

BRUGGEN

JAARGANG 10

NUMMER 4

DECEMBER 2002



Opggericht 10 april 1992

Bestuur:

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

Raad van Advies:

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

Het tijdschrift BRUGGEN verschijnt
 vier maal per jaar.

Gratis voor begunstigers van de
 Nederlandse Bruggen Stichting.
 Losse nummers tot 30 pag.: € 6,50

Kopij

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

Redactie

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

Redactieadres

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

Eindredacteur

Ir. H.P. Klooster, Muidertrekvaart 11,
 1398 PP Muiden, tel.: 0294-417069;
 e-mail: info@bruggenstichting.nl

Website

<http://www.bruggenstichting.nl>

Grafische verzorging

C&C Design Zegveld.

Druk

Drukkerij Maarssenbroek

Oplage

500

INHOUD

Van de redactie	H.P. Klooster	3
De Utrechtse stadhuisbrug ontleed	B.J.M. Klück	4
Normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen.	B.H. Coelman en J. Montein	10
Evolutie van de verschijningsvorm van vaste bruggen vanaf 1940	A. Romeijn	14
"FSC-hout" sterk genoeg voor verkeersbruggen.	J. Kuipers	24
Euro-Bruggen als betaalmiddel	E.J. Huisinga	25

Berichten

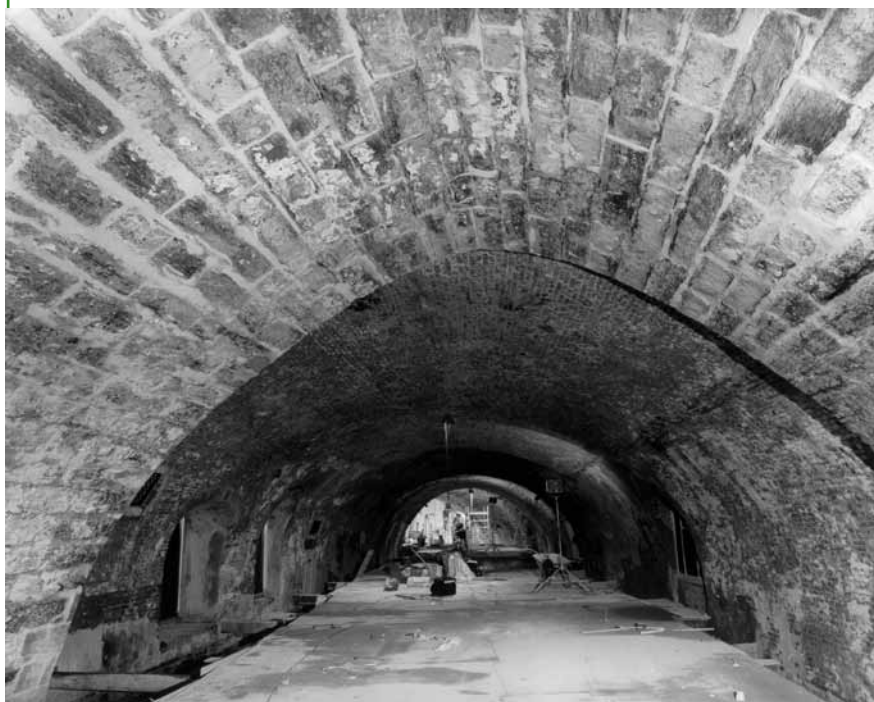
Nieuwe spoorbrug op zijn plaats gevaren	26
Beijerse brug wordt toch gerestaureerd	27
Bestaat er nog ergens een scholle?	27
Werkgroep Bruggen van Steen bezoekt Zutphen	27

Boeken

30 bridges.	28
-------------	----

Bij de foto op de voorpagina:

*De huidenbrug met zijn in de veertiende-eeuw verkregen
 spitsboogvorm en rechts het oorspronkelijke brugfront
 (Fotodienst Het Utrechts Archief)*



*Gezicht onder de stadhuisbrug door naar het noorden gezien. Op de voorgrond
 het natuurstenen gewelf van de huidenbrug, op de achtergrond de broodbrug met
 een halfronde boog (Fotodienst Het Utrechts Archief)*

Van de redactie

H.P. Klooster

Het inmiddels al vierde nummer in de nieuwe outfit ligt weer voor u. Het doet de redactie deugd dat er tot op heden veel positieve reacties van de lezers zijn binnengekomen. Wij hopen natuurlijk dat dit zo zal blijven, maar we staan zeker ook open voor uw kritische opmerkingen, waardoor we dit blad nog verder kunnen verbeteren.

Deze keer beginnen we met een artikel over de omvangrijke restauratie van de "Stadhuisbrug" in Utrecht. Deze brug bestaat uit vijf bruggen, waaronder de oudste nog in oorspronkelijke staat verkerende brug van Nederland.

Het tweede artikel beschrijft het tot stand komen van nieuwe normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen.

In november 1998 is NEN 6786 Voorschriften voor het ontwerpen van beweegbare bruggen verschenen (herzien in 2001). Omdat sinds 1995 de Europese wetgeving van kracht is voor het ontwerpen van machines - dus ook van beweegbare bruggen - de zogeheten Machinerichtlijn, werd toen besloten te starten met een aanvullende norm NEN 6787 Ontwerpen van beweegbare bruggen - Veiligheid.

In oktober vorig jaar is in een druk bezocht symposium ingegaan op de nieuwe normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen. De ontwerpnorm NEN 6787:2001 Ontwerpen van Beweegbare Bruggen - Veiligheid werd toen weliswaar ook gepresenteerd, maar is nog steeds een "ontwerp"-norm (groendruk).

In het derde artikel wordt de evolutie van de verschijningsvorm van vaste bruggen vanaf 1940 beschreven. Er

Cursus. Binnenkort start in het Regionaal Opleidings Centrum (ROC) te Amersfoort een door het centrum Bouwen met Staal georganiseerde cursus voor ontwerpers van beweegbare bruggen, maar ook beheerders, opdrachtgevers en bouwers behoren tot de doelgroep van deze cursus. Doel van de cursus is de cursist bekend maken met de terminologie en de toe te passen methodes en normen bij systematisch ontwerpen van veilige bruggen. In de cursus komen onderwerpen aan bod als het inventariseren van gevaren, risicobeoordeling, veiligheidseisen en vereiste documentatie. Hoewel buiten de scope van de norm, wordt ook de verantwoordelijkheid voor het aanbrengen van de CE- markering bij voor de bruggenbouw gebruikelijke contractvormen behandeld.

blijken een groot aantal factoren van invloed te zijn geweest op de verschijningsvorm van met name stalen bruggen en deze ontwikkeling gaat nog steeds verder, mede veroorzaakt door scherpere normstelling op het gebied van arbeidsomstandigheden en veiligheidsaspecten. In het volgende nummer wordt dit onderwerp aan de hand van een aantal voorbeelden verder uitgewerkt.

Ook het gebruik van hout bij de bruggenbouw wordt weer onder uw aandacht gebracht, ditmaal houten brugdekken.

Tenslotte maken we u opmerkzaam op het feit dat we sinds de invoering van de Euro weliswaar niet met vals geld betalen in Europa, maar wel dat op de bankbiljetten geen echt bestaande gebouwen en bruggen zijn afgebeeld, maar eigen interpretaties van de Oostenrijkse ontwerper Robert Kalina, we betalen dus wel met valse bruggen.

Met dit nummer besluiten we ons tweede lustrumjaar en hopen dat we u hebben kunnen verrassen met vele verschillende aspecten, die bij het onderwerp "bruggen" aan het licht komen.

Ook voor het komende jaar zullen we op deze voet verder gaan. De NBS wenst u prettige Kerstdagen en ondanks de minder gunstige economische vooruitzichten een gezond en voorspoedig bruggenjaar 2003 toe.

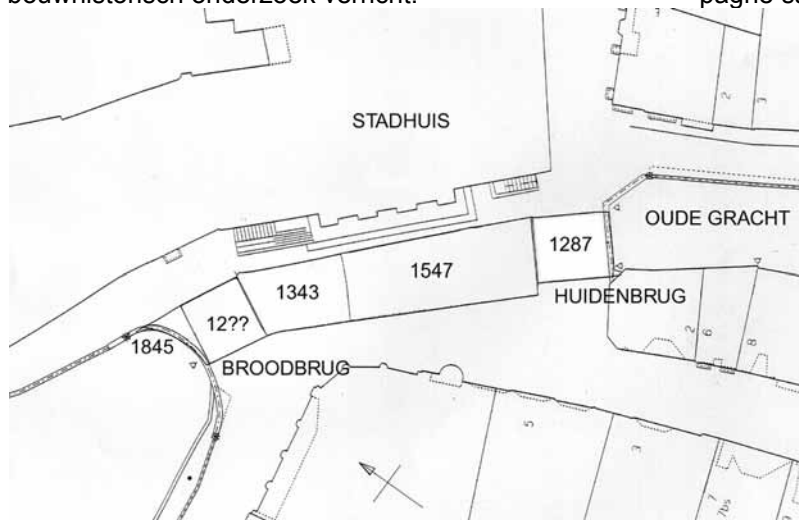


De Berkelpoort in Zutphen (Foto: H.P. Klooster)

DE UTRECHTSE STADHUISBRUG ONTLEED

B.J.M. Klück

Tijdens de restauratie van de Stadhuisbrug in de periode december 2001 tot en met maart 2002 is tot op de bodem van dit over bijna 50 meter overkluisde stuk Oudegracht bouwhistorisch onderzoek verricht.



Opmeting van de Stadhuisbrug, Broodbrug en Huidenbrug (13 eeuw). Daartussen de brugdelen uit 1343 (links) en 1547 (rechts). (Opmeting Marc Kant: Gemeentelijk Bureau Landmeten)

Daarbij zijn de verschillende brugdelen uit onderscheiden perioden uitvoerig gedocumenteerd en op verzoek door de afdeling Landmeten exact ingemeten.

Op basis van het materiaalgebruik waren na het verwijderen van de harde negentiende-eeuwse pleisterlaag de volgende brugdelen van zuid naar noord te onderscheiden:

1. de zogenaamde Huidenbrug, gebouwd met grote blokken Doornikse steen en te dateren in de 13^e eeuw
2. een brede bakstenen brug uit 1547
3. een (ten behoeve van de verbreding in 1547) ingekorte bakstenen brug uit 1343
4. de zogeheten Broodbrug, eveneens in grote Doornikse steenblokken uitgevoerd.

Om de oversteek richting Ganzenmarkt te vergemakkelijken is hier in 1845 een bakstenen boog met zandstenen beëindigd aan toegevoegd.

Van de twee dertiende-eeuwse bruggen is de Broodbrug vermoedelijk het eerste gebouwd en het meest gaaf bewaard gebleven. Op goede gronden kan deze brug als de oudste brug van Nederland aangeduid worden. Niet alleen omdat de bouwtijd mogelijk vóór die van de Servaesbrug in Maastricht (1280-1298) ligt, maar vooral omdat er aan deze brug - in tegenstelling tot de Servaesbrug - nooit grote bouwkundige veranderingen zijn aangebracht.

Iets genuanceerder is de historie van de Huidenbrug, eertijds ook Loghenbrug genoemd. Uit kleine verschillen valt te herleiden, dat deze brug niet in één bouwcampagne samen met de Broodbrug is gebouwd. Maar de overeenkomsten zijn weer zodanig, dat de bouwtijd van beide bruggen wel binnen één generatie moet liggen. De 'Loghenbrug' wordt al in 1287 vermeld. Tot de overeenkomsten met de Broodbrug behoort ook de oorspronkelijke vorm van de Huidenbrug: een rondboog. In de 14^e eeuw is het middendeel van het gewelf met hetzelfde bouw materiaal in een ongeveer op een spitsboog gelijkende vorm herbouwd. Dit gebeurde niet om in een gotische stijl te moderniseren, maar simpelweg om met zo min mogelijk bouwkosten de doorvaarthoogte gelijk te maken aan die van de Broodbrug. Beide natuurstenen gewelven zijn ruim 6 meter breed.

Omdat het zestiende-eeuwse brugdeel, wat aansluit op de Huidenbrug, een gewelf-breedte van 8,5 meter heeft, is van de Huidenbrug nog een deel van het noordelijke brugfront bij het westelijke bruggenhoofd zichtbaar gebleven.



De spitsboogvormige Huidenbrug met op de achtergrond het Utrechtse Stadhuis. (Foto: H.J. Roelofs)

Na het versmallen van de gracht tussen damwanden kon het water langs de bruggenhoofden worden weggepompt. Daardoor en door het ontleisteren kon de opbouw van de bruggen goed bestudeerd worden. Omdat al eerder met onderwaterbeton een versterking bij de voet was aangebracht, was het helaas onmogelijk om zicht te krijgen op de funderingsaanleg. Wel is er tussen het opgebaggerde materiaal een aangepunte eiken paal aangetroffen, maar daarmee is nog niets gezegd over de aanleg van de dertiende-eeuwse bruggen.

Wat wel zichtbaar was boven het betonniveau was een met enkele sprongen trapsgewijze verbreding aan de basis. De bruggenhoofden bestaan uit metselwerk van grote blokken Doornikse kalksteen (22 à 27 cm hoog met een variabele lengte van 55 tot 110 cm) in een soort kettingverband: enkele lange blokken worden afgewisseld door een min of meer vierkant blok. Per laag zie je dat patroon verspringen. De 'vierkante' blokken vormen de kopse kant van dwarsgeplaatste lange blokken die als een verankering steken in het achterliggende bakstenen metselwerk. Deze dertiende-eeuwse bakstenen hebben een formaat van 31x15 (à 16)x7,5 cm.

Bij de Huidenbrug, die veel ernstiger schade bleek te hebben dan de nog zeer gave Broodbrug (afgezien van een in de 17^e eeuw ingehakt keldervenster en een leidingsleuf) kwam nog een bijzondere versterkingsvorm

in zicht. Hier bleken langere en kortere ijzeren krammen de blokken onderling te verbinden. De krammen, met lood vastgezet in de steen zijn van een zeer goede kwaliteit ijzer: roestvorming was alleen als een dunne huid aanwezig, daaronder glansde puur ijzer. We mogen aannemen, dat deze koppelingen ook bij de Broodbrug voorkomen. De brugbogen zelf bestaan uit een gewelf van in de lengte geplaatste blokken, die met lengtes tot 147 cm (bij 20 à 24 cm hoogte en 40 cm diepte) vaak langer zijn dan die uit de brugvoet. Aan de zuidzijde van de Huidenbrug kijkt men tegen de afgeschuinde rand van het bruggewelf aan, waarop met zeventiende-eeuws metselwerk een brugfront rust. Aan de noordzijde echter kijkt men (van onder het zestiende-eeuwse bruggedeelte) tegen een oorspronkelijk brugfront van Doornikse steen dat rust op een over het bruggewelf aangebrachte naar voren uitspringende afgeschuinde boog.

De Broodbrug zit aan twee zijden ingemetseld tussen bakstenen brugdelen, respectievelijk negentiende en veertiende-eeuws. Na uitgraven van de bruggewelven kwam een deel van het zuidelijke brugfront boven het oostelijke bruggenhoofd in het zicht. Omdat dit na nog geen eeuw volgend op de bouw afgedekt werd, is het oppervlak puntgaaf gebleven: een frijnslag met een kader accentueert de vlakheid van de blokken die met zeer dunne voegen bijna naadloos op elkaar aansluiten. Dit metselwerk heeft oorspronkelijk boven het brugdek



De Broodbrug met zijn rondbooggewelf (Fotodienst het Utrechts Archief)



De Huidenbru. Aan de rechterzijde de vleugelmuur met gewelfbogen (Foto: R.J. Roelofs)

als borstwering doorgelopen zoals uit zeventiende en achttiende-eeuwse afbeeldingen nog blijkt.

Ook de techniek van het slaan van de gewelven heeft bij beide dertiende-eeuwse bruggen nog zijn sporen nagelaten in de vorm van reeksen balkgaten in de bruggenhoofden. Daarin staken balken (als kortelingen of balkenrooster) die de houten formeelconstructies moesten dragen waarop de gewelven gebouwd zijn. Bij de Broodbrug zijn deze gaten met ondiepe blokjes kalksteen dichtgezet. Zo zijn er ook enkele aangetroffen bij de Huidenbrug, maar de meeste zijn in de 17^e eeuw vervangen door baksteen metselwerk. Bij de restauratie zijn deze gaten, die net boven de waterlijn liggen, duidelijker zichtbaar gemaakt.

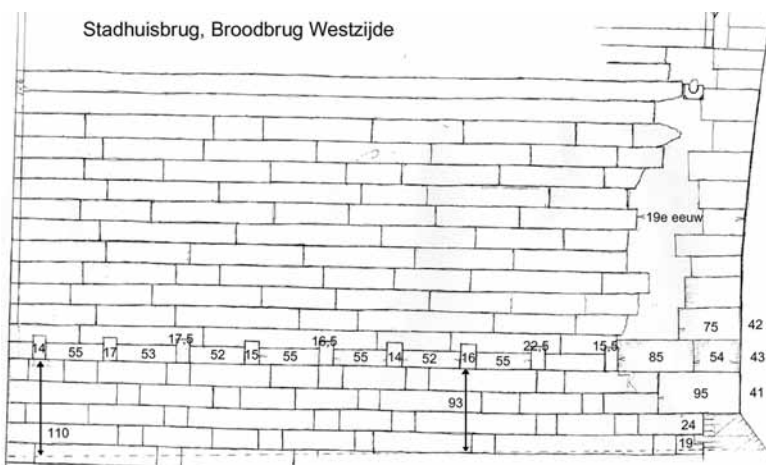
De bakstenen tussenbruggen uit respectievelijk de 14^e en de 16^e eeuw zijn zowel aan oost als westzijde gefundeerd op een doorlopende voet van grote blokken Doornikse steen. Bij nadere analyse blijkt er echter een reeks van verschillen te zijn tussen beide zijden. Aan de westzijde is de brugvoet van het tussenstuk opgebouwd uit blokken die zowel in de langs als dwarsrichting geplaatst zijn; aan de oostzijde is met alleen in langsrichting geplaatste blokken eerder sprake van een natuurstenen klamp. Verder is de gemiddelde dikte van de blokken aan de westzijde geringer dan aan de oost-zijde. Bovendien eindigt de natuurstenen brugvoet aan de oostzijde koud tegen zowel de Huidenbrug als de Broodbrug. Aan de westzijde is dit het geval bij de aansluiting op de Broodbrug, maar niet bij de Huidenbrug. Daar is de brugvoet ingetand in de noordelijke frontmuur van de brug. Zelfs is boven de natuurstenen voet, waarop sinds de 16^e eeuw een bakstenen brug rust, in het front van de Huidenbrug een vertanding te volgen die bewijst, dat ooit de natuurstenen voet tot minimaal straatniveau heeft doorgelopen als volledig natuurstenen muur langs wat toen nog water was tussen de beide dertiende-eeuwse bruggen.

De wijze van bouwen met de blokken Doornikse steen van deze 'kademuur' is exact gelijk aan die van de voet van de Huidenbrug en net als bij die brug schuilt achter de natuursteenblokken metselwerk van dertiende-eeuwse bakstenen, maar dan ook zo dik dat het totale muurwerk (baksteen en natuursteen) zeker een meter dik is. Een zodanige dikte leidt tot de vraag of we hier wel te maken hebben met een restant van een dertiende-eeuwse kademuur of dat op deze zware fundering misschien wel de gevel rustte van een gebouw langs het water tussen de twee bruggen.

Een dergelijk groot gebouw moet een belangrijke functie hebben gehad. Moeten we daarvoor een verband zien met het gegeven, dat de wijnhandel in het midden van de 13^e eeuw bij deze locatie genoemd wordt? Een eventuele wijnhal zou passen in een reeks dertiende-eeuwse handelshallen ten westen van de bisschoppelijke burcht, die niet alleen uit archiefbronnen, bekend zijn, maar ook bij recent bouwhistorisch onderzoek langs Choorstraat en Lijnmarkt zijn vastgesteld. Deze hallen verliezen in de loop van de 14^e eeuw hun functie, worden gesloopt of opgedeeld. Alleen het Oude Wanthuis bleef als vergaderhuis van de Raad nog tot het midden van de 16^e eeuw bestaan.

Blijkens een bouwhistorische opname tijdens de verbouwing van de kelders onder de Choorstraat is door Frans Kipp vastgesteld, dat het pas in 1547 overkluisde gedeelte in de 14^e eeuw een werfje langs de gracht was met aansluitend dertiende-eeuwse kelders onder de Choorstraat. Bij de aanleg van deze werfkelders moet een aanzienlijke structuur gesloopt zijn, zoals het recente bouwhistorisch onderzoek aanwijst.

De 14^e eeuw is in alle opzichten een periode van zeer grote veranderingen rond Stadhuisbrug en het huidige Stadhuis. Uit het stadhuisonderzoek van 1999 bleek al dat het perceel van het huis 'Lichtenberg' uit het einde van de 12^e eeuw, waarvan de kelder onder de negen-



Westzijde van de Broodbrug, waar het metselverband met afwisselend blokken in de langsrichting en dwarsrichting in de brugvoet opvalt. Daarboven een reeks dichtgezette balklagen, waarboven de lange blokken van de brugboog.

De brug helt naar het noorden: feitelijk rust de brug op de oever van de Rijnarm die hier oorspronkelijk van oost naar west stroomde (tekening Bart Klück)



IJzeren krammen (tot 66 cm lengte), afkomstig uit de brugvoet van de Huidenbrug (Fotodienst het Utrechts Archief)

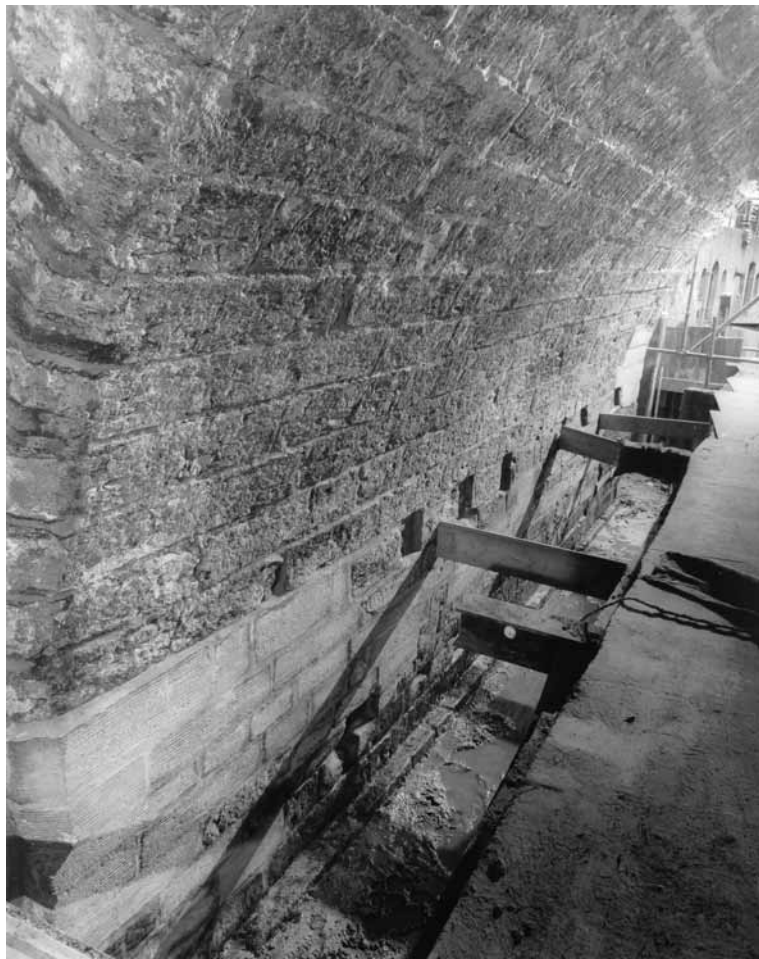
tiende-eeuwse stadhuishal nog bewaard gebleven is, zich eertijds uitstrekte van de Ganzenmarkt tot aan de Vismarkt. Ten oosten van het perceel 'Lichtenberg' moet de situatie, zoals wij die kennen met de straten Minderbroederstraat, Annastraat, Oudkerkhof en Korte Minderbroederstraat totaal anders zijn geweest. Dit hele gebied behoorde van oorsprong vermoedelijk aan

de bisschop. In die tijd stroomde de Rijn nog door wat later de Minderbroederstraat is, hoewel niet meer in de brede bedding die bij de opgraving achter het Stadhuis is teruggevonden: de gracht naar Tolsteeg is al in 1122 gegraven en voerde vandaar het meeste water naar het noorden, de oude tak in een verlandingsproces achterlatend.

Langs dit oude water echter, aan de Ganzenmarkt, was de toegangspoort van het erf van 'Lichtenberg': de tufstenen funderingen daarvan zijn enkele jaren geleden teruggevonden. In de 13^e eeuw wordt tegen de zuidwesthoek van het huis 'Lichtenberg' en direct aan het water van de Oude Gracht grenzend, het huis 'Hasenberg' gebouwd. Oorspronkelijk zal dit tot het eigendom 'Lichtenberg' behoord hebben. Uit de kelders blijkt, dat dit huis zich uitstrekte tot aan de Vismarkt en dat bovendien de Huidenbrug daarmee één bouwkundig geheel is. De Huidenbrug lijkt van oorsprong geen verbinding te zijn tussen de westzijde van de gracht en de Vismarkt, maar veeleer de toegangsbrug naar 'Hasenberg', waarin zich mogelijk een poort bevond als entree voor het perceel 'Lichtenberg'. Zo'n situatie duidt op een hoge status van 'Lichtenberg', wat alleen al bevestigd wordt door de historische berichten uit het einde van de 13^e eeuw. Daarin wordt melding gemaakt van de grote rol, die Jacob van Lichtenberg speelt in de conflicten tussen de bisschop en andere machten in de stad en niet te



Het vrijgegraven zuidelijke front van de Broodbrug (Fotodienst het Utrechts Archief)



Brugvoet van de Huidenbrug met balkgaten boven de waterlijn (Fotodienst het Utrechts Archief)

vergeten het Hollandse gravenhuis. Na de gewelddadige dood in 1302 van deze Jacob tijdens zijn gevangenschap in 'Fresenburg' (Oude Gracht 113) zorgen zijn nakomelingen nog tientallen jaren voor vergelijkbaar kabaal. Dit leidt tot de verbanning van Jan van Lichtenberg, die echter na enige jaren mag terugkeren naar zijn huis. Deze terugkeer lijkt onderdeel van een deal met de bisschop en de gilden, waarbij ingrijpende territoriale verschuivingen tussen de verschillende partijen plaats vinden met de stad als grote winnaar.

Het huis 'Hasenberg' wordt in 1343 bestemd voor het representatief herbergen van Schout en Schepenen. De stadskerk, de Buurkerk, kan nu westwaarts uitbreiden ter plaatse van het oude rechthuis. Voor zijn nieuwe functie werd 'Hasenberg' verbouwd, waarbij een deel werd afgebroken en een nieuwe zuidgevel meer naar het noorden werd gebouwd. Het huis werd niet zover ingekort dat de gehele Huidenbrug vrijkwam. In de kelder van 'Hasenberg' staat een veertiende-eeuwse dwars-muur, die deze nieuwe gevel droeg en op 19 maart jl. is op de vrijgegraven Huidenbrug precies de hoek van deze veertiende-eeuwse gevel als een blok metselwerk met hoekblokken van Doornikse steen teruggevonden.

De brug gaf vanaf 1343 toegang tot het terrein ten oosten van 'Hasenberg' waar het Vleeshuis werd gebouwd, maar waar ook pas sinds deze periode sprake is van straten als Annastraat en Oudkerkhof, inderdaad aan-

gelegd over het oude kerkhof en tot dan behorende aan het Domkapittel.

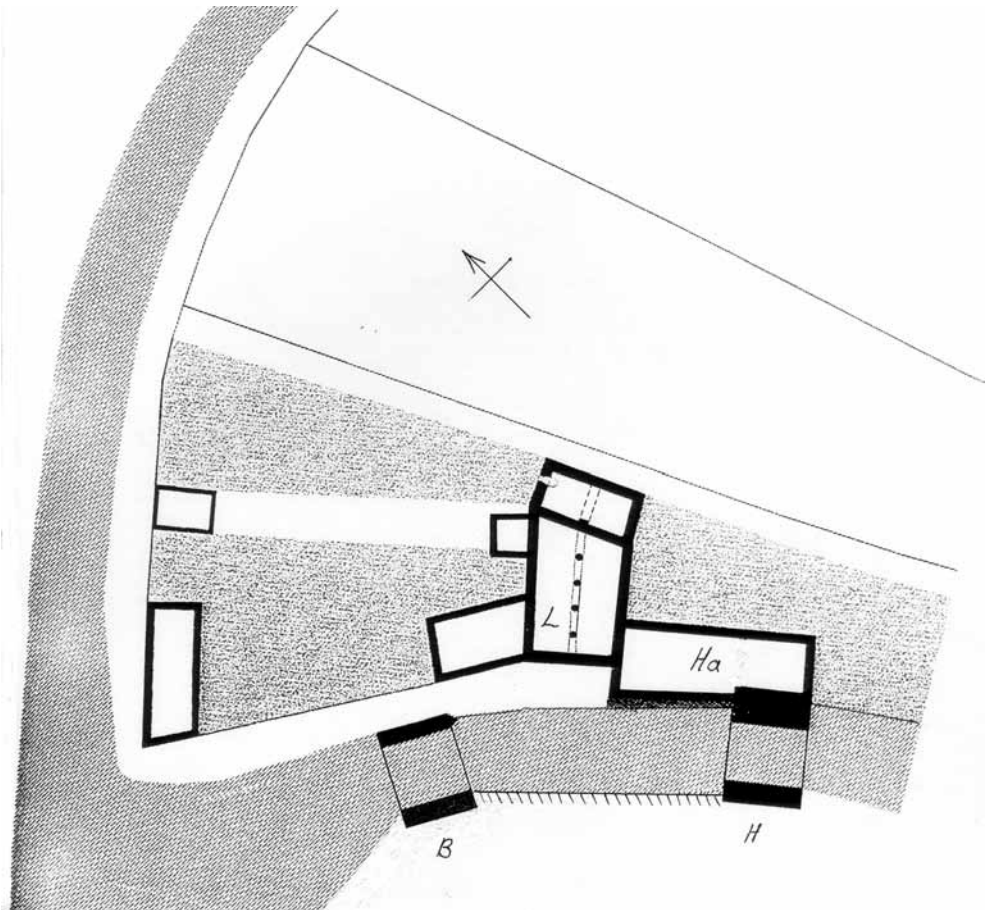
Gelijk met deze verbouwing werd eveneens de Broodbrug aanzienlijk verbreed door een bakstenen brug tegen de zuidzijde te bouwen. Deze moet een aantal meters breder geweest zijn dan wat nu nog aanwezig is. De zware muur met mogelijke bijbehorende hal tussen Broodbrug en Huidenbrug werd tot vlak boven de waterlijn gesloopt, zodat er een werfje aangelegd kon worden met daarop uitkomende nieuwe kelders.

Deze situatie duurt tot 1547, dan wordt het stadhuis verbouwd. Voor het eerst komen Schout en Schepenen en Raad in één gebouw. Het nog pas in 1520 fraai verbouwde 'Hasenberg' wordt overlangs gehalveerd en de gevel teruggeplaatst. Het laatste open water tussen Huidenbrug en Broodbrug wordt overkluisd, zodat het huidige plein vóór het nieuwe stadhuis ontstaat: de Plaats.

Detail van de aansluiting van het 16e eeuwse brugdeel op de Huidenbrug. De natuurstenen voet onder de 16e eeuwse brug is het restant van een hoog opgaande muur, waarvan de intanding in het front van de Huidenbrug nog te volgen is. (Fotodienst het Utrechts Archief)



Afbeelding rechts:
reconstructie van het perceel
van het huis 'Lichtenberg' in de
13e eeuw met de beide bruggen.
Links de toen nog bestaande
oude Rijnarm. L=Lichtenberg
Ha= Hasenberg B= Broodbrug
H= Huidenbrug
(tek. Bart Klück)



Afbeelding onder:
de vrijgegraven Huidenbrug.
De klomp metselwerk tussen
de leidingen is een rest van de
14e eeuwse hoek van het huis
'Hasenberg'. De stadhuisgevel
op de achtergrond staat op de
rooilijn van 1547 (Fotodienst het
Utrechts Archief)



Normen voor het ontwerpen van beweegbare bruggen.

B.H. Coelman en J. Montijn

Bij het ontwerpen van beweegbare bruggen spelen onderstaande normen een belangrijke rol:

1. De normen, die de rekenvoorschriften ten aanzien van de verkeersbelastingen op bruggen behandelen.
2. De norm, die de voorschriften geeft voor het berekenen van de aandrijfmechanismen en hun onderdelen.

Van de laatste norm is een geheel nieuwe tweede druk uitgegeven als NEN 6786: 2001 Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen, (VOBB). Tevens is er een nieuwe norm met veiligheidseisen voor beweegbare bruggen uitgebracht: ontw. NEN 6787: 2001, (Ontwerpen van beweegbare bruggen - Veiligheid).

Een korte terugblik op het ontstaan van ontwerp-regels voor verkeersbelastingen

Omstreeks 1850 ging door de invoering van gewalst ijzer voor de bruggenbouw en de opkomst van de toegepaste mechanica de berekening van bruggen een steeds grotere rol spelen. Daardoor ontstond de behoefte aan het op éénduidige wijze aangeven van verkeersbelastingen.

Aanvankelijk rekende men met een gelijkmatig verdeelde belasting voor de rijweg, later vermeerderd met de puntbelastingen van paard en wagen en in bijzondere gevallen voor een stoomwals. (Zie hiervoor ook het artikel van A. Romeijn in het NBS-Nieuws, jaargang VIII nr.1). Omstreeks 1900 begon de stormachtige ontwikkeling van de (vracht)auto, hetgeen leidde tot veel hogere belastingen op wegen en bruggen. De eerste voorschriften voor belastingen op bruggen verschijnen echter pas in 1920 in de vorm van een beschikking van de Minister van Waterstaat. In 1929 volgde een herziening met gedifferentieerde belastingen voor eigen gewicht, mobiele belasting, windbelasting en temperatuurinvloeden. Bovendien werd de stootcoëfficiënt ingevoerd, waardoor rekening gehouden kon worden met de grotere krachten, die op een brug worden uitgeoefend bij hogere snelheden van het daarover rijdende verkeer. In de jaren 1931 en 1932 volgden stelselmatig herzieningen en aanvullingen, hetgeen in 1933 uitmondde in de VOSB 1933 (Voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen). In 1938 verschijnt deze norm als N1008, waarin tevens normen worden opgenomen voor het opstellen en vervaardigen van stalen bruggen (VOSB / VVSB 1938). Ondanks de snelle ontwikkeling van de zware vrachtwagens, volgde pas in 1963 een gehele herziening van de laststelsels in een nieuwe VOSB 1963, NEN 1008. In 1995 verschijnt een volgende herziening in NEN 6788 (VOSB 1995), die in 1999 weer wordt aangepast: NEN6788 / A1 (VOSB 1995).

Vorig jaar verscheen een geheel nieuwe Nederlandse norm: Ontw. NEN 6706: 2001 "Verkeersbelastingen op bruggen". Dat is de vertaalde NVN-ENV 1991 Eurocode 1, deel 3 "Traffic loads on bridges" met daarin verwerkt het NAD (Nationaal Applicatie Document).

Recapitulerend voor het ontwerpen van beweegbare bruggen staan vier "bruggen" normen de constructeur ter beschikking:

1. Het Ontwerpen van Stalen Bruggen - Basiseisen en eenvoudige rekenregels (VOSB 1995) - NEN 6788/A1:1999.
2. Verkeersbelasting op bruggen ontw. NEN 6706:2001. Afgeleid van NVN-ENV,1991-3, "Traffic loads on bridges".
3. Voorschriften voor Ontwerpen van Beweegbare Bruggen (VOBB) - NEN 6786:2001.2^e druk.
4. Ontwerpen van Beweegbare Bruggen - Veiligheid ontw. NEN 6787:2001.

Ontwikkelingen voorschriften belastingen op verkeersbruggen

1850	Gelijkmatig verdeelde belasting
1894	Belastingen op verkeersbruggen volgens Duitse richtlijnen. Omstreeks 1900 intrede auto in het verkeer.
1920	Circulaire verkeersvoorschriften - beschikking Minister Waterstaat
1929	Herziening belastingvoorschriften voor de berekening van bruggen in de rijswegen.
1932	Ontwerp, Voorschriften voor het ontwerpen en vervaardigen en opstellen van stalen bruggen - publicatie in "De Ingenieur".
1933	Voorlopige voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen (VOSB 1933) exclusief VVSB.
1938	VOSB 1938 als N 1008. Inclusief VVSB (Voorschriften voor het Vervaardigen van Stalen Bruggen)
1963	Herziening VOSB, NEN 1008 (VOSB 1963).
1977	VVSB-1977-NEN 2008.
1995	VOSB 1995 - NEN 6788
1999	Herziening VOSB - NEN 6788/A1.
2001	Ontwerp NEN 6706 "Verkeersbelastingen op bruggen". Afgeleid van NVN-ENV 1991-3, Eurocode 1, deel 3, "Traffic loads on Bridges".

Op het ontwerp van staalconstructies voor beweegbare bruggen zijn uiteraard nog tientallen andere normen relevant; in het voorgaande is volstaan met een summiere opsomming van de ontwikkelingen op het gebied van de normering van verkeersbelastingen en andere invloeden op de sterkte en stijfheid van bruggen. Voor spoorbruggen hebben aanvankelijk andere, voornamelijk Duitse, normen gegolden (zie kader op blz. 12). Min of meer gelijk opgegaan met de ontwikkelingen van de regelgeving voor de diverse belastingen zijn de ontwikkelingen geweest van de materiaaleigenschappen van het constructiestaal en daaruit voortvloeiende hogere toe te laten spanningen. Deze evolueerden van 750-850 Kg/cm² voor ijzeren rijvloeren in 1920 tot 1400 Kg/cm² voor de staalkwaliteit St 37 en 2100 Kg/cm² voor St 52 in de VOSB 1938 N1008 en later 1600 Kg/cm² voor Fe 37 en 2400 Kg/cm² voor Fe 52 in de VOSB 1963 N1008.

Ontwikkeling van de voorschriften voor het ontwerpen van de mechanische uitrusting

De regelgeving voor het ontwerpen van de mechanische en elektrische installaties ontstond veel later. Tijdens de tweede wereldoorlog startte de Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat de werkzaamheden om tot een regelgeving te komen voor de berekening van de mechanische installaties en hun machineonderdelen, alsmede de bepalingen met betrekking tot de elektrische installaties. Omdat de activiteiten voor de bouw van bruggen toen stil lagen, heeft men van de gelegenheid gebruik gemaakt om enige lijn te brengen in de diverse richtlijnen, die voor het ontwerpen van beweegbare bruggen werden gebruikt. Dat resulteerde in de voorlopige uitgave van de Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen (VOBB 1946), in 1965 onder voorzitterschap van prof. ir. A.A. van Douwen hernieuwd uitgebracht als VOB 1965. Deze voorlopige norm heeft door allerlei omstandigheden echter nooit de status van een officiële norm gekregen.

Door de snelle ontwikkelingen op het gebied van materialen, belastingen, rekenmethoden werd de VOB 1965 grotendeels achterhaald. Daardoor ontstond in begin jaren tachtig behoefte aan nieuwe richtlijnen, reden waarom in augustus 1988 de werkgroep Beweegbare Bruggen werd geïnstalleerd, de latere norm-commissie 351062.

Het ontwerpen van een beweegbare brug bestrijkt verschillende vakgebieden: staalconstructies, werktuigbouw (mechanische en hydraulische installaties), elektro- en regeltechniek. Het is derhalve een complexe materie, die multidisciplinair moet worden aangepakt. Er werd uitgegaan van een gefaseerde aanpak voor het concipiëren van de norm aan de hand van vijf beheersaspecten, te weten: tijd, middelen (financiën), organisatie, kwaliteit en informatie / documentatie.

De normcommissie bestond ten gevolge van deze benadering uit een projectgroep en vier werkgroepen. Als we daar nu op terug kijken kunnen we constateren dat deze aanpak maar ten dele heeft gewerkt; met name de geplande tijd en in verband daarmee ook het aspect financiën is verre overschreden. In de praktijk is gebleken dat de beschikbaarheid van de commissieleden, de inspraak, de bureaucratie, e.d. invloedrijker waren op het voortgangproces dan aanvankelijk was voorzien. Medio

1994 werden de diskettes met de ontwerp teksten en figuren overgedragen aan het Nederlands Normalisatie Instituut (NNI), hetgeen resulteerde in het in januari 1996 verschijnen van een ontwerp NEN 6786: 1995 (groendruk). Na de kritiekperiode verscheen in 1998 de eerste druk van de VOB 6786: 1998 met het oogmerk om daarmee één à twee jaar ervaringen mee op te doen en deze in een herziene uitgave te verwerken. In april 2000 is begonnen met het verwerken van deze opgedane ervaringen en kritiek en het voorbereiden van een tweede druk, de NEN 6786: 2001 (VOBB), die in oktober 2001 is verschenen.

Verschillen met de oude norm

De belangrijkste verschillen tussen de huidige NEN 6786:2001 (VOBB) en de eerdere voorlopige voorschriften zijn:

1. De structuur is opgezet volgens de normen voor Technische Grondslagen voor Bouwvoorschriften (TGB-structuur): Dat wil zeggen een semi-probabilistische beschouwing over onder meer betrouwbaarheid, bruikbaarheid, aanduidingen, opbouw en eenzelfde vormgeving, enz.
2. De eisen ten aanzien van de beschikbaarheid van een beweegbare brug: dat wil zeggen dat in een doorgaande vaarweg de beschikbaarheid van een te bouwen beweegbare brug minstens gelijk moet zijn aan de beschikbaarheid van de reeds aanwezige beweegbare bruggen. Deze beschikbaarheidseis is overlegd met vaarwegbeheerders en heeft geresulteerd in een maximaal aantal dagen per jaar dat de brug door wind niet geopend kan worden, afhankelijk van het type vaarweg: voor de zeevaart bijvoorbeeld 0,5 dag per jaar en voor de lokale vaarwegen 3 dagen per jaar. Door andere oorzaken dan wind zal het aantal dagen dat de brug niet bewogen kan worden (niet beschikbaar is) groter kunnen zijn. De beschikbaarheid van een beweegbare brug wordt gevormd door de beschikbaarheid van de mechanische en elektrische installaties voor zowel hoofd- als noodbedrijf.
3. Aan de beoordeling van de mechanische uitrusting zijn diverse machineonderdelen toegevoegd met onder andere hydraulische cilinders en zuigerstangen.

Toekomst regelgeving ontwerpen beweegbare bruggen

De Voorschriften voor het Ontwerpen van Beweegbare Bruggen NEN 6786: 2001 (VOBB) zijn, voorzover bekend, uniek in Europa, zo niet in de wereld. Bekend is slechts dat er in de Verenigde Staten van Amerika een in 1988 herziene regelgeving bestaat, de "Standard Specifications for Movable Highway Bridges". Dit is deels een rekennorm en deels een aanwijzing voor het maken van bestekken. In 1994 is in Canada ook iets soortgelijks gepubliceerd. De NEN 6786 is derhalve een uniek stuk gereedschap voor ontwerpers van beweegbare bruggen, waarmee Nederland een baanbrekende positie inneemt.

De norm NEN 6786: 2001 (VOBB) en de ontwerp norm NEN 6787: 2001 (Ontwerpen beweegbare Bruggen - Veiligheid) zouden samen als basis kunnen dienen voor Europese regelgeving. De ontwerp norm NEN 6787 is volgens de systematiek van de Europese regelgeving



Ophaalbrug over het Kanaal door Walcheren in Middelburg.
(Foto: Hoofddirectie v.d. Waterstaat bur. Reprografie)

geschreven, maar heeft weliswaar geen Europese status. Nederland zou een voortrekkersrol kunnen vervullen bij het samenstellen van Europese normen op dit gebied.

Machinerichtlijn

Voor industriële machines geldt de Machinerichtlijn, die is vastgelegd in de ARBO-wetgeving. En, hoewel op het eerste gezicht niet zo logisch: een beweegbare brug is ook een machine volgens de definitie van deze richtlijn. Een belangrijk onderdeel hierin is de bijlage met de “fundamentele veiligheidseisen”. Ook het ontwerp van een beweegbare brug moet sinds 1 januari 1995 hieraan wettelijk voldoen en de fabrikant levert bij de oplevering een CE-verklaring, waarmee hij verklaart dat het ontwerp voldoet aan de eisen gesteld in de Machinerichtlijn. Tenslotte brengt de fabrikant op de brug een CE-markering aan.

In Europees verband zijn normen opgesteld met eisen die zijn afgeleid van de fundamentele eisen uit de richtlijn. De ontwerp norm NEN 6787, die vorig jaar is verschenen, is de eerste Nederlandse norm met veiligheidseisen voor beweegbare bruggen. Een belangrijk uitgangspunt van de Machinerichtlijn is dat de verantwoordelijkheid voor de veiligheid van een machine bij de fabrikant ligt. Het is goed te weten dat een beweegbare brug een machine is en de opdrachtgever (vaak de overheid) hier als “fabrikant” wordt aangemerkt.

Ontwerpprincipes

De eerste stap in het ontwerp volgens de Machinerichtlijn is het beoordelen van het risico. Alle relevante gevaren worden geïnventariseerd en de bijbehorende risico's beoordeeld. De risicobeoordeling is verplicht, maar de methode wordt overgelaten aan de ontwerper. Hierbij moet de ontwerper bij de eerste beoordeling in gedachten alle veiligheidsmaatregelen die gewoontegetrouw al zijn aangebracht wegdenken.

Na de risicobeoordeling moet er per gevaar en gevaarlijke situatie worden bepaald of het risico moet en kan worden gereduceerd. De Machinerichtlijn schrijft dwingend voor op welke wijze veiligheidsmaatregelen in het ontwerp van een machine, en dus ook een brug, moeten



Basculebrug over de Westsluis in Terneuzen.

(Foto: Hoofddirectie v.d. Waterstaat bur. Reprografie)

worden toegepast. Deze volgorde luidt als volgt:

1. De ontwerper moet eerst nagaan of de gevaarlijke situatie in zijn geheel kan worden vermeden door zijn ontwerp aan te passen, zodanig dat er geen risico meer aanwezig is.
2. Als die eerste stap niet tot bevredigende resultaten leidt, moet de ontwerper beveiligingen aanbrengen om de gebruiker te beschermen (afschermingen).
3. Pas als voorgaande twee stappen niet uitvoerbaar zijn, mag worden volstaan de gebruiker te informeren over het gevaar via signalen (licht en geluid) en aanduidingen (borden).
4. Tenslotte moet de gebruiker (de bediener) worden geïnformeerd over de risico's in een gebruikershandleiding.

Hoever gaat de definitie van machine nu in het geval van een beweegbare brug? De definitie beperkt zich niet tot de staalconstructie en het bewegingswerk. Ook de afsluitbomen, de verkeersregelininstallatie en de besturing vallen onder het geheel van het systeem “beweegbare brug” dat als machine wordt aangeduid. Dus alle systemen die mede de veiligheid van de brug bepalen. (zie kader op blz. 13)

Praktische gevolgen

De invloed van de ontwerp NEN 6787, en dus van de Machinerichtlijn, op het ontwerpproces van een beweegbare brug uit zich vooral in de verplichte risicobeoordeling en het schrijven van een gebruikershandleiding. De risicobeoordeling is een nieuw element en in de praktijk zal dat vanaf het eerste ontwerp deel moeten uitmaken van het ontwerpproces. Een ander aspect is de vereiste gebruikershandleiding, die volgens de Machinerichtlijn veel uitgebreider moet zijn dan de al gebruikelijke summiere bedieningshandleiding en onderhouds- en smeerschema's. Belangrijke andere gevolgen zijn er verder voor onder meer:

1. De bediening. Nieuwe technieken zoals “touch screens” en draadloze afstandsbediening moeten op een veilige wijze worden toegepast. Dat kan betekenen dat het vooralsnog goedkoper (want betrouwbaarder) is om gebruik te maken van ouderwetse, meer robuuste bedieningsorganen.

Ontwikkelingen voorschriften belastingen op spoorbruggen

1877	Technische voorschriften.
1903	Pruisische voorschriften.
1913	Pruisische voorschriften.
1917	Voorschriften ijzeren bovenbouw.
1925	Duitse voorschriften.
1932	Ontwerp, Voorschriften voor het ontwerpen en vervaardigen en opstellen van stalen bruggen - publicatie in “De Ingenieur”.
1933	Voorlopige Voorschriften voor het Ontwerpen van Stalen Bruggen (VOSB 1933) exclusief VVSB.
1938	VOSB 1938 als N 1008. Inclusief VVSB (Voorschriften voor het Vervaardigen van Stalen Bruggen).
1963	Herziening VOSB 1963 - NEN 1008.
1971	UIC (Union Internationale des Chemins de fer)

2. De afstandbediening. De Machinerichtlijn stelt duidelijke eisen aan wat een bediener van de brug moet kunnen zien tijdens het bedienen van de brug. Dit heeft rechtstreeks gevolgen voor het aantal en de kwaliteit van camerasystemen en de verbinding tussen de brug en de bediening-op-afstand.
3. Onderhoudsinrichtingen. Verfwagens, die met de brug zijn verbonden moeten zijn beveiligd tegen onbedoeld bewegen. Meestal is dit nu niet het geval.
4. Detectie-inrichtingen zoals schakelaars. Deze moeten nu aan normen voldoen wat betreft betrouwbaarheid (NEN-EN 954)

De verantwoordelijkheid voor de veiligheid ligt dus bij de fabrikant (ontwerper). Bij het ontwerpen van de brug wordt de ontwerper voor belangrijke keuzen geplaatst die de veiligheid van de brug beïnvloeden. Er is geen keurende instantie die dat controleert. De ontwerper moet zichzelf verantwoorden in zijn dossier hoe hij met door hem geïdentificeerde gevaren is omgegaan. Het uit louter economische motieven weglaten van een veiligheidsmaatregel en het volstaan met een waarschuwingbordje is niet toegestaan. Het is daarom van belang zo vroeg mogelijk in het ontwerpproces te beginnen met de risicobeoordeling om een inherent veilig ontwerp te kunnen maken. Het wijzigen van het ontwerp achteraf kost relatief veel geld en tijd.

Bronnen

B.H. Coelman, Belastingen op verkeersbruggen in "Bruggen in Nederland 1800-1940" deel I onder redactie van J. Oosterhoff.

A. Romeijn, Verkeersbelastingen op stalen bruggen voor het wegverkeer, NBS-Nieuws jaargang VIII nr. 1

Een artikel met soortgelijke inhoud is eveneens verschenen in Bouwen met Staal 162, oktober 2001. Daaruit zijn grote gedeelten in dit artikel verwerkt.

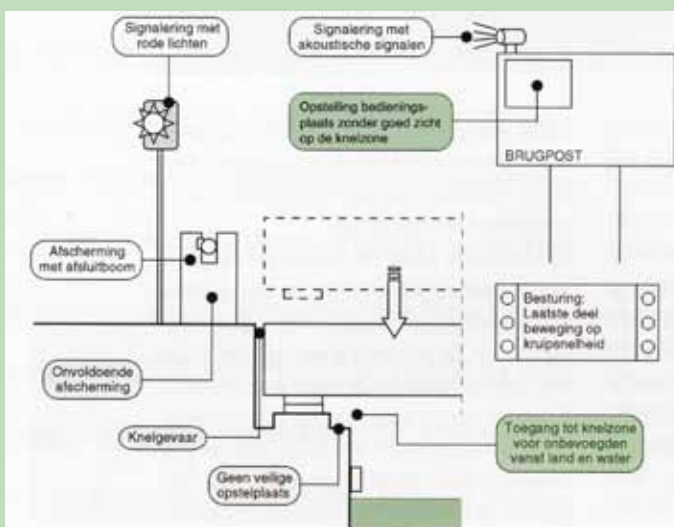
Ing. B.H. Coelman is voorzitter van normcommissie 351062 (Beweegbare Bruggen)

Ir. J. Montijn is Hoofd Engineering bij machinefabriek "Hollandia"BV.

Voorbeeld

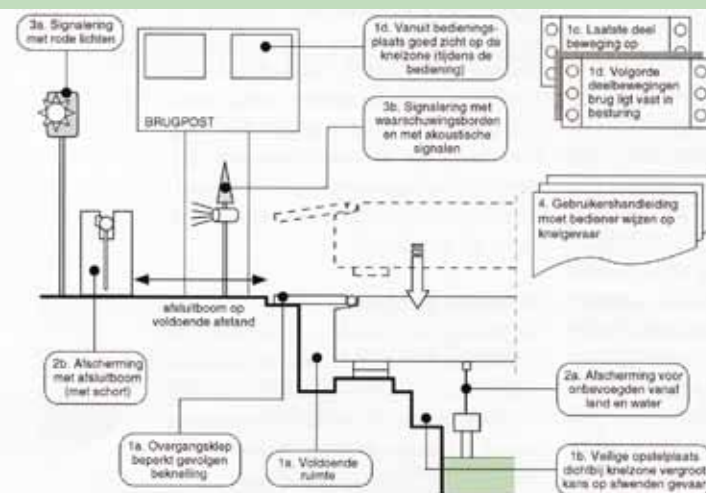
Wat kunnen de gevolgen zijn van de Machinerichtlijn op het ontwerpproces van een beweegbare brug? Als voorbeeld bekijken we de (voeg)overgangen van een hef- of basculebrug die door hun aard een gevaarlijke plaats zijn, met name voor onderhoudspersoneel en voorbijgangers. Het uitgangspunt bij de risicobeoordeling is de brug zonder veiligheidsmaatregelen. We concentreren ons op het latente knelgevaar bij het sluiten van de brug, met als risico: dood door afknelling.

Afbeelding 1 laat zien hoe een beweegbare brug tot nog toe in het algemeen wordt beveiligd. Hoewel er afschermingen en waarschuwingen aanwezig zijn die het risico op beknelling reduceren, is het knelgevaar niet fundamenteel gewijzigd. In de huidige ontwerppraktijk gaat de ontwerper er (stilzwijgend) van uit dat degene die zich in de gevarenzone bevindt zich ook bewust is van het gevaar. De Machinerichtlijn is echter bedoeld om juist dit soort situaties te voorkomen. Bruggen zullen dus nu zó moeten worden ontworpen dat het risico op ongelukken wordt geminimaliseerd; ook bij de inzet van toevallig minder geschoold personeel of aanwezigheid van publiek. In dit geval moet eerst worden gezocht naar aanpassingen in het ontwerp die het knelgevaar verminderen.



1. Beweegbare brug beveiligd met nu gangbare veiligheidsmaatregelen. In groen zijn de nog resterende gevaren aangegeven.

Hoe een brug er dan uit zou kunnen zien, toont afbeelding 2. Aangegeven is welke maatregel voortkomt uit welke ontwerpstep. Niet alle maatregelen in dit voorbeeld zijn echter altijd nodig om tot een voldoende veilig ontwerp te komen. Van belang is te beseffen dat de ontwerper verantwoordelijk is een inherent veilig ontwerp te maken. De ontwerper zal per geval moeten bekijken én beoordelen welke veiligheidsmaatregelen voldoende zijn. Hierbij moet hij rekening houden met onder meer het opleidingsniveau van de te verwachten blootgestelde personen, de drukte van het verkeer en mogelijk vandalisme. Dat gebeurt in de risicobeoordeling, waarmee de ontwerper zijn keuzen verantwoordt en aantoonbaar maakt.



2. Overgangszone van een beweegbare brug met veiligheidsmaatregelen voor het aspect 'knelgevaar'. De veiligheidsmaatregelen zijn genummerd volgens de gedwongen volgorde.

Evolutie van de verschijningsvorm van vaste bruggen vanaf 1940

A. Romeijn

Dit artikel geeft een beschrijving van het algemeen historisch beeld, de invloedsfactoren op de verschijningsvorm en de materiaalkeuze van met name stalen bruggen. In een vervolgartikel wordt stilgestaan bij de evolutie van verschillende typen stalen bruggen zoals vakwerkliggerbruggen, boogbruggen, plaatliggerbruggen, kokerliggerbruggen en tuibruggen. Beide artikelen geven grotendeels een samenvatting van het afstudeerwerk van Niels Menken, juni 2002, TU-Delft [1].

1. Algemeen historisch beeld

1.1 Ontwikkeling bruggenbouw periode voor 1945

Vanwege de ruime aanwezigheid van water in de vorm van de grote scheepvaartwegen, vond het transport in Nederland tot halverwege de negentiende eeuw hoofdzakelijk plaats over water. Daarnaast waren grote delen van het land, vanwege hun ligging onder zeeniveau, zeer drassig en daardoor moeilijk begaanbaar voor landverkeer. De uitbreiding van het wegennet kreeg een impuls toen door Napoleon een centraal gezag over de verdeelde Nederlanden werd ingevoerd. Zo ontstonden straatwegen tussen grote steden, zoals tussen Den Haag en Haarlem en tussen Utrecht en Apeldoorn. Deze wegen hadden tot doel de integratie van het ingelijfde gebied met het Franse rijk te bewerkstelligen. Nadat de Fransen in 1813 uit Nederland waren getrokken, werden verdere plannen gemaakt voor de aanleg van een wegennet. Zoals dit er in 1821 uit zag is te zien in figuur



Figuur 1. Het wegennet van 1821 voor wegen van eerste klasse

1. Tot de komst van de auto speelde het landverkeer een ondergeschikte rol en diende alleen plaatselijke vervoersbehoeften. Wanneer er een kanaal of rivier gekruist moest worden werd dit gedaan door middel van bruggen als het om een kleine waterweg ging, en door middel van veerboten bij grote brede wateren. Het landverkeer bestond niet uit zeer zware voertuigen, de aantallen waren niet erg groot en men had ook niet zoveel haast als tegenwoordig het geval is. De pontveren voldeden in die tijd daarom prima. De beschikbaarheid van de veerdiensten was niet erg goed en ook niet altijd even veilig. Bij mist, storm en ijsgang was varen vrijwel onmogelijk en bij een verkeerde manoeuvre kon de veerboot omslaan.

Verkeersbruggen: Op plaatsen waar relatief veel landverkeer de rivier kruiste werd de veerpont vervangen door een schipbrug, die zoals de naam al doet vermoeden een combinatie van een schip en een brug is. Deze overbrugging bestond uit schepen die op een afstand van 5 tot 8 meter hart op hart naast elkaar lagen en waar een rijvloer over was aangebracht. De scheepvaart had hierdoor geen vrije doorvaart, maar de schipbrug kon geopend worden door een aantal naast elkaar gelegen schepen uit te varen waardoor een opening werd gemaakt. Schipbruggen waren goedkoop en snel te bouwen, maar kenden het nadeel van veel onderhoud en de noodzaak de brug te openen voor zelfs het kleinste vaartuig. Ook waren ze kwetsbaar bij ijsgang en hoge waterstanden. Over de grote rivieren bevonden zich schipbruggen over de Lek bij Vianen, over de Rijn bij Arnhem en zelfs vier over de IJssel, namelijk bij Westervoort, Doesburg, Deventer en Zutphen. De schipbruggen zijn in de periode 1900-1950 allemaal vervangen door vaste verkeersbruggen. In 1929 begon men met de uitvoering van het grootschalige in 1927 opgestelde rijkswegenplan van verkeersbruggen; de eerste was een vakwerkbrug over de Bergsche Maas bij Keizersveer, die gereed kwam in 1931. Hierna volgden tot aan het uitbreken van de Tweede Wereldoorlog nog elf overbruggingen over de grote rivieren. Het bruggenprogramma, zoals in het rijkswegenplan van 1927 was vastgesteld, was op één brug na voltooid toen in mei 1940 de Duitsers Nederland binnenvielen. Om de opmars van de Duitse legers tegen te houden werden alle bruggen door het Nederlandse leger onklaar gemaakt. Dit gebeurde door bij de opleggingen een lading springstof tot ontploffing te brengen, waardoor de bruggen in de rivier stortten.

Spoorbruggen: In de negentiende eeuw deed de trein zijn intrede, eerst in Engeland en later op het Europese vasteland. Nederland kon zich hiervan, om economisch niet buitengesloten te blijven, niet afzijdig houden en in 1839 reed de trein ook in Nederland. In de tweede helft van de negentiende eeuw werd het spoorwegennet

drastisch uitgebreid, waarbij vele bruggen werden gebouwd. De eerste van de 21 grote rivieroverbruggingen die in deze periode gereed kwamen was de spoorbrug over de IJssel bij Westervoort (1856). De Nederlandse inbreng was overigens bij de totstandkoming van al deze kunstwerken gering; de ontwerpers en aannemers van de meeste bruggen kwamen uit de meer geïndustrialiseerde landen om ons heen, Frankrijk, Duitsland en Engeland. In het boek 'Bruggen in Nederland 1800-1940' van J. Oosterhoff, e.a. worden deze bruggen beschreven [2].

Periode 1940 - 1945

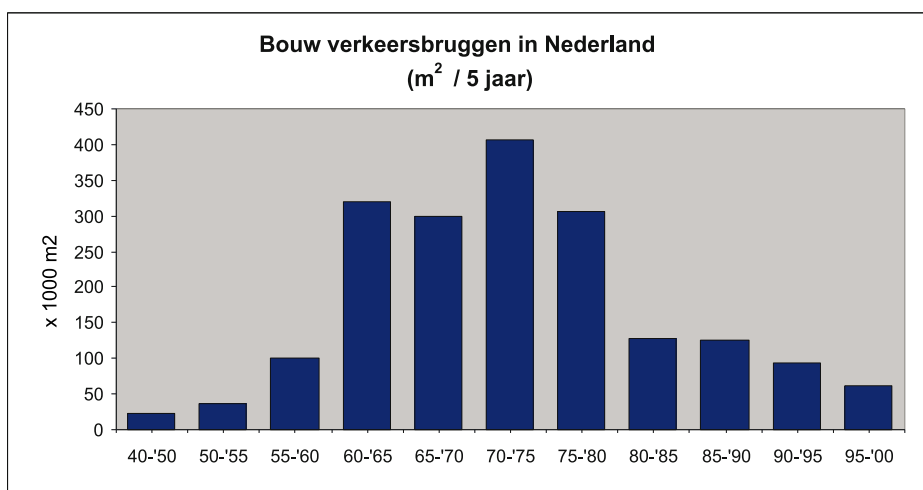
Tijdens deze periode werd zowel door de Nederlanders als de Duitsers gewerkt aan herstel van de vernielde bruggen. Vaak was dit een niet al te grote klus omdat de onderbouw meestal volledig intact was gebleven en men daarom kon volstaan met opnieuw plaatsen en repareren van de bovenbouwconstructie. Voor het einde van de oorlog waren alle noemenswaardige bruggen weer volledig in gebruik. De bevrijding van Nederland leidde echter opnieuw tot vernielingen aan de bruggen. Ook deze keer lag de oorzaak in het feit dat bruggen strategische objecten zijn. Om de geallieerde opmars te bemoeilijken vernielden ditmaal de Duitsers vele grote en kleine bruggen. Van de 21 grote rivieroverbruggingen voor spoorverkeer werden er 16 geheel vernield of zwaar beschadigd, terwijl slechts 5 onbeschadigd of licht beschadigd bleven. Behalve de grote bruggen zijn er nog tussen de 900 en 1000 andere, kleinere bruggen vernield of zwaar beschadigd. De vernielingen die de Duitsers aanrichtten waren duidelijk zwaarder dan die van de Nederlanders in 1940. Het eerste grote probleem waarvoor de Spoorwegen en Rijkswaterstaat zich na 1945 zagen gesteld was het opruimen van de vernielde bruggen opdat de rivieren weer vrijkwamen voor de scheepvaart en de afvoer van hoog water en ijs. Het tweede probleem was het herstellen van de landverbindingen. Er waren door de geallieerden wel al veel overbruggingen met militaire noodbruggen opnieuw opengesteld, maar deze bruggen waren tijdelijk van aard en niet alle oeververbindingen waren hersteld. Het was daarom van belang zo spoedig mogelijk de verbindingen tot stand te brengen op die plaatsen waar geen hulpbruggen waren gebouwd en het verkeer zich met een tijdelijke pontverbinding moest behelpen en daarnaast de niet tegen ijsgang en hoog water bestand zijnde overbruggingen door andere te vervangen. Vlak na de oorlog bleek het niet mogelijk de verbroken verbindingen in blijvende vorm te herstellen. Dit was niet alleen vanwege tijdgebrek en gebrek aan materieel, maar vooral vanwege het ontbreken van het benodigde staal [3 en 4]. Er was slechts een kleine hoeveelheid staal in voorraad. Zo was er al voor de oorlog materiaal besteld voor de bouw van de Merwedeburg bij Gorinchem. Voordat met de bouw was begonnen brak de oorlog uit en heeft men nog snel het

materiaal onder de grond weten te verbergen. Hier kon na de oorlog gebruik van worden gemaakt, maar deze en andere voorraden waren veel te klein en de aanvoer van staal van de walswerken was ook beperkt omdat de staalproductie nog niet goed op gang was. Dit leidde uiteraard tot een zeer hoge staalprijs.

Er moest dus met zeer beperkte middelen gewerkt worden en daarom werd er in de meeste gevallen eerst naar tijdelijke oplossingen gezocht.

1.2 Ontwikkeling bruggenbouw periode na 1945

Met de aanleg van nieuwe autosnelwegen, en derhalve ook bruggen, werd de draad pas weer in 1953 opgepakt. Onder andere met geld van de Marshallhulp konden deze werken worden gefinancierd. Eerst werden de werken hervat die in 1940 stil waren komen te liggen. Pas in het rijkswegenplan van 1957 presenteerde Rijkswaterstaat plannen voor nieuwe wegen. In dit plan veranderde niet veel ten opzichte van het vooroorlogse plan, echter het was veel meer op autosnelwegen geënt. Dit rijkswegenplan ging nu ook uit van autosnelwegen naar alle uithoeken van ons land. De dichtheid van het net was niet veel gewijzigd. Dat zou fors gaan veranderen met het rijkswegenplan van 1968, waarin een omvangrijke uitbreiding van het wegennetwerk was uitgestippeld [5]. In deze tijd sloeg de massamotorisatie toe en was de behoefte aan uitbreiding van het wegennet groot. De Nederlandse economie was in dezelfde periode, mede door de vondst van aardgas in de bodem van Groningen in 1962, sterk groeiende. Infrastructuur werd hierbij als zeer belangrijk beschouwd en veel geld van de aardgasbaten werd hierin geïnvesteerd. Door de welvaartsexplosie in andere Europese landen werd Nederland steeds belangrijker voor de doorvoer van goederen en het land profileerde zich als 'distributieland', waarvoor een goede infrastructuur uiteraard onontbeerlijk was.

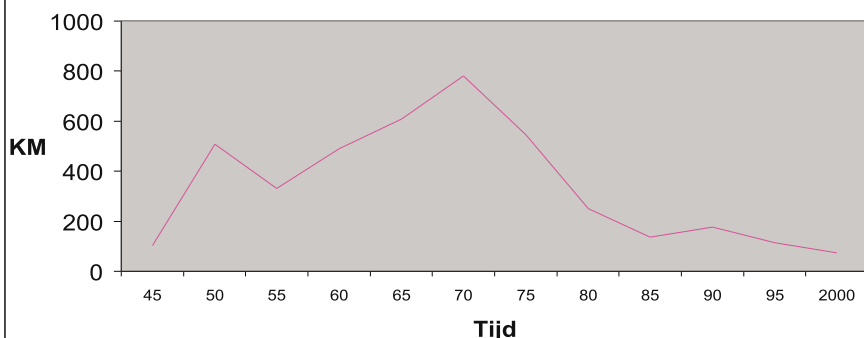


Figuur 2. Aantal m² gebouwd verkeersbrug in Nederland per vijf jaar.

Verkeersbruggen

Door de grote uitbreiding van het wegennet nam eveneens de bouw van bruggen fors toe. Dit is in figuur 2 duidelijk te zien. Hierin staat de omzet in de bruggenbouw in vierkante meters gebouwde brug per periode van vijf jaar.

Aanleg rijkswegen (km)



Figuur 3. Aantal in Nederland gebouwde kilometers snelweg per jaar.

Ter vergelijking is in figuur 3 het aantal kilometers gebouwde autosnelweg weergegeven. De figuren 3 en 4 volgen hetzelfde patroon van een toenemende bouwactiviteit gedurende de jaren '60 en '70 en een daling vanaf 1980.

Aan het begin van de jaren '80 is een verzadigingspunt bereikt en begint de nieuwbouw van wegen af te nemen, waarmee tevens de omzet in de bruggenbouw minder werd. Hiervoor zijn een aantal redenen te geven.

- De meeste werken zijn voltooid en er is voor een groot deel voldaan aan de vraag naar nieuwe infrastructuur.
- De maatschappelijke weerstand tegen de aanleg van infrastructuur wordt groter. Waar vroeger de aanleg van een weg door vrijwel iedereen werd toegejuicht, waren er vanaf de jaren zeventig steeds meer protesten hoorbaar. Het aantal vierkante meters asfalt in Nederland was in de voorgaande jaren enorm toegenomen en de landschappelijke gevolgen en de gevolgen voor het milieu begonnen duidelijk te worden.
- Hiermee valt samen het verschijnen van het rapport van de Club van Rome, waarin gewaarschuwd wordt voor de milieueffecten die toenemende economische groei met zich meebrengt.
- De westerse economieën kwamen in de jaren tachtig in het dal van de conjunctuurgolf terecht, zodat de financiële middelen om te bouwen minder ruim aanwezig waren.

Spoorbruggen

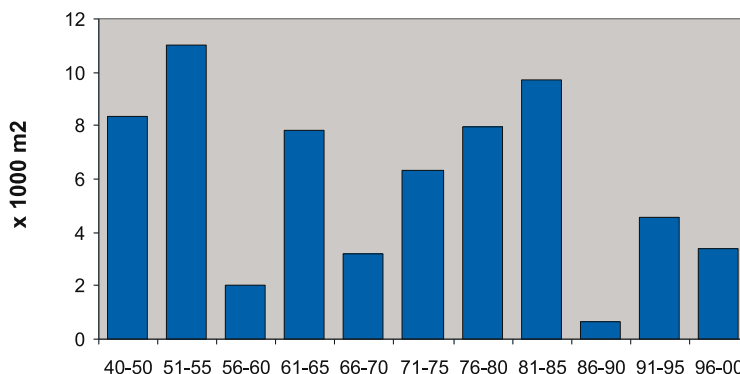
Tot ongeveer 1975 worden niet veel nieuwe spoorbruggen gebouwd, omdat de na 1945 herstelde negentiende-eeuwse bruggen en een aantal militaire noodbruggen nog goed voldeden. Grote uitbreiding van het spoorwegennetwerk heeft ook niet plaatsgevonden tijdens de wederopbouwperiode, dus werden er geen nieuwe bruggen met grote overspanning t.b.v. nieuwe spoorlijnen gebouwd.

In augustus 1975 werd door de Werkgroep Bruggen van de N.S. een rapport uitgebracht betreffende een

meerjarenplan voor het vervangen en verdubbelen van grote vaste spoorbruggen. De aanleiding tot het opstellen van dit rapport was:

- De toestand van de grote vaste bruggen daterend uit de periode 1860-1900. De in de loop der tijd toegenomen treinbelastingen deden de vraag rijzen of het materiaal, welijzer, van de bruggen hiertegen bestand was.
- De onderhoudstoestand van de militaire noodbruggen, die immers waren bedoeld voor tijdelijk gebruik. Deze zouden de toename van het treinverkeer niet aan kunnen.
- De beperkte capaciteit van een aantal enkelsporige bruggen die waren gelegen in dubbelsporige baanvakken.

Bouw spoorbruggen in Nederland (m² / 5 jaar)



Figuur 4. Aantal m² gebouwde spoorbrug in Nederland per vijf jaar.

Dit plan werd goedgekeurd en omvatte in totaal de vervanging van 24 overbruggingen, wat een grote impuls betekende voor de bouw van spoorbruggen vanaf 1975 tot ca. 1990.

1. Maatschappelijke factoren

Materiaalkosten vs arbeidsloon
Esthetica
Verkeerstoename
Geluidsemissie
Duurzaamheid

2. Onderhoud

Conservering
Opleggingen en voegovergangen
Deklaag

3. Verkeersbelasting

Verkeerssamenstelling wegverkeer

4. Materiaal

Plaatdikten
Plaatafmetingen
Staalsoorten- en kwaliteiten
Kabeltechnologie

5. Verbindingsmiddelen

Overgang klinken-bouten-lassen

6. Technische (hulp)middelen

Transportmogelijkheden
Rekenprogrammatuur
Normering
Windtunnelonderzoek

7. Concurrentie staal vs beton

Relatie materiaaltoepassing tot overspanning
Materiaalprijs: verhouding staal - beton
Eigengewicht: verhouding staal - beton
Constructiehoogte
Nederlandse geografie
Onderbouw en aanbruggen in beton
Temperatuursinvloeden
Vermoeiingslevensduur
Integratie van kennis
Bouwsnelheid

Tabel 1. Categorieën van de belangrijkste invloedsfactoren op de verschijningsvorm van stalen bruggen.

2. Invloedsfactoren op de verschijningsvorm van stalen bruggen

Het begrip verschijningsvorm kent meerder gradaties. Op een groot schaalniveau heeft het betrekking op materiaalkeuze, overspanning en keuze voor het brugtype. Op kleiner schaalniveau kan vervolgens worden gefocust op details zoals keuze van verbindingstype, plaatdikte, etc. Op de ontwikkeling van stalen bruggen is in de periode na 1945 een groot aantal factoren van invloed geweest die in wisselwerking met elkaar de verschijningsvorm van bruggen sterk hebben doen veranderen. De invloed van deze afzonderlijke factoren is in de loop der tijd niet hetzelfde gebleven en dit is wat de ontwikkeling van de verschijningsvorm van stalen bruggen zo kenmerkt. De invloedsfactoren die hierin een prominente rol hebben gespeeld zijn samengevat in tabel 1.

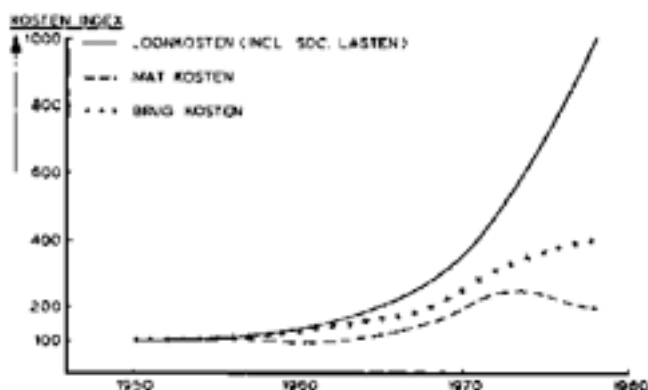
Enkele invloedsfactoren (maatschappelijke factoren, onderhoud, verbindingsmiddelen en concurrentie staal versus beton) worden nader toegelicht.

2.1 Maatschappelijke factoren

Materiaalkosten versus arbeidsloon

Tot aan 1950-1955 was er een grote schaarste aan staal doordat staalfabrieken en walsenrijen opnieuw moesten worden opgebouwd. De vraag naar staal was juist groot omdat vele bruggen waren vernield. De verhouding tussen materiaalprijs en arbeidsloon lag in deze tijd extreem hoog en materiaalbesparing was noodzakelijk om een brug op economische wijze te bouwen. Veel gebouwde bruggen van vlak na de oorlog werden daarom samengesteld uit profielen met dunne plaatdikten voorzien van vele plooiverstijvers.

De verdere ontwikkeling laat een stijging van de loonkosten zien die vele malen sneller verloopt dan de stijging van de materiaalkosten. De grafiek in figuur 5 geeft de ontwikkeling van de loonkosten en materiaalkosten vanaf 1950 tot 1980 weer. Voor de periode vanaf 1980 wordt deze trend doorgezet.



Figuur 5. Ontwikkeling loonkosten versus materiaalkosten tot 1980 [5].

D e

invloed van de relatief sterk gestegen loonkosten op de verschijningsvorm van bruggen is in het algemeen dat voor een hoger materiaalgebruik wordt gekozen om te kunnen besparen op het aantal te verrichten handelingen tijdens de fabricage en de montage.

Esthetica

De landschappelijke inpassing van bruggen is vanaf de jaren dertig van de vorige eeuw een rol gaan spelen bij het ontwerpen ervan. In deze tijd werd de boogbrug veel toegepast omdat deze vorm in combinatie met het landschap als meest gunstig werd beoordeeld. Na de Tweede Wereldoorlog veranderde dit inzicht en werd de brug vooral beoordeeld op de mate waarin de verkeersafwikkeling bevorderd werd. De brug moest hiervoor zo min mogelijk opvallen. In deze tijd zag men de boogbrug zelfs als een storend element dat de omgeving te sterk domineerde. Een vlakke, doorgaande vorm werkte veel minder storend in het Nederlandse landschap. De jaren zeventig vormden dan ook de tijd van de vlakke brug. Zowel bij staal als bij beton werden veel kokerliggers toegepast. In deze tijd stond de economie van het bouwen voorop, hetgeen tot standaardisatie en eentonigheid leidde. Het krachtenspel was niet meer uit de vorm af te lezen en de bruggen werden voor het oog steeds saaier objecten.

Vanaf de jaren tachtig werd steeds kritischer op de grote eenvormigheid gereageerd. Er ontstond een groeiende behoefte om de brug als een stedenbouwkundig element in te zetten. De laatste jaren worden bruggen ontworpen met een markante verschijningsvorm, bruggen die niet alleen overbruggen, maar ook duidelijk maken dat ze zich op een bijzondere plaats bevinden. Om de hoofdvorm van bruggen te bepalen worden weer vaker architecten ingeschakeld. De meer sprekende brugtypen worden dan ook snel populair.

2.2 Onderhoud

Ingegeven door hogere arbeidslonen en verhoogde milieueisen zijn de onderhoudskosten van stalen bruggen t.o.v. de stichtingskosten in de tijd toegenomen. Er bestaan verschillende rubrieken van onderhoud waarvan de grootste het onderhoud aan de conservering is. Andere onderhoudsgevoelige delen van een brug zijn de brugopleggingen en voegovergangen en de deklaag. Deze moeten binnen de levensduur van de brug soms meerdere malen opnieuw worden afgesteld dan wel vervangen worden. Vergeleken met betonnen bruggen speelt deze problematiek een grote rol bij stalen bruggen, vanwege corrosie en een vaak lagere stijfheid, waardoor meer secundaire effecten optreden. Bij het ontwerpen van bruggen dient men rekening te houden met de onderhoudsvriendelijkheid ervan. Plaatsen waar vuil en vocht zich kunnen ophopen dienen te worden vermeden. Verbandstaven in spoorbruggen (slingerverband, windverband, remverband) zijn gevoelig voor corrosie omdat zich hier gemakkelijk nesten van vuil vormen. Ook bout- en klinknagelvelden zijn plaatsen waar dit snel gebeurt. Om blijvende bescherming aan het staal te bieden valt niet te ontkomen aan regelmatig onderhoud van de conservering. Om de vijf à tien jaar moet de toplaag plaatselijk overgeleverd worden en een volledige vervanging van het gehele conserveringssysteem is om de twintig à dertig jaar nodig. In de wijze waarop wordt zorggedragen voor het onderhoud van bruggen is veel veranderd. De belangrijkste oorzaak hiervan is de toegenomen aandacht voor het milieu vanaf de jaren '80.

De verscherpte wetgeving voor arbeidsomstandigheden (ARBO) heeft ook invloed gehad op de conservering van staal, vooral ten aanzien van omstandigheden in de conserveringsloods. Tot ca.1988 bestond er geen wetgeving t.a.v. het vervuilen van het oppervlaktewater bij werkzaamheden aan het water, zoals (grit)stralen en verven. Bij deze werkzaamheden komen verf- en gritresten in het oppervlaktewater terecht, die onder meer zware metalen (tin, koper) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) bevatten. Toen in het begin van de jaren '80 bij scheepswerven baggerspecie werd aangetroffen die vele zware metalen in aanzienlijke gehalten bevatte is door het Rijk actie ondernomen om deze problematiek bij de bron aan te pakken. Hiertoe is de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater in het leven geroepen en sindsdien is voor mogelijke vervuilende werkzaamheden op of aan het water een vergunning nodig. Aan deze vergunning zijn voorschriften verbonden met betrekking tot het voorkomen c.q. beperken van de emissies naar het oppervlaktewater.



*Figuur 6.
Onderhoud aan de
brug bij Katerveer,
Zwolle*

Voor bruggen zijn de volgende van belang:

- Het opvangen van grit en verf dat bij het stralen van een brug vrijkomt en het beperken van de spuitnevel bij het verven van deze objecten. Dit is mogelijk door het te behandelen object 'in te pakken'. Zie figuur 6
- Het gebruiken van minder milieuonvriendelijke conserveringsproducten

Oorspronkelijk werden voor bijv. sluisdeuren en deuren van stormvloedkeringen veelal koolteerhoudende epoxy coatings toegepast vanwege hun bijzonder goede anti-corrosieve eigenschappen. Uit milieuoverwegingen worden deze koolteerhoudende producten vrijwel niet meer gebruikt. Inmiddels zijn alternatieve, minder milieubelastende coatings ontwikkeld.

Ook zijn de ARBO-eisen, opgesteld voor productiemedewerkers die werkzaam zijn in de verloods, sterk verzaamd.

De dampen die bij het aanbrengen van verflagen vrijkomen, moeten worden afgezogen om te voorkomen dat deze worden ingeademd. Door de toegenomen kosten van de conservering verdient het meer en meer aanbeveling het onderhoud aan een brug te vergemakkelijken of als het kan overbodig te maken. Onderhoudsvriendelijkheid is een aspect geworden waar bij het ontwerp van bruggen tegenwoordig veel rekening wordt gehouden. Het onderhoud begint bij wijze van spreken al op de tekentafel. Het belang van het onderhoud blijkt ook uit nieuwe aanbestedingsvormen waarbij de aannemer van het werk verantwoordelijk wordt gesteld voor het

ontwerp, de bouw en het eerste onderhoud. Er kan in het constructief ontwerp van de brug op verschillende manieren rekening worden gehouden met onderhoud.

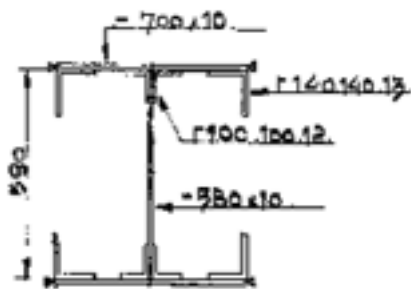
2.3 Verbindingsmiddelen

In de periode 1940-2000 heeft zich ten aanzien van de keuze voor verbindingen in stalen bruggen, en ook voor staalconstructies in het algemeen, een ontwikkeling laten zien van klinknagelverbindingen naar boutverbindingen en lasverbindingen. Voor de Tweede Wereldoorlog werden nagenoeg alle verbindingen in de bruggenbouw geklonken. Lasverbindingen kwamen al wel voor, maar alleen in kleinere bruggen. Voor grote bruggen over de rivieren achtte men dit type verbinding nog onvoldoende betrouwbaar. Bij deze grote bouwwerken was een maximale veiligheid gewenst en ze mochten niet dienen als proef- of leerstuk voor een nieuwe techniek, die het lassen toen nog was.

Al voor de ontwikkeling van het lassen in met name vakwerkbruggen is een ontwikkeling gaande van vermindering van het aantal klinknagels in vakwerkbruggen. Dit is goed waar te nemen aan de diagonalen van vakwerkbruggen. Het oude profiel dat hiervoor werd gebruikt was een dubbel T-profiel, dat was opgebouwd uit een lijfplaat, waaraan via hoekstalen de flenzen waren geklonken. De flenzen waren aan de uiteinden tegen knik verstijfd met een aangeklonken hoekstaal. In figuur 7 is de doorsnede van dit profiel afgebeeld.

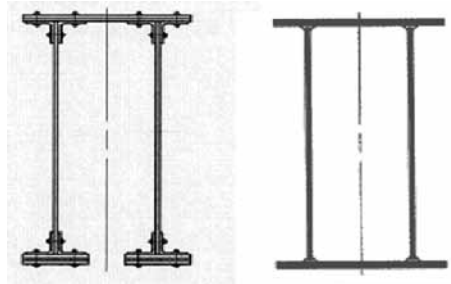
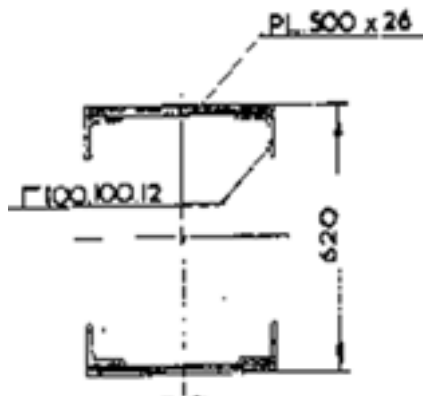
Om het aantal klinknagels te verminderen en hierdoor kosten te besparen, is het dubbel T profiel vervangen door het z.g. open profiel, zie figuur 8. Behalve op klinknagels betekende dit ook een besparing op hoekstalen, omdat nu de verstijvingen van de flenzen werden gebruikt om de koppelplaten aan te bevestigen. De lijfplaat was hierdoor overbodig geworden. Voor de verbinding tussen de flenzen werden koppelplaten gebruikt. In figuur 9 (linker afbeelding) is de oude verkeersbrug bij Moerdijk afgebeeld, waarin dit type diagonaal voorkwam. Dit profiel was geschikt om trek en druk op te nemen, maar was niet zeer stijf. Daarom werd het niet toegepast in spoorbruggen. In de spoorbrug bij Moerdijk van 1955 werd het oude dubbel T-profiel met lijfplaat toegepast.

De Tweede Wereldoorlog heeft ertoe bijgedragen dat de overgang van klinken naar lassen versneld heeft plaatsgevonden. De (nood)situatie waarin men toen verkeerde is de reden hiervoor. Omdat met lassen een hogere productiesnelheid kon worden gehaald bij het bouwen van oorlogsmaterieel zijn constructiewerkplaatsen, onder druk van de oorlog die gewonnen moest worden, overgegaan tot het lassen. De Amerikanen liepen hierbij voorop met de bouw van bijna 3000 z.g. Liberty schepen, die met lasverbindingen in elkaar waren gezet. De productie van deze schepen was een vroeg voorbeeld van seriematige productie in de staalbouw. Vooraf gereedgemaakte standaardelementen werden door middel van lasverbindingen verbonden. De productie van de schepen ging zeer snel en toen deze goed op gang was geraakt werden de 400 voet lange schepen in 5 tot 16 dagen gebouwd. Dit ging echter ten koste van de kwaliteit, met name van de lasver-



Figuur 7 Doorsnede geklonken profiel (boven)

Figuur 8 Doorsnede open profiel (rechts)



Figuur 10. Ontwikkeling in doorsnede opbouw: links geklonken hoedligger, rechts gelaste koker.

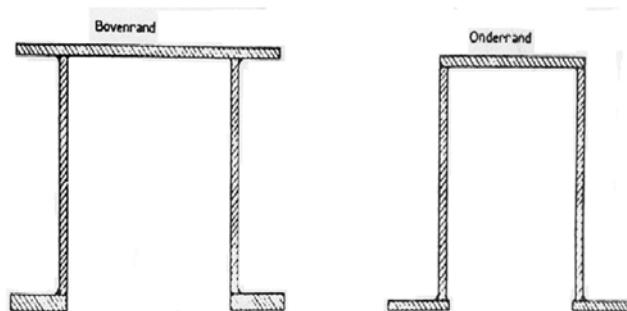
bindingen. Het gebruikte materiaal was onvoldoende bestand tegen de invloeden van het lassen, wat heeft geleid tot brosse breuk van lasverbindingen. Een groot aantal Liberty schepen is hierdoor in het noordelijke gedeelte van de Atlantische Oceaan gezonken. Het optreden van de vele fouten heeft ertoe geleid dat men hiervan ook veel heeft geleerd en dit is de ontwikkeling van de lastechniek, ook in de bruggenbouw, ten goede gekomen. Gelijktijdig met de opkomst van het lassen begon het klinken halverwege de jaren '50 in onbruik te geraken. Goede vaklieden, die het specialistische vak goed konden uitvoeren, werden schaars omdat door de toegenomen welvaart voor veel mensen mogelijkheden ontstonden om ander werk te kiezen. Klinken was zeer zwaar werk, dat bovendien luidruchtig was en daardoor bepaald niet prettig om uit te voeren. Nederlandse klinkers waren niet meer te vinden en daarom werden gastarbeiders uit Italië, Spanje en Turkije aangetrokken, die wel bereid waren het werk te doen. Het lassen en de voor-spanbout vonden uiteindelijk meer toepassing en verdrongen het klinken. De overgang van geklonken naar gelaste verbindingen is voor vakwerkliggerbruggen een zeer belangrijke ontwikkeling, die zich vooral vanaf de jaren '60 bij de spoorbruggen voordoet (fig. 10). Verkeersbruggen werden al vanaf de jaren '50 met gelaste verbindingen gefabriceerd en geassembleerd. De brug over de Maas bij Gennep en de Algerabrug over de Hollandse IJssel te Krimpen zijn opgebouwd uit gelaste

kokers voor de boven- en onderrand.

De verbeteringen van de gelaste koker t.o.v. het geklonken hoedprofiel zijn:

Goedkopere fabricage

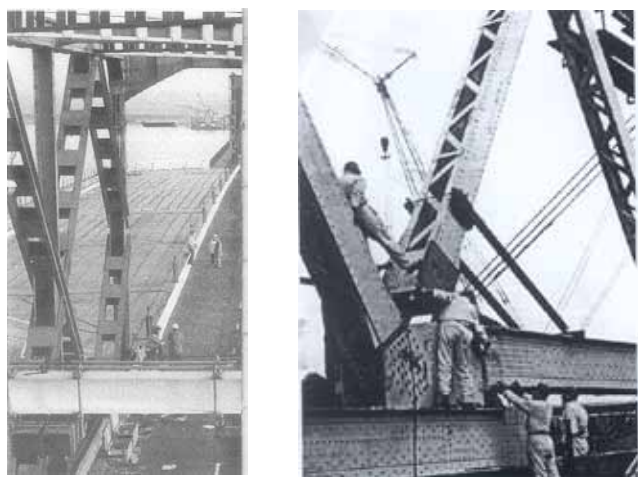
Met lassen kon een vele malen hogere productiesnelheid worden bereikt. Het aantal manuren om een koker in elkaar te zetten was met lassen veel lager.



Figuur 11. Profielen boven- en onderrand vakwerkbrug over de Maas te Gennep.

Gesloten doorsnede

De hoedligger kende een open onderkant omdat de binnenzijde van het profiel bereikbaar moest zijn om de klinknagels te kunnen monteren. Alleen bij zeer grote profielen – groot genoeg om een man in te sturen om de tegenhouder op de kop van de klinknagel te zetten – was een gesloten koker mogelijk. Met gebruik van lassen kon de koker geheel gesloten worden uitgevoerd, waarbij op iedere hoek een lasverbinding aan de buiten-zijde van de koker kon worden gelegd, tussen lijfplaat en flens. Het grote voordeel van de gesloten doorsnede van de gelaste koker is dat de binnenzijde niet aan atmosferische invloeden wordt blootgesteld en dus niet, of minder zwaar, hoeft te worden geconserveerd. Ook konden vogels geen nesten bouwen in het binnenste van de koker, wat bij hoedprofielen wel vaak voorkwam en de levensduur verkortte. Ook kon gebruik worden gemaakt van de torsiestijfheid van het kokerprofiel door de dwarsdragers momentvast te verbinden, waardoor een stijvere rijvloer kon worden verkregen. De eerste gelaste profielen waren die van de boven- en onderrand van de verkeersbrug over de Maas bij Gennep (1955). De vormgeving van deze profielen is afgeleid van die van de geklonken hoedprofielen, zoals in figuur 11 te zien is. Bij de fabricage bleek dat deze geometrie voor de gelaste uitvoering minder geschikt was, omdat de



Figuur 9. Links: voorbeeld van open profiel: oude verkeersbrug bij Moerdijk

Rechts: voorbeeld van geheel geklonken spoorbrug: Demkabrug 1965.

profielen door de asymmetrische vorm sterk vervormden tijdens het lassen.

Het lassen is in de bruggenbouw verreweg de meest toegepaste verbindingsmethode geworden. Lassen bleek de meest economische verbinding, die naarmate de staalkwaliteit en de techniek van het lassen verbeterde, het gebruik van voorspanbouten en klinken heeft verdrongen.

De voordelen die men in de gelaste verbinding zag, waren onder meer de volgende:

- Snellere productie en automatisering, wat besparing aan manuren oplevert.
- Het veel eenvoudiger verbindingdetail, zonder lasplaten, hoekstalen en vele klinknagels.
- Het gladde staaloppervlak bij de gelaste verbinding, dat sneller en beter te schilderen is en geen plek vormt waar vuil en vocht zich kan ophopen.
- Het niet optreden van verzwakking door klinknagelgaten.
- Grotere ontwerpvrijheid. Zo kan een plaatligger, doorgaand over meerdere steunpunten, worden gemaakt met een hoge lijfhoogte t.p.v. de middensteunpunten.
- Lager eigen gewicht van de constructie. Bij een gelaste verbinding blijven verbindingshoekstalen en strippen achterwege.
- Betere arbeidsomstandigheden. Klinken is immers een zeer uitputtend en lawaaiig werk.

2.4 Concurrentie staal versus beton

Materiaalprijs/kostprijs

De ontwikkeling van de materialenprijzen is vanzelfsprekend van invloed op de mate waarin de materialen staal en beton zijn toegepast. Er is echter geen groot verschil in toename van de prijs van de materialen staal en beton. In de begintijd van het voorgespannen beton in Nederland werd bij de aanbesteding van grote bruggen in veel gevallen de kostprijs bepaald van een betonnen en een stalen variant. Na ongeveer 1980 was dit niet meer gebruikelijk, omdat bekend was dat voor de range van meest voorkomende overspanningen een stalen brug ongeveer 25 procent duurder is dan een betonnen brug.

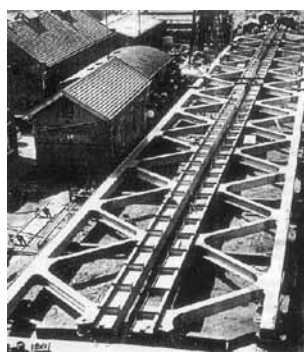
Eigen gewicht

Staal is sinds het begin van de bouw van grote bruggen het meest geschikte materiaal voor grote overspanningen die met beton niet konden worden gerealiseerd. Het materiaal beton heeft echter een indrukwekkende ontwikkeling doorgemaakt en met dit materiaal kunnen nu zonder moeite overspanningen tot 300 meter worden gerealiseerd. Door tuikabels toe te passen kan de brug nog groter worden. De belemmerende factor voor de overspanninglengte bij betonnen bruggen blijft echter het eigen gewicht.

De totale bouwtijd bepaalt in sterke mate de totale stichtingskosten. De bouwplaats- en rentekosten worden immers door de bouwtijd bepaald. Meer en meer zullen er bouwmethoden komen waarmee het mogelijk is om in korte tijd een complete brug te realiseren. Hierbij

speelt het eigen gewicht een grote rol. Wanneer een hoge bouwsnelheid sterk gewenst is, dan leent staal zich goed om te worden toegepast.

Door de toename van de hijscapaciteit in de werkplaatsen worden steeds grotere en zwaardere secties in de werkplaats geassembleerd en daarna over water naar de bouwlocatie getransporteerd. De ontwikkelingen in de productiefaciliteiten zijn voor een belangrijk deel te danken het feit dat Nederlandse staalbouwers zich vanaf ca. 1970 op de markt van offshore constructies zijn gaan begeven. De werkomstandigheden op de bouwlocatie van offshore constructies, ver in zee en sterk afhankelijk van de weersomstandigheden, zijn zeer slecht te noemen. Voor dergelijke constructies is het, om een betere efficiëntie te bereiken, noodzakelijk grote secties te fabriceren en in hun geheel naar de bouwlocatie te transporteren. De consequentie was dat grotere hallen werden gebouwd en de hijscapaciteit werd vergroot.



Figuur 12. Assemblage hoofdliggers Dintelhaven spoorbrug. (links)

Figuur 13. Plaatsing van een brugsectie met uitbouwwagen; Ewijk. (boven)

Ook werden zwaardere transportmiddelen ontwikkeld. Hier werd in de bruggenbouw profijt van getrokken door afmetingen van te monteren onderdelen te vergroten. Samengestelde rijvloersekties en delen van hoofdliggers en ook compleet samengestelde bruggen konden nu worden gemonteerd (zie figuren 12 en 13). Bij een vergelijkbare brug in beton is een uitvoering op deze wijze, vanwege het grotere eigen gewicht, geen praktische oplossing.

Constructiehoogte

De constructiehoogte speelt bij bruggen in het Nederlandse landschap een belangrijke rol. Met constructiehoogte wordt, in tegenstelling tot de betekenis van dit begrip in de utiliteitsbouw, het hoogteverschil bedoeld tussen bovenkant van de rijvloer (rails c.q. het asfalt) en de onderkant van de (hoofdligger van) de brug. De hoge ligging van de brug moet opgenomen worden in het verticaal alignement van de weg, wat betekent dat een groot zandlichaam of lange aanbruggen nodig zijn om de op hoogte gelegen brug te bereiken. Vooral bij spoorverkeer geldt het belang van een lage constructiehoogte, dit in verband met de geringe toegestane maximum helling.

Onderbouw en aanbruggen in beton

De onderbouwconstructie van grote verkeersbruggen, ongeacht de materiaalkeuze voor de bovenbouw, wordt altijd uitgevoerd in beton. Eveneens worden de aanbruggen altijd gebouwd in beton, sinds de opkomst, rond 1960, van voorgespannen geprefabriceerde liggers. Omdat er al een deel van het project in beton wordt

uitgevoerd, wordt soms besloten het hele project in beton uit te voeren. In sommige gevallen komt het voor dat er binnen het aannemersbedrijf een beton- en een staalafdeling is, maar in de meeste gevallen is dit niet zo. Veel aannemersbedrijven werken alleen met beton of staal, en niet met beide.

Temperatuursinvloeden

Door de lage massa van stalen bruggen t.o.v. betonnen bruggen en de opwarmsnelheid c.q. afkoelsnelheid treden bij stalen bruggen eerder problemen op veroorzaakt door (ongelijkmatige) uitzetting en door gladheid van de rijvloer bij vorst.

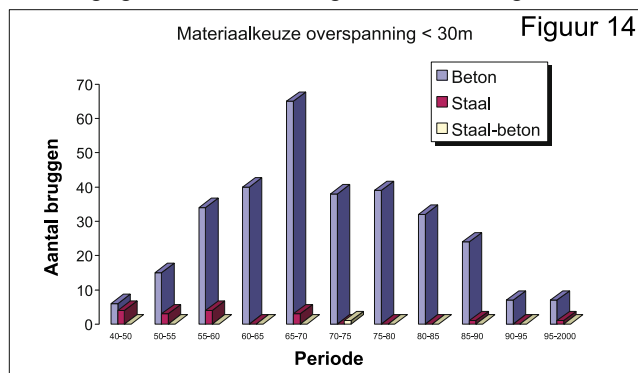
Vermoeiingslevensduur

Bij stalen bruggen worden eerder problemen t.g.v. vermoeiingsschade ondervonden dan bij betonnen bruggen. Hiervoor zijn twee redenen aan te geven. Ten eerste ligt bij staal de verhouding tussen belasting uit variabele belasting en belasting uit eigen gewicht hoger, waardoor het effect van spanningswisselingen beter merkbaar wordt. Ten tweede komen bij stalen bruggen veel gelaste verbindingen voor waar zich spanningsconcentraties voordoen. Het bereik waartussen de spanning in deze onderdelen van de brug varieert (de spannings-range) komt daardoor hoog te liggen, zodat minder wisselingen hoeven plaats te vinden totdat bezwijken op vermoeiing plaatsvindt. Betonnen bruggen hebben dikke, massieve doorsneden waarin bovendien geen plotselinge overgangen voorkomen. De spanningsrange blijft hierdoor klein.

3. Materiaalkeuze bruggen

3.1 Verkeersbruggen

In het hiernavolgende wordt de ontwikkeling van de materiaalkeuze in de bruggenbouw in de periode 1940-2000 beschreven. Voor de gegevens van de bruggen is gebruik gemaakt van het DISK bestand van Rijkswaterstaat. Hierin staan beknopte gegevens zoals lengte, breedte e.d. van de meeste grote verkeersbruggen in Nederland. Voor belangrijke bruggen die niet in opdracht van Rijkswaterstaat zijn gebouwd, zoals enkele in Rotterdam, is informatie uit tijdschriftartikelen gehaald. Verder is de beperking gesteld dat bruggen met een totale lengte van het kunstwerk kleiner dan 30 meter niet worden meegeteld. Om de ontwikkeling in materiaalkeuze in beeld te brengen zijn de bruggen uit het gegevensbestand ingedeeld in categorieën van

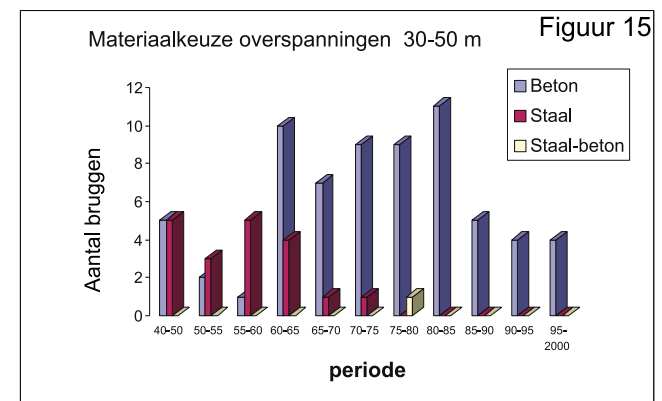


lengte van hoofdoerspanning. De indeling in overspanningscategorieën is als volgt:

- Bruggen met hoofdoerspanning kleiner dan 30 meter
- Bruggen met hoofdoerspanning tussen 30 en 50 meter
- Bruggen met hoofdoerspanning tussen 50 en 100 meter
- Bruggen met hoofdoerspanning tussen 100 en 200 meter
- Bruggen met hoofdoerspanning groter dan 200 meter

Materiaalkeuze verkeersbruggen < 30 m. fig 14

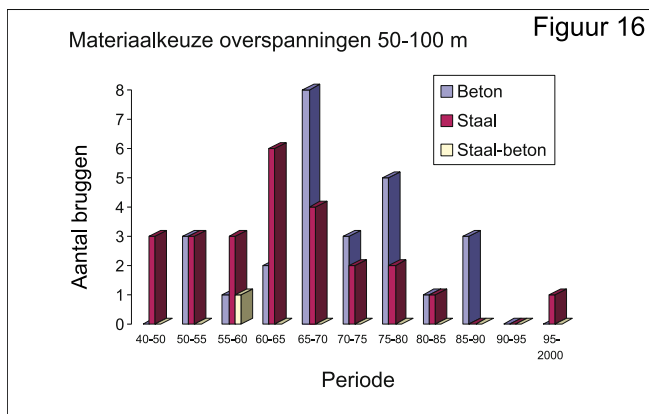
Op het gebied van bruggen met een hoofdoerspanning van minder dan dertig meter is beton absoluut meester. Stalen plaatliggerbruggen komen alleen kort na de oorlog en in enkele incidentele gevallen voor. Met gewapend betonnen plaat- of balkbruggen konden deze korte overspanningen gemakkelijk worden gerealiseerd, en bovendien tegen lagere kosten dan in staal. De vele viaducten over de snelwegen, die ook in deze overspanningscategorie vallen, werden in beton gebouwd. Beton had hierdoor in deze overspanningscategorie een grote afzet, waardoor bij de bouw van deze bruggen gebruik kon worden gemaakt van seriematige fabricage. De bouwkosten konden hierdoor lager worden. Met het voorgespannen beton, dat vanaf ca. 1952 voor geprefabriceerde liggers werd toegepast, werd de positie van het beton nog verder versterkt. Met voorgespannen geprefabriceerde liggers kon met lagere constructiehoogten worden volstaan en werd eveneens de montage vereenvoudigd.



Materiaalkeuze verkeersbruggen 30 – 50 m. fig 15

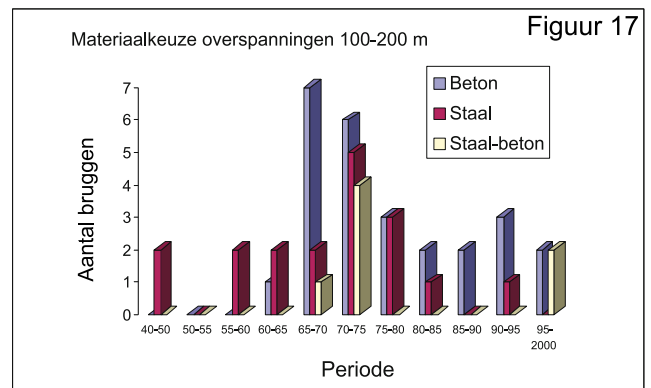
De bruggen met iets grotere hoofdoerspanning (tussen de 30 en 50 meter) zijn tot ca. 1960 nog voornamelijk in staal gebouwd. Rond die tijd begint men in Nederland met de toepassing van het voorgespannen beton en neemt de omzet in beton een vlucht. Een tweede verklaring voor de toename van het gebruik van beton is dat vanaf 1950 de betoncentrales zijn opgekomen. Dit betekende een grote verbetering voor de beschikbaarheid van beton op iedere locatie vóór de tijd van de betoncentrales moest bij ieder bruggenbouwproject een betonfabriek ter plaatse worden gebouwd om het benodigde beton te fabriceren. Het transporteren van beton over de weg in mixers bestond nog niet. Vanaf het moment dat dit wel mogelijk werd was het ook voor kleinere projecten aantrekkelijk om in beton te bouwen. Het gebruik van staal neemt langzaam af totdat dit in ongeveer 1975 tot nul is gedaald. Op een staal-betonviaduct over de rijksweg A12 bij Zoetermeer na komt

staal voor de relatief korte hoofdoverspanning van 30-50 meter niet meer voor. De hiervoor genoemde verbeteringen die de betonindustrie had bereikt en de toegenomen overspanningen die met voorgespannen beton kunnen worden gehaald, geven een verklaring voor dit verloop. De stalen bruggen die in deze overspanningscategorie voorkomen zijn veelal verstijfde staaf-boogbruggen, maar er is een overgang te zien naar plaatliggerbruggen. De eerste betonnen bruggen met deze overspanning waren boogbruggen met laaggelegen rijvloer. Het betreft hier herbouwde bruggen over het Twentekanaal, en er is dus geen sprake van een nieuw brugtype. Tegen het eind van de jaren vijftig wordt voor een overspanning van 33 m een kokerligger in voorgespannen beton gebruikt, en later ook grotere overspanningen met gewone liggerbruggen.

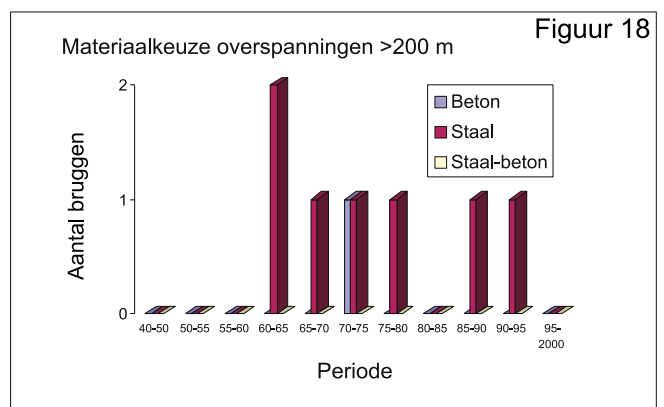


Materiaalkeuze verkeersbruggen 50 – 100 m (fig. 16). In vergelijking met de vorige grafiek van de categorie hoofdoverspanningen tussen de 30 en 50 meter is bij de categorie 50 – 100 meter een verschuiving te zien van de opkomst van beton en een minder snelle uitdemping van het aantal bruggen dat uitgevoerd is in staal. De opkomst van beton is hier voor een deel toe te schrijven aan de uitbreiding van de toepassing van het voorgespannen beton. De bouw van de brug over de Maas in Roermond in 1961 is een belangrijke stap in de ontwikkeling van het voorgespannen beton in Nederland. Veel belangrijker is de introductie halverwege de jaren '60 van een nieuwe bouwmethode voor beton. De uit Duitsland afkomstige methode van vrije uitbouw werd in Nederland toegepast bij de brug over de Maas en Julianakanaal bij Wessum die in 1966 gereed was en een totale lengte had van 506 meter en een hoofdoverspanning van 100 meter. Deze bouwmethode bleek zeer aantrekkelijk en heeft een belangrijke bijdrage geleverd aan verbetering van de positie van het materiaal beton in de bruggenbouw voor de grotere overspanningen. De piek in de bouw van betonnen bruggen rond 1970 is hieraan toe te schrijven. Van de 11 bruggen werden er 8 in beton gebouwd. Bij de stalen bruggen komen voor deze overspanningen vele brugtypen voor. Er is een trend waarneembaar van boog- en vakwerkbruggen naar plaatliggerbruggen. Tot ongeveer 1970 kwamen veel verstijfde staaf-boogbruggen voor. De eerste stalen tuibrug wordt in 1968 gebouwd, de Harmsen-brug in het Rotterdamse havengebied, met een overspanning van 109 meter. De eerste in Nederland gebouwde staal-betonbrug met een overspanning van ruim 60 meter werd in 1957 over

de Maas in Venlo gebouwd. Verdere toepassing van staal-beton in bruggen heeft echter niet plaatsgevonden voor bruggen met hoofdoverspanningen tussen de 50 en 100 meter.



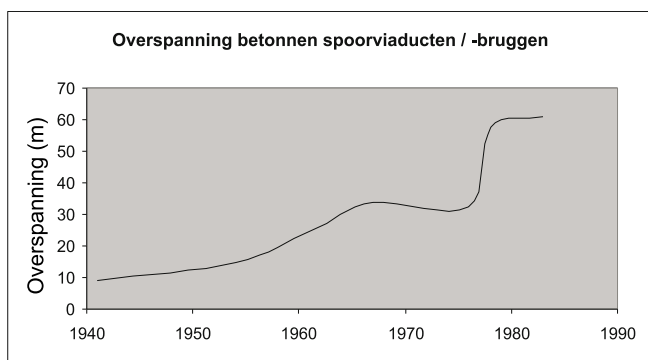
Materiaalkeuze verkeersbruggen 100 – 200 m (fig. 17). De materiaalkeuze voor de hoofdoverspanningen tussen 100 en 200 meter laat ook overgang zien van staal naar beton. Links in de grafiek, de periode vanaf 1940 tot 1960, is te zien dat alleen staal toepassing vond voor deze grote overspanningen. Vanaf eind jaren '60 komt de keuze voor beton op. Er worden in deze periode een aantal kokerliggerbruggen gebouwd volgens de steigerloze uitbouwmethode. De later gebouwde betonnen bruggen zijn voor het grootste deel kokerliggerbruggen. De tuibrug komt voor deze overspanning, en overigens ook nog voor overspanningen boven de 200 meter, ook een keer voor bij de brug over de Bergsche Maas bij Heusden, gebouwd in 1990. Bij de stalen bruggen komen veel verschillende brugtypen voor; vakwerkbruggen, plaatliggerbruggen, verstijfde staafboogbruggen en tuibruggen. In de piek die loopt van 1965 tot 1975 is ook een opkomst van de staal-beton brug te zien. Dit zijn de staal-beton bruggen die zijn gebouwd over het Schelde-Rijn kanaal.



Materiaalkeuze verkeersbruggen > 200 m (fig. 18). Voor hoofdoverspanningen van meer dan 200 meter worden in Nederland vooral stalen bruggen toegepast. Er is één brug met een overspanning van meer dan 200 meter in beton gebouwd. Dit is de Waalbrug bij Tiel, een tuibrug met een overspanning van 267 meter. Voor 1964 kwamen bruggen met deze grote overspanning in het geheel niet voor. In de tijd daarna komen ze verder ook niet veel voor, omdat voor Nederland geen behoefte is aan dergelijke grote bruggen. De eerste brug

van dergelijke grote afmeting is de Van Brieneoordbrug, een stalen boogbrug met een overspanning van 287 m, gebouwd in 1964. Deze lengte is in Nederland niet meer overtroffen, behalve door de tweede van Brieneoordbrug die er in 1989 naast is gelegd. Deze brug, eveneens een boogbrug, heeft een overspanning van 295 meter. De keuze voor een boogbrug is vrij opmerkelijk, omdat de tuibrug in deze tijd het meest voorkomende brugtype was voor dergelijke overspanningen. Op grond van esthetica is gekozen voor een boogbrug. De laatste boogbrug die voor de tweede van Brieneoordbrug werd gebouwd was de brug over de Beneden Merwede bij Dordrecht (203 m overspanning). Hierna werd in alle gevallen gekozen voor een tuibrug i.p.v. een boogbrug. Grote tuibruggen die vanaf 1970 in Nederland zijn gebouwd zijn de volgende:

- Waalbrug bij Ewijk (1975) met 270 m overspanning over het zomerbed.
- Waalbrug bij Tiel (1975) in beton met een overspanning van 267 m.
- Willemsbrug over de Nieuwe Maas in Rotterdam (1980) met 260 m overspanning.
- Tweede oeververbinding over de IJssel bij Kampen (1983) met 193 m overspanning.
- Erasmusbrug over de Nieuwe Maas in Rotterdam (1996) met een overspanning van 284 m.



Figuur 19. Overspanning betonnen spoorviaducten en -bruggen.

3.2 Spoorbruggen

Het voorgespannen beton heeft ook bij bruggen en viaducten voor spoorverkeer toepassing gevonden, zij het in mindere mate dan bij verkeersbruggen. Het mindere gebruik van beton in spoorbruggen komt doordat betonnen (koker)liggers met hooggelegen rijvloer, die bij betonnen bruggen veel voorkomen, een zeer hoge constructiehoogte hebben. Hoewel de overspanning van voorgespannen betonnen spoorbruggen wel is toegenomen wordt voor overspanningen groter dan ca. 60 m gekozen voor staal. Nadat in de jaren '50 het voorgespannen beton haar intrede maakte is te zien dat de overspanningen van betonnen spoorviaducten toenemen. Zie figuur 19, die is gemaakt m.b.v. van gegevens van de Nederlandse Spoorwegen.

Als vanaf 1976 de bouw van grote spoorbruggen een impuls krijgt, doordat vele oude overbruggingen moeten worden vervangen, en tevens verdubbeling van het spoor plaats moet vinden, wordt voor beton gekozen voor de aanbruggen. De overspanning van de voorgespannen betonnen liggers voor spoorbruggen

nam toe, omdat deze in dit geval werd bepaald door de aanwezige steunpunten waar in het verleden de stalen vakwerkliggerbruggen (met 30-60 m overspanning) waren opgelegd. De eerste brug met betonnen aanbruggen was de brug over de IJssel bij Zutphen. De aanbruggen, bestaande uit zes overspanningen, zijn gebouwd in voorgespannen beton met overspanningen ter lengte van 33 m. Een volgende brug waarbij betonnen aanbruggen zijn toegepast is de brug over de Waal bij Nijmegen (1978). De overspanning bij deze aanbruggen was 57,50 m. De brug over de Lek bij Culemborg werd in 1980 vervangen, waarbij ook de stalen aanbruggen van 60 meter overspanning werden vervangen door voorgespannen betonnen liggers. De materiaal-keuze voor spoorbruggen met grotere overspanningen dan 60 m is altijd nog staal, hoewel er voor de overbrugging van het Hollands Diep bij Moerdijk een ontwerp is gemaakt voor een betonnen brug met overspanningen van 100 meter. Dit is echter niet uitgevoerd, de keuze is gevallen op een staal-beton brug met een stalen kokerligger als hoofdligger.

Referenties

- [1] C.T.L. Menken, Afstudeerwerk "Bruggen in Beweging: De evolutie van vaste stalen bruggen in Nederland 1940 – 2000". Juni 2002, TU-Delft.
- [2] J. Oosterhoff "Bruggen in Nederland 1800-1940 deel1".
- [3] Ir. A.H. Foest "Na-oorlogse herbouw met spoorverdubbeling van de spoorbrug bij Moerdijk" De Ingenieur 30 maart 1956 no. 13.
- [4] Tien jaar stalen bruggen in Rotterdam. Special van Bouwen met Staal.
- [5] Rijkswaterstaat '50 jaar overbruggd'



5-puntsbuigproef houten liggers (zie blz. 24)

“FSC-HOUT” STERK GENOEG VOOR VERKEERSBRUGGEN

J. Kuipers

In “HOUT in de Bouw” (een uitgave van Nijgh periodieken BV) van juli 2002 komt een artikel voor over een onderzoek naar vijf duurzaam geproduceerde hout-soorten. Gezocht wordt naar soorten die het nu veel gebruikte azobé kunnen vervangen. Azobé – en straks dus wellicht één of meer andere houtsoorten – staat in de praktijk bekend om zijn lange levensduur en zijn goede fysisch-mechanische eigenschappen. Het is bovendien in verhouding tot zijn sterkte een licht materiaal. Daarom wordt het veel toegepast voor

Voor de beproeving is gekozen voor een vijfpuuntsbuigproef, maar om het gewenste bezwijkgedrag – namelijk op schuifsterkte – te verkrijgen zijn de balken van 130 x 80 mm (in de tekst is echter een oorspronkelijke doorsnede van 110 x 60 mm getekend) van een dubbele sponning 60 x 20 mm voorzien, zodat er een I-profiel ontstaat. Het grootste deel van de balken bezweek nu op afschuiving; bij rechthoekige balken gebeurt dit maar bij een klein gedeelte.

Van enkele soorten ligt de schuifsterkte nog hoger dan

houtsoort	schuifsterkte (N/mm^2)		
	gemiddeld	Standaardafwijking	variatiecoëfficiënt
Vuren	9,5	0,9	0,10
Karri	16,1	2,0	0,12
Massaranduba	18,5	2,8	0,15
Angelin vermelho	18,3	2,4	0,13
Uchi torrado	15,5	2,4	0,16
Piquia	15,2	2,4	0,16
Azobé	17,6	2,4	0,14

het dek van beweegbare bruggen. Staal en beton zijn minder veerkrachtig en na verloop van tijd kunnen zich vermoeiingscheuren voordoen die mogelijk weer leiden tot corrosie en sterkteverlies.

Directe aanleiding voor de studie vormt de vervanging van het houten brugdek van de Volkerakbrug, waarvoor ongeveer 100 m³ hout nodig is. De constructie bestaat volgens het ontwerp uit stalen I-profielen h.o.h. 600 mm, waarop houten balken van 130 x 80 mm met bouten en schotelveren worden bevestigd. De belangrijkste technische eigenschappen zijn de buigsterkte en de schuifsterkte. Als vervanger van het Afrikaanse azobé is het Braziliaanse angelim vermelho voorgesteld, dat al veel wordt toegepast in damwanden en kleinere bruggen, maar waarvan de schuifsterkte nog niet is bepaald.

Sterkteonderzoek houten brugdek.

In het onderzoek, dat door de Houtgroep van de sectie Staal en Houtconstructies van het Stevinlaboratorium van de TU Delft werd uitgevoerd, zijn ook andere houtsoorten betrokken. De betrokken leveranciers stelden het hout daartoe beschikbaar. Zo werden onderzocht:

- karri uit Zuid-Afrika,
- massaranduba, uchi torrado, angelim vermelho en piquia uit Brazilië, en ter vergelijking,
- azobé uit Kameroen en vuren uit de sterkteklasse K24.

bij azobé. TU en Rijkswaterstaat gaan voor de onderzochte soorten de definitieve (rekenwaarden van de) sterktecijfers vastleggen. Zoals gezegd zal bij deze soorten feitelijk nooit de schuifsterkte bepalend zijn, maar de buigsterkte. Het artikel vermeldt de in de tabel vermelde gegevens.

Ik merk hierbij op, dat de gevonden variatiecoëfficiënt bij vuren lager is dan ik verwacht zou hebben. Van de buigsterkte (hier niet onderzocht) zijn helaas geen gegevens opgenomen.

Voor de Volkerakbrug is het renovatiebestek inmiddels aanbesteed en gegund. Daar wordt ondanks het onderzoek azobé toegepast, omdat de benodigde FSC- partijen eerst een half jaar moeten klimatiseren voordat ze toegepast kunnen worden. In de toekomst spelen de FSC-soorten zeker mee. De dienst Weg- en Waterbouw-kunde startte enkele jaren geleden het project “Hout” ter (her-)introductie van duurzaam geproduceerd hout als bouw materiaal. Als garantie voor duurzaam bosbeheer worden verschillende houtsoorten geleverd met een certificaat. Het keurmerk van de Forest Stewardship Council (FSC) is één van die keurmerken. In hetzelfde nummer van Hout in de Bouw wordt een overzicht gegeven van leveranciers van hout en plaatmateriaal met geaccepteerde certificaten voor een duurzame productie.



EURO-BRUGGEN ALS BETAALMIDDEL

E.J. Huisinga

Bij het invoeren van de Euro als wettig betaalmiddel in twaalf Europese landen moesten nieuwe munten en bankbiljetten worden ontworpen. Uiteraard kregen deze overal dezelfde vorm en afmetingen. Het kon echter niet vermeden worden dat ieder land een eigen beeldmerk op het in dat land geproduceerde geld wilde hebben. Voor de munten is dat opgelost door ieder land zijn eigen merk op de achterzijde van de munten te laten aan-brengen. Voor de bankbiljetten werd dit niet toegestaan, die zijn dus in geheel Europa hetzelfde. Voor de echte kenners is er wel een klein verschil te constateren. Voor het lange nummer op het biljet staat een letter, die aangeeft uit welk land dat biljet afkomstig is: Z = België; X = Duitsland; L = Finland; U = Frankrijk; Y = Griekenland; T = Ierland; S = Italië; R = Luxemburg; P = Nederland; N = Oostenrijk; M = Portugal en V = Spanje.

De eurobiljetten zijn door de Oostenrijkse kunstenaar Robert Kalina ontworpen. Aan de 'voorzijde' van het bankbiljet is een gebouw afgebeeld, aan de achterzijde een brug.

De afbeeldingen van de gebouwen aan de voorzijde symboliseren de geest van openheid en samenwerking binnen Europa. Het accent ligt daarom op ramen en torens. De bruggen aan de andere zijde symboliseren de verbinding tussen de volkeren van Europa en tussen Europa en de rest van de wereld.

Op de zeven biljetten zijn de afbeeldingen getekend volgens zeven architectonische stijlen uit de perioden van de Europese kunsthistorie, deze zijn: 5 Euro Klas-siek; 10 Euro Romantiek; 20 Euro Gotiek; 50 Euro Re-naissance; 100 Euro Barok en Rococo, 200 Euro IJzer en Glas Architectuur en op de 500 Euro Hedendaagse Architectuur.

De bruggen op de biljetten zijn naar bestaande bruggen uit die stijlperioden getekend. De ontwerper heeft echter niet gekopieerd maar er zijn eigen interpretatie aan gegeven en voor een tekening elementen van verschillende bruggen gebruikt. Er zullen meerdere bruggen in Europa op lijken. Hetzelfde geldt voor de voorzijde.

Na wat speurwerk in de literatuur denk ik het volgende van de bruggen gevonden te hebben :

5 Euro.

De afgebeelde brug lijkt op het aquaduct nabij Nîmes (63-13 voor Chr.). Het verschil zit in de middelste rij bogen. Deze hebben in het aquaduct dezelfde overspanning als de onderste rij bogen, op de afbeelding zijn ze een "tussenmaat" van de onderste en de bovenste. De pijlervoeten op de afbeelding zijn rechthoekig, die van het bestaande aquaduct hebben een scherpe voorkant aan de onderzijde. De zwarte lijnen ter plaatse van de overgang tussen boog en pijler zijn als een stenen rand

te zien op het aquaduct.

10 Euro.

De brug zou geïnspireerd kunnen zijn op de Pons Augustinus te Rimini (zonder de beelden op de pijlers). Ook lijkt de Pons Cestius over de Tiber model gestaan te hebben.

20 Euro.

De pijlers van de afgebeelde brug doet denken aan die van de Pont Valentré over de Lot in Cahors (ca. 1347). De "ramen" zijn hier hoger getekend. De puntbogen van de brug zijn hier ook als puntbogen getekend. De torens van de brug zijn echter weggelaten. Op de afbeelding is de brug in het midden (ter plaatse van een boog) hoger dan bij de landhoofden, op de echte brug ligt het hoogste punt van de weg op een pijler.

50 Euro.

De afgebeelde brug lijkt een kruising van de Ponte Santa Trinita in Florence (de pijlers) en de brug over de Loire te Blois en de Pont Royale in Parijs (de bogen). Ook zou de oude Donaubrug bij Regensburg model hebben kunnen staan.

100 Euro.

De Ponte d'Angelo over de Tiber in Rome (ca. 136 v. Chr.) heeft vermoedelijk model gestaan voor de afbeelding op dit biljet (met name de pijlers). De beelden op de brug dateren uit een latere periode (ca. 1668). De cirkelvormige bogen van de Romeinse brug zijn hier echter als korfbogen afgebeeld en lijken op die van de brug over de Seine bij Neuilly te Parijs).

200 Euro.

Van de brugafbeelding uit de ijzer en glas periode kan ik helaas niet een voorbeeld vinden. Er zijn wel bruggen die er in "de verte" op lijken. De brug over de Rijn in Mainz heeft nog de meeste gelijkenis.

500 Euro.

Hier zijn tuibruggen op afgebeeld, een symmetrische en een asymmetrische. Het profiel van de pylonen van de symmetrische brug lijkt op dat van de Skarnson brug in Denemarken, het dwarsprofiel van de rivier lijkt op dat van de Pont de Normandie. Het aantal tuikabels is op de tekening gelimiteerd.

Wellicht zijn er nog meer bruggen te vinden die model hebben kunnen staan.

Bronnen

De Nederlandse Bank, afd. Communicatie en Informatie. "Der Euro". Eine Währung viele Gesichter. ISBN 3-89555-058-2, wellicht is er ook een Nederlands talige versie te verkrijgen, dit exemplaar is in Trier gekocht. H. Roelofs van de werkgroep steen gaf enkele aanwijzingen.

The Creation of BRIDGES van D. Bennet;
B R Ü C K E N v a n F. Leonhardt;
BRIDGES. Three thousand years of defying nature van D.J. Brown.



BERICHTEN

Nieuwe spoorbrug op zijn plaats gevaren

Op 10 en 11 augustus werd de nieuwe spoorbrug over het te verbreden Amsterdam-Rijnkanaal in het baanvak Amsterdam - Utrecht op zijn plaats gebracht. De brug is 255 m lang en heeft een hoofdoverspanning van 237 m en is daarmee de grootste spoorwegoverspanning van Nederland geworden.

(De nu op een na grootste spoorwegoverspanning is de spoorbrug over de Waal in Nijmegen met 235 m).

De nieuwe brug maakt deel uit van de baanverdubbeling van het baanvak Amsterdam - Utrecht en is naast de bestaande spoorbrug gelegd. De bestaande brug wordt bij de NS Demkabrug genoemd naar de er naast gelegen staalgieterij Demka. De nieuwe brug krijgt de naam Werkspoorbrug, omdat aan de andere zijde van het kanaal tot 1972 het constructiebedrijf Werkspoor gevestigd was, dat destijds de Demkabrug gebouwd heeft.

De nieuwe door de architect Paul van der Ree van Holland Railconsult ontworpen brug is door het Belgische bedrijf Victor Buyck Steel Constructions gebouwd en in onderdelen naar de bouwplaats gevaren. Daar werd op een strook grond naast het kanaal de gehele staalconstructie van de brug geassembleerd op



Twee spoorbruggen naast elkaar. (Foto: Ciska Klooster)

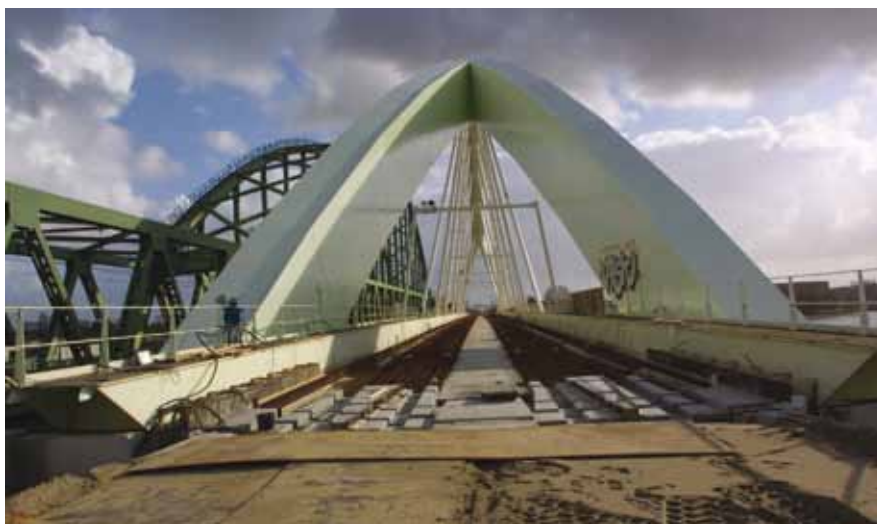
stalen hulpconstructies.

Ten behoeve van het op de definitieve plaats brengen van de brug werden aan elke kant van de brug zes rijen van drie stalen platformwagens van de Belgische firma Sarens geplaatst. Deze wagens hebben 30 wielen, die afzonderlijk kunnen worden gestuurd, uiteraard door middel van een computer. Het gehele ruim 5000 ton wegende gevaarte werd op circa 1050 wielen, die elk gemiddeld ongeveer 4800 kg droegen, gezet. De zuidelijke platformwagens, waarop het Utrechtse eind van de brug rustte, werden langzaam op een ponton gereden, dat door middel van het in- of uitpompen van water in de afzonderlijke secties precies op de juiste hoogte kon worden gehouden. Elk wiel van de platformwagens kan niet alleen afzonderlijk worden gestuurd maar ook afzonderlijk hydraulisch

zodanig worden afgesteld, dat de last gelijkmatig over alle wielen wordt verdeeld. Op deze wijze kunnen oneffenheden in de rijplatenvloer worden opgevangen. Om dat te controleren werd om de paar meter een meetpauze ingelast. Toen alle zuidelijke platformwagens op het ponton stonden, werd dit met stalen kabels naar de overkant getrokken, waarna de platformwagens in de lengterichting van de brug op de zuidelijke oever werden gereden. Daarna werd de brug na zorgvuldig afstellen van de draaihoek van alle wielen tussen de landhoofden gereden en door middel van hydraulische vijzels op de opleggingen op beide landhoofden geplaatst. Door het fraaie windstille weer en de zorgvuldige voorbereiding en begeleiding van het werk, werd ruim 12 uur op het tijdschema ingelopen.

Omdat de rijvloer van de brug in beton wordt uitgevoerd en ongeveer 5000 ton gaat wegen, wordt die na het invaren aangebracht. Op de betonnen systeemvloer komen opstortingen, waarin sleuven worden uitgespaard om de in kurkelastomeer ingegoten spoorstaven te bevestigen. In 2003 hoopt men de nieuwe brug in beide richtingen in gebruik te kunnen nemen. Daarna zal de bestaande Demkaspoorbrug een grondige revisie ondergaan, waarin onder meer de spoorstaven ook in een kurkelastomeer worden ingegoten. De op de bruggen rijdende treinen veroorzaken dan minder geluidsoverlast. Beide bruggen zullen in 2005 definitief in gebruik zijn.

H.K.



Werkspoorbrug op zijn plaats naast de Demkabrug. (Foto: Ciska Klooster)

Beijerse brug wordt toch geres- taureerd

Het hoger beroep, dat een aantal omwonenden hadden aangespannen tegen het herstel van de oude karakteristieke negentiende-eeuwse Beijerse brug, is door de afdeling bestuursrecht van de Raad van State afgewezen. In 1993 werd de brug aangereden door een veewagen, die te hoog was en daardoor klem kwam te zitten. De bovenbouw van de brug moest toen worden gedemonteerd om de vrachtwagen vrij te maken. Ook de fraaie brugleuningen aan weerszijden van de brug met gedecoreerde gietijzeren bladornamenten liepen grote schade op. Een aantal omwonenden wilden dat de oude brug door een bredere betonnen brug zou worden vervangen, zodat landbouwvoertuigen en vrachtwagens gemakkelijker konden passeren. Ook het hoogheemraadschap voelde daar in eerste instantie wel voor, maar ging na veel weerstand van een grote groep bewoners drie jaar geleden overstag. De gemeente Vlist is voorstander van de herbouw van deze karakteristieke brug, waarvan er op het traject Gouda-Stolwijk nog drie staan.

Na deze uitspraak van de Raad van State staat nu niets meer een herbouw en restauratie in de weg. Wel zal de nieuwe brug hoger worden gemaakt, om de kans op aanrijdingen te verkleinen.

Over deze brug werd eerder geschreven in het NBS-Nieuws van 1993 nummers 1 en 2 en 1996 nummer 2.

H.K.

Bestaat er nog ergens een scholle?

In een kort artikeltje in de NRC van april 1999, dat ik onlangs in mijn handen kreeg werd door Gerrit Kolthof gememoreerd dat er tussen Hardenberg en Almelo een groot

hoogveengebied lag. De turf, die men hier afgroef, werd via kleine zijkanalen, de zogeheten Wijken en verder via het Overijssels kanaal afgevoerd. In vele Wijken lag een scholle als oeververbinding, dat was een drijvende brug, die werd weggevoerd wanneer er een schip moest



Overkluizing van de Berkel in Zutphen. Op de brug is een snackbar geplaatst (Foto: H.J. Roelofs)

passeren. Het vlot scharnierde aan een kant met een ring rond een paal. Vroeger lag er ook in het Overijssels kanaal een scholle vlakbij "Het Punt" en verder een in het Zwolse kanaal bij de Twist. In de vijftiger jaren van vorige eeuw zijn de meeste schollen vervangen door dammen of bruggen. Gerrit Kolthof heeft verschillende beheerders van vaarwegen gesproken maar niet kunnen achterhalen of er ergens nog een scholle bewaard is gebleven. Misschien kunnen de lezers van "BRUGGEN" hem helpen.

H.K.

Werkgroep Bruggen van Steen bezoekt Zutphen

Op een mooie zomerdag, 4 juni, bezocht de werkgroep Bruggen van Steen de stad Zutphen. De heer

Lammerts van de gemeente leidde de groep langs een groot aantal bruggen, waarvan vele van steen. Er werd niet alleen gekeken en gepraat, maar ook gefotografeerd.

De gemeente is bezig met het maken van een ontwikkelingsplan voor de binnenstad, waarbij er wordt

ge-streefd de fraaie oude bruggen te behouden en zelfs thans niet meer bestaande bruggen over weer open te graven gedempte wateren in ere te herstellen. Of hier voldoende geld (en politieke ondersteuning) voor kan worden gevonden is nog een open vraag. In ieder geval is er gelukkig nog veel moois bewaard gebleven, al behoeven enkele bruggen wel een restauratiebeurt. Ook zal er nog een uitgebreid archeologisch en bouwhistorisch onderzoek moeten worden verricht om alle gegevens boven water te krijgen. Wellicht zijn er lezers, die aan een dergelijk onderzoek een bijdrage kunnen verlenen.

Met een aantal plaatjes willen wij de lezers van dit blad laten meegenieten van deze mooie bruggen in een oude stad.

H.K.



Spoor- en verkeersbrug over de IJssel in Zutphen. (Foto: H.P. Klooster)

BOEKEN

30 Bridges

Auteur: Mathew Wells.

Uitgever: Laurence King Publishing,

ISBN : 1-85669-217-5,

Prijs ca. € 60.

Mathew Wells laat in dit boek een dertigtal bruggen de revue passeren. De gekozen bruggen geven een overzicht van de huidige techniek, trends en nieuwe ideeën in de bruggebouw over de afgelopen twintig jaar. Op de omslag van het boek prijkt de Erasmusbrug.

De inleiding is van Hugh Pearman en geïllustreerd met foto's van bekende bruggen uit de 14^e tot en met de 20^e eeuw.

Wells begint met een kort historisch overzicht van de bruggebouw. In plaats van een chronologische opsomming van bruggen verwoordt hij de belangrijkste invloeden die een brugontwerp markeren.

De bruggen zijn een selectie van bekende grote bruggen zoals de Pont de Normandie, Storebalt's East Bridge, Erasmus brug, en minder

bekende voetbruggen zoals de voetbrug over het Vranov meer in Tjechië met een overspanning van 252 m, een opvouwbare brug in Kiel, een 40 m lange voetbrug opgebouwd uit voorgespannen betonnen 'loopplanken' in een dal in Zwitserland, de Plashet Grove brug die twee gebouwen met elkaar verbinden, de Gateshead Millennium Foothbridge. Deze bruggen vallen op door hun architectonische vormgeving, de laatste is een beweegbare, getuide brug die open en dicht gaat als een ooglid.

De brugbeschrijvingen zijn geïllustreerd met prachtige foto's, maar ook voorzien van schetsen waar-mee het ontwerp-principe en architectonische details worden toegelicht. Bij enkele wordt ook het dynamisch gedrag geschetst, o.a. bij de Millennium Foothbridge in Londen die de voorpagina's van de kranten haalde. Achterin het boek zijn de belangrijkste gegevens van de bruggen opgenomen zoals de ontwerper/architect, de opdrachtgever, de aannemer, kabel/staal leverancier, hoofdafmetingen.

Als naslagwerk is dit boek aan te bevelen.

EJH

BEGUNSTIGER

De gelegenheid bestaat om begunstiger van de Nederlandse Bruggen Stichting te worden. Dit houdt in dat men viermaal per jaar het door de NBS uitgegeven blad "BRUGGEN" zal ontvangen. Voorts zal de stichting bevorderen dat bij evenementen, die de Nederlandse bruggebouw betreffen, begunstigers voordeel genieten. Dit geldt met name voor publicaties van de NBS. De begunstigersbijdrage is minimaal € 16,- per jaar voor particulieren en € 68,- per jaar voor instellingen en bedrijven. Voor aanmelding is het voldoende om een bedrag te storten op de postbankrekening van de stichting (postrekening 58975) ten name van de penningmeester van de NBS te Delft. U kunt zich ook via de website aanmelden:

www.bruggenstichting.nl



De Berkel in Zutphen met schilderachtige bebouwing. (Foto: H.P. Klooster)