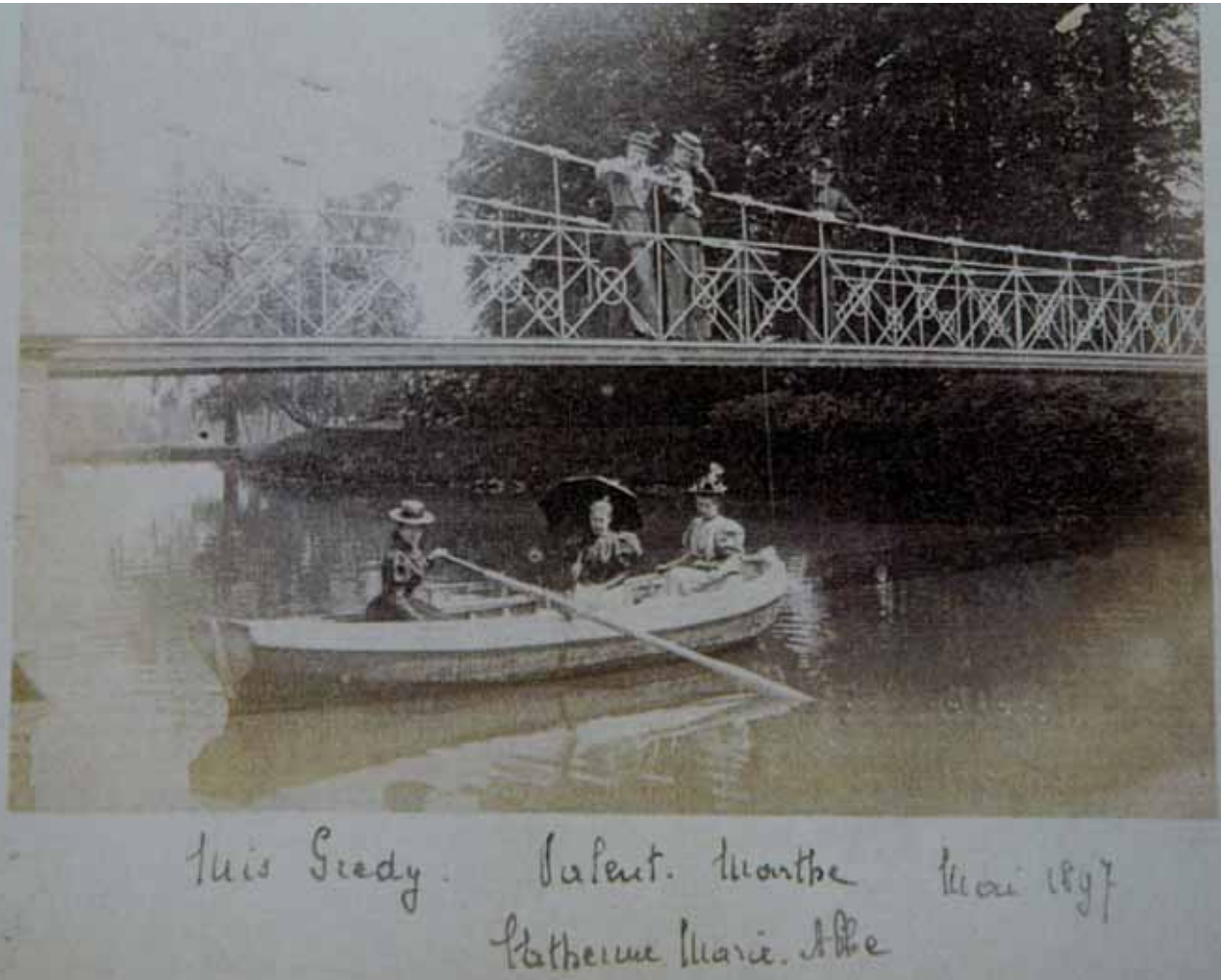


19E EEUWSE SIERBRUGGEN IN BELGIE

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 kadasterplannen 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.

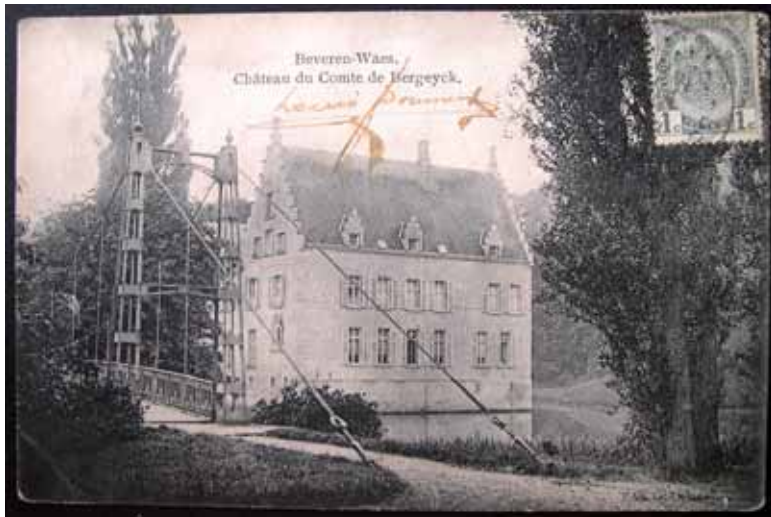
Tijdens de renovatie werd er weinig aandacht besteed aan het ontwerpen van duurzame details. De afdekkap boven de kolom werd achterwege gelaten. Daar waar de kabel in het funderingsmassief gaat, is hij onbeschermd en in rechtstreeks contact met de grond.

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.