdat de harde ondergrond ter plaatse op ongeveer 300 meter diepte ligt, waren de ontwerpers genoodzaakt om lange boorpalen in de zanderige ondergrond te plaatsen. De beide pijlers worden ondersteund door 131 ter plaatse gestorte betonnen buispalen van ieder 120 meter lengte en een diameter van 2,80 meter. De basis van beide pylonen wordt beschermd met een twee meter dik stalen caisson dat gevuld is met beton.

De brug heeft een wegdek, dat bestaat uit 107 segmenten van orthotrope plaat, waarop een zesbaans verkeersweg ligt. De langste van de 34 tuikabels is 577 meter lang, weegt zestig ton en bestaat uit 313 gegalvaniseerde draden van 7 mm dikte.

Met de opening van de Sutong brug bevinden acht van de tien grootste tuibruggen van de wereld zich nu in China. Bij het ontwerp van de brug heeft het Deense ingenieursbureau COWI geadviseerd.

(bron: 'Technisch Weekblad' 2-2-2008)



Brug in Maleisië

Ook in de stedenbouw wordt in toenemende mate aandacht besteed aan kunstzinnige uitingen. Hierbij

vindt u een foto van een ontwerp van een brug, die een Maleisisch consortium wil laten aanleggen tussen de Maleisische stad Johor Bahru (onderaan de foto) en Singapore. Die brug moet de bestaande verbinding vervangen.

Kicking Horse Canyon Bridge in Canada

De premier van de Canadese provincie Britisch Columbia opened op 30 augustus 2007 de New Park Bridge over de Kicking Horse River in de Rocky Mountains. Deze brug maakt deel uit van een omvangrijk project dat is opgezet door de Canadese federale overheid en de provinciale overheid



van Britisch Columbia om de Trans Canada Highway, de belangrijkste verbinding tussen Britisch Columbia en de rest van Canada, te verbeteren. De brug is 404 meter lang en bevindt zich op een hoogte van ongeveer 95 meter boven de Kicking Horse River. Delcan, de Canadese partner van de DHV Groep, maakte deel uit van het 'Design and built' team dat verantwoordelijk was voor de realisatie van de brug. Delcan produceerde het bestek, de ontwerpen voor de brug en de keermuur, de ontwerpen voor de hydraulische installaties en de steenbestortingen.

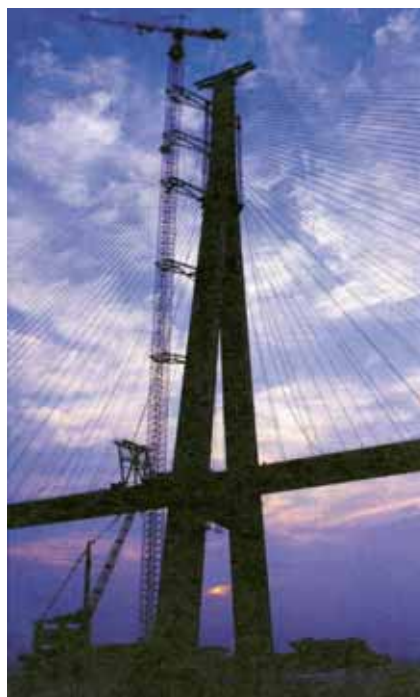
(bron: DHV-times, info Joost Meyboom, tel: +6044385300, e-mail: j.meyboom@delcan.com)

Hollandse Brug over het Gooimeer in de A6 bij Almere

In de media wordt herhaaldelijk gepubliceerd over de perikelen rond de renovatie van de Hollandse brug bij Almere en de opgetreden beschadigingen aan de wegdekken van veel grote bruggen in het Rijkswegennet. Als oorzaak wordt dan vermeld dat de ontwerpers in de zestiger jaren van de vorige eeuw geen rekening hebben gehouden

met de toenemende verkeersdruk. Dat is echter maar slechts voor een zeer klein deel waar. Het totale gewicht van de verkeersbelasting is niet toegenomen, wel is de frequentie daarvan meer toegenomen dan men had verwacht, waardoor de kans op beschadiging door vermoeiingsverschijnselen is toegenomen. Er behoeft dus niet gevreesd te worden dat onze bruggen hierdoor zullen instorten, zoals in China en de Verenigde Staten is gebeurd. De wegdekken worden echter beschadigd door de veel hogere wiellasten dan waarmee volgens de toenmalige ontwerpnormen rekening moest worden gehouden. Bovendien zijn door verbeterde rekenmethoden de bruggen in en na de zestiger jaren van vorige eeuw lichter, en derhalve goedkoper, ge-construeerd, een maatregel waarvan wij allen hebben kunnen profiteren omdat er zo sneller en meer bruggen konden worden gebouwd. Maar daardoor worden de bruggen wel tot dichterbij hun maximale draagvermogen belast dan vroeger het geval is, waarbij men veiligheidshalve maar extra zwaar construeerde voor onderdelen, die niet precies berekend konden worden. De crux zit in het drastisch verhogen van de wiellasten door zware vrachtwagens met bijvoorbeeld slechts vier wielen in plaats van 12 wielen uit te rusten. Het zal duidelijk zijn dat daardoor bij hetzelfde gewicht van het voertuig de wiellasten drie maal zo hoog worden en daar is uiteraard bij het ontwerpen van de wegdekken op die bruggen niet op gerekend. Ter vergelijking: Bij de spoorwegen heeft ook een verhoging van de wieldruk van goederentreinen plaatsgevonden op grond waarvan alle rijvloeren in spoorbruggen zijn versterkt en sommige bruggen zelfs zijn vervangen, voordat de treinen met die hogere aslasten werden toegelaten. Het zou derhalve verstandig zijn geweest dat ook de vrachtwagens met de hogere wiellasten niet eerder op de wegen en bruggen zouden zijn toegelaten totdat de wegdekken daarvan zouden zijn verzwakt. Dat is helaas niet gebeurd, maar dat kan de constructeurs uit de zestiger jaren van vorige eeuw niet worden verweten. In de Europese Commissie wordt

overwogen om vrachtwagencombinaties tot 25 meter toe te gaan laten in plaats van de nu geldende maximale lengte van 18 meter. Volgens velen, waaronder J.A. van den Bosch uit Harmelen, moet men echter bedenken dat de voor het wegverkeer geldende normen moeten worden gerelateerd aan de omgeving, waar al dat verkeer doorheen komt. Vele wegen in dorpen en steden zijn al niet berekend op de huidige grote en lange vrachtwagencombinaties, laat staan op nog langere combinaties en ook de breedte van wegen is begrensd, alsmede de sterkte van de wegdekken en de bruggen en viaducten. Deze verlenging van de vrachtwagencombinaties druist bovendien in tegen het door de Europese unie gevoerde beleid om, onder andere om milieuredenen, het zware goederenvervoer over de lange afstand zoveel mogelijk van de weg naar de spoorweg te verplaatsen, zoals onder andere in Zwitserland het geval is. Daar bouwt men een 57 km lange spoorwegtunnel ter verhoging van de vervoerscapaciteit, zowel voor het goederen als het personenvervoer. Gelukkig is in Nederland de Betuweroute aangelegd, zodat het hier ook mogelijk is geworden het goederenvervoer tussen de Rotterdamse haven en Duitsland in plaats van over de weg over deze spoorlijn te vervoeren. Helaas is tak van Arnhem naar Bentheim, via welke plaats een belangrijke vervoersstroom plaatsvindt, om



emotionele reden niet uitgevoerd. Bovendien zijn er geen maatregelen genomen om het goederenvervoer over deze afstand te dwingen om van deze vervoersmogelijkheid gebruik te maken, zoals wel in Zwitserland het geval is.

De Europese Commissie zou er daarom beter aan doen de bestaande normen te waarborgen in plaats van deze als maar op te rekken onder pressie van een lobbygroep van transporteurs, die slechts oog heeft voor het eigen zakelijk belang op de korte termijn.

Uit het bovenstaande blijkt dat de afsluiting van de Hollandse brug voor vrachtverkeer een gevolg is van de handelswijze van de vrachtvervoerders zelf. Zij zouden er goed aan doen de hand in eigen boezem te steken en niet de schuld bij anderen te leggen.

In het vorige nummer schreven we dat de Rijkswaterstaat van plan was op de Hollandse Brug een dikker brugdek van beton te leggen met daarop een laag asfalt. Daarvoor zouden de tussen de langsliggers van die brug liggende betondekken moeten worden verwijderd ter vermindering van het eigen gewicht van de brug. Dan zouden ook de kabels, die door deze betonconstructie lopen, moeten worden doorgezaagd, waardoor de voorspanning zou wegvallen. Deze oplossing werd sterk bekritiseerd door verschillende specialisten, onder wie dr.ir. Cor van der Veen, universitair hoofddocent Betonconstructies aan de TU Delft. Rijkswaterstaat volgt nu het advies van Van der Veen op, waarbij op de bestaande betonconstructie een nieuw wegdek van 8 mm dik epoxy wordt aangebracht.

(bron: diverse krantenberichten en De Ingenieur van 1 februari 2008)

Moderne brugontwerpen van Arcadis

Onlang ontving de redactie een aantal zeer fraaie foto's van ontwerpen van bruggen door de architecte ir. Beate Vlaanderen van het ingenieursbureau Arcadis. Graag publiceren we een van de ontwerpen. Het is de fietsbrug over het Wilhelminakanaal in Tilburg. Wij hopen in volgende nummers meer over haar ontwerpen te kunnen publiceren.

H.K.

BOEKEN

Het Leids Bruggenboek

Leiden kan net als Amsterdam aanspraak maken op de titel Venetië van het noorden. De stad bestaat uit talloze grachten en singels, (waarvan er echter een aantal is gedempt) waarover een groot aantal bruggen liggen: 88 om precies te zijn. Wie informatie over al die oeververbindingen wil, kan vanaf nu Het Leids Bruggenboek van Irene Nieuwenhuijse inkijken. Zij maakte zowel de tekst als de foto's. Het boek is mede door deze aanpak een evenwichtige combinatie van fotomateriaal, historische afbeeldingen en tekst. Alle 88 bruggen binnen, over en aan de Leidse singels komen aan de orde. Het boek is geen droge opsomming van feitjes, hoewel het technisch kader bij iedere brug kort en bondig wel alle informatie geeft. Het is vooral een prettig lees- en kijkboek geworden. Iedere brug heeft namelijk zijn eigen 'verhaal' in dit boek. Soms refereert een schakel naar een persoon, zoals de Jan van Houtbrug, soms naar de directe omgeving zoals de Doelenbrug herinnert aan de tijd dat op de terreinen ten westen van het Rapenburg de schutters hun schietoefeningen hielden. Een willekeurige greep uit de brugverhalen:

- Hebben Gustav Mahler en Sigmund Freud in het begin van de twintigste eeuw over de Nonnenbrug gelopen?
- Bij de Noordeindsbrug wordt stilgestaan bij het reilen en zeilen van Jantje van Leiden die in de zestiende eeuw op deze brug een kroeg had en uiteindelijk een gruwelijke dood is gestorven als wederdoper-koning van Münster.
- Heeft Leiden zijn eerste parkeerverbod (uit 1475) te danken aan prostituee het Groene Haasje? Zij had in de vijftiende of zestiende eeuw nabij de Groenhazenbrug haar werkterrein.
- Woonden er ooit monniken in de buurt van de Franciskanerbrug en de Minnebroersbrug?
- Het boek geeft ook uitleg over de naamgeving van de Oranjebrug, want het lag beslist niet

in de lijn der verwachting dat in het Stadhoudersloze Tijdperk een brug naar de Oranjes zou worden genoemd.

- Dat de Laatste Brug leidt naar een begraafplaats is op zijn minst curieus.
- De Gansoordbrug is behalve de brug van Piet Paaltjens ook interessant omdat bij de bouw van deze oeververbinding wellicht de ommekeer in de visie op kinderarbeid in Leiden is begonnen.
- Is de kunstenaar Christo in de nacht van 27 op 28 september 1985 aan het werk geweest bij de Lourisbrug?
- Waarom blikt Miss Blanche van de muurreclame scheef naar de Scheluwbrug?
- Hoe werkt de mechaniek van de Grote Havenbrug eigenlijk?

Aan dit boek zijn nog twee wandelroutes, twee vaarroutes en twee fietsroutes (één die langs alle 88! bruggen gaat) en een grote (geplastificeerde) kaart waarop al die bruggen staan afgebeeld, toegevoegd. Het ligt in de bedoeling dat de auteur in het voorjaar bruggenvaartochten gaat organiseren.

De eerste twee exemplaren van Het Leids Bruggenboek van Irene Nieuwenhuijse zijn op 29 november op de Koornbrug aan de achterzijde van het stadhuis aangeboden aan drs. H.J.J. Lenferink, burgemeester van Leiden en aan mr. J.P.R.M. Steegh, wethouder verkeer, milieu en sport. Het boek is voor € 29,95 te koop in de boekwinkel, ISBN: 978-90-71256-02-8. Als begunstiger van de NBS kunt u het boek bij de NBS verkrijgen voor € 27,00.

Informatie over de auteur:

Irene Nieuwenhuijse, Marewijk 89 c, 2316 VV, Leiden, tel: 071-5232328 of 06-53452373 I.Nieuwenhuijse@zonnet.nl
Irene Nieuwenhuijse was journalist bij het Leidsch en Haarlems Dagblad. Zij schreef veel grote verhalen. In 2000 nomineerde de hoofdredactie haar voor de Nederlandse Dagbladprijs. Sinds 2004 maakt ze gebruik van de VUT-regeling en heeft ze tijd boeken te schrijven. Eerder verscheen in 2005 Tiel op de Vlucht, Tielse eva-
cués welkom in Friesland.

RAAD VAN ADVIES



Informatie over de uitgever:

Uitgeverij Ginkgo is een Leidse uitgeverij die zich onder meer heeft gespecialiseerd in Leidse (geschiedenis) boeken. Daarnaast beheert Bert Lever van Ginkgo offsetdrukkerij Nautilus. Koppenhinksteeg 6, 2312 HX, Leiden, tel: 071-5125636 uitgeverijginkgo@xs4all.nl

De brug over de Rijn bij Rhenen

De Stichting Publicaties Oud Rhenen heeft in samenwerking met de Historische Vereniging Oudheidkamer Rhenen en Omstreken een boek uitgegeven over de overbrugging van de Rijn bij Rhenen. Het boek is geschreven door H.P. Deys omdat hij terecht meende dat het vijftig jarig bestaan van de huidige in 1957 aangelegde verkeersbrug niet onopgemerkt kon voorbijgaan.

Er zijn zeer veel fraaie historische foto's in het boek opgenomen, die een goed beeld geven van de geschiedenis van deze overbrugging, die begon met de bouw van de ijzeren spoorbrug, die in 1886 in gebruik werd genomen. Zelfs de tekst van het feestlied, dat ter gelegenheid van de opening van deze spoorbrug werd geschreven door de schoolmeester C.J. Voortman ontbreekt niet. Ook het opblazen van een van de drie hoofdoverspanningen van de spoorbrug in 1940 en de definitieve totale verwoesting aan het eind van de Tweede Wereld-

oorlog in oktober 1944 worden rijk geïllustreerd weergegeven.

Zoals in Nederland gebruikelijk is heeft het geruime tijd geduurd eer men tot een beslissing kwam op de plaats van de oude spoorbrug een nieuwe verkeersbrug te bouwen. De moeizame onderhandelingen, die uiteindelijk geleid hebben tot het realiseren van de verkeersbrug worden uitvoerig beschreven wederom aan de hand van fraaie historische foto's. Er is een heel hoofdstuk gewijd aan de feestelijke opening van de ver-



keersbrug in 1957. Tenslotte wordt ook het pontveer, het zogeheten spoorgat en het fraaie viaduct over de spoorbaan beschreven. De uitgever is er in geslaagd de his-

BEGUNSTIGER

De gelegenheid bestaat om begunstiger van de Nederlandse Bruggen Stichting te worden. Dit houdt in dat men in ieder geval viermaal per jaar het tijdschrift "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 € 20,00 incl. btw. per jaar voor particulieren en € 90,00 incl. btw. 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 NBS te Den Haag. U kunt zich ook via de website aanmelden: www.bruggenstichting.nl

torische zwartwitfoto's op eengoede wijze te presenteren. Het is dan ook een mooi fotoboek geworden dat alleszins de moeite waard is om te bekijken. Het boek is te bestellen door overmaking van € 27,95 inclusief € 3,00 verzendkosten op postgirorekening 4902949 ten name van de Stichting Publicaties Oud Rhenen, uiteraard met vermelding van naam en adres. ISBN 978-90-800286-9-2.



Natuurbrug Zanderij Crailoo, architecte ir. Beate Vlaanderen van het ingenieursbureau Arcadis