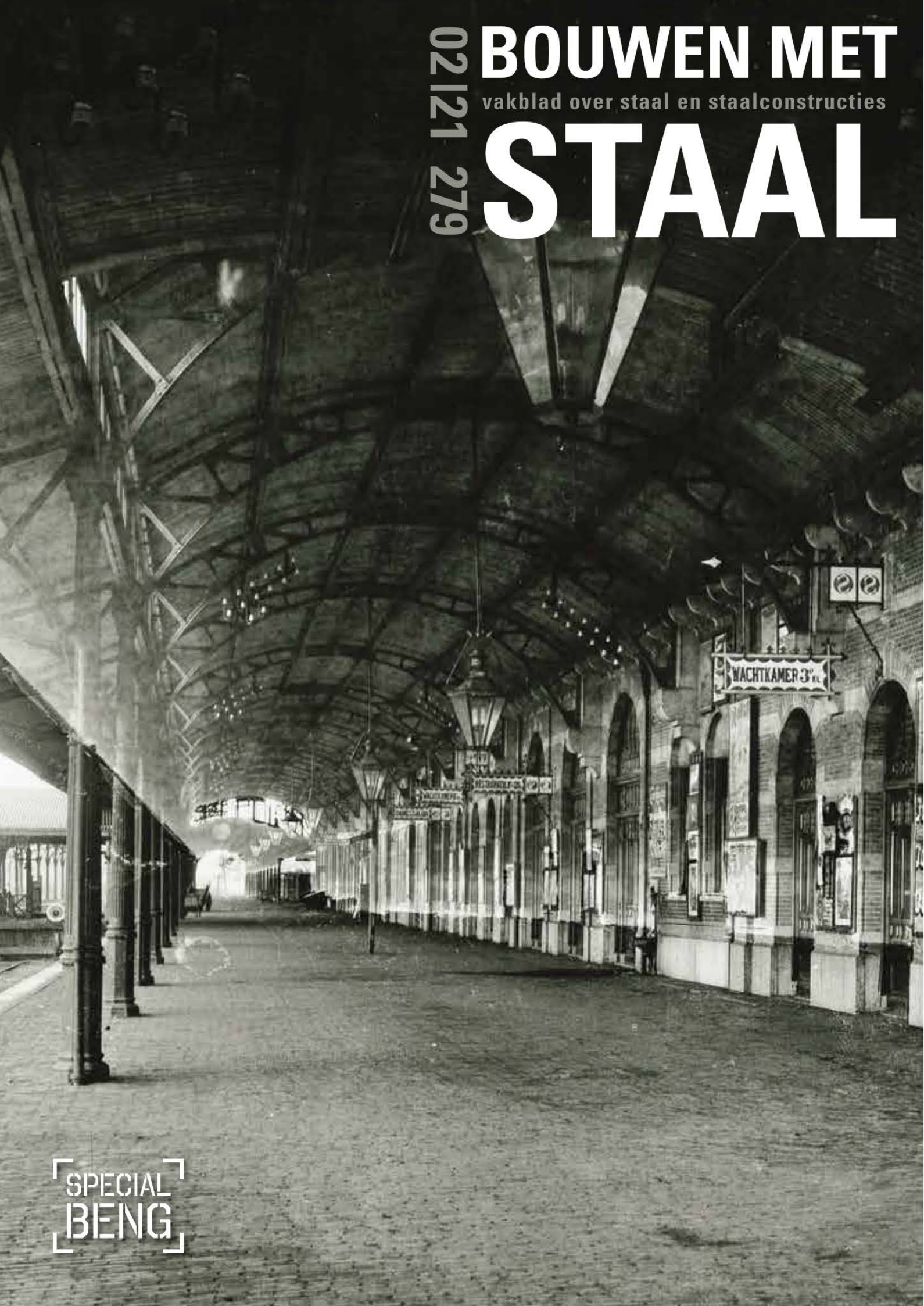


02121 279

**BOUWEN MET**

vakblad over staal en staalconstructies

**STAAL**



[SPECIAL  
BENG]

**Bouwen met Staal 279 | jaargang 54 | februari 2021**

ISSN 0166-6363

**Uitgever** Marco Pauw.

**Redactie** Paul van Deelen • Henk Orsel • Marco Pauw.

**Medewerkers** Bertine Colsen.

**Redactieraad** W. Borgstein, Tata Steel Europe • ir. M.F.I. Braem, Croes • ir. Y. van Diermen, Pieters Bouwtechniek • R.S. Dursin, Zinkinfo Benelux • A. Hagoort, SNS • ir. M. Horikx, Hogeschool van Amsterdam • ing. K. Flierman, Construsoft • G.J. Kannekens, Severfield • ir. F. Maatje (voorzitter), Bouwen met Staal • ing. I.B. van der Meer, Bam Infraconsult • ir. K. Oosterman, ZJA • ing. J. Seinen, Rijkswaterstaat • ir. L.I. Vákár, Movares • ing. F.E. Vasquez, Dumebo | DWS • T.S. Wolvekamp MSc, BAM Infraconsult.

**Redactie en administratie** Bouwen met Staal • Louis Braillelaan 80 • 2719 EK • Zoetermeer • tel. (088) 353 12 12 • bms@bouwenmetstaal.nl.

**Advertenties** Advercom • Dijkzichtlaan 2, 2071 EZ Haarlem • tel. 023-737 07 96/ 06-24 68 52 25 • edejong@advercom.nl • www.advercom.nl.

**Vormgeving** Banee Design, Rotterdam • www.banee-design.nl.

**Druk** Veldhuis Media, Raalte • www.veldhuismedia.nl.

**Vrijwaring** Uitgever, redactie, auteurs en medewerkers verklaren dat de inhoud van dit vakblad zorgvuldig en naar beste weten is samengesteld. Zij aanvaarden geen aansprakelijkheid voor schade, van welke aard ook, als gevolg van handelingen en/of beslissingen die zijn gebaseerd op de geboden informatie.

**Abonnementen 2021** Binnenland € 76; buitenland € 101; studenten € 20 (via Staalkaarthouder); losse nummers € 25 (prijzen incl. btw). Annuleren voor 2022 is mogelijk tot 1 december 2021. Een abonnement is ook verkrijgbaar als onderdeel van een lidmaatschap van Bouwen met Staal met exclusieve toegang tot de digitale versie(s) van het vakblad.

**Lidmaatschap Bouwen met Staal** Een lidmaatschap geeft recht op één of meer abonnementen op het vakblad *Bouwen met Staal* en gratis deelname aan avondsessies. Als (bedrijfs)lid ontvangt u ook korting op studiedagen, excursies en op andere producten en diensten van Bouwen met Staal (zoals publicaties, cursussen, opleidingen en de Nationale Staalbouwdag). Bovendien krijgt elk lid toegang tot de digitale versie(s) van het vakblad (online bladermodule) en het archief (eveneens online) dat per artikel kan worden geraadpleegd via bijvoorbeeld auteur, onderwerp of een trefwoord. Annuleren voor 2022 is mogelijk tot 1 december 2021.

**Meer informatie en aanmelding(en)** [www.vakbladbouwenmetstaal.nl](http://www.vakbladbouwenmetstaal.nl).

**Cover en p. 3 (± 1900)** J.G. Kramer, Utrechts Stadsarchief.

**Foto André Verschoor (p. 2 en 6)** Vincent Basler • [www.vincentbasler.com](http://www.vincentbasler.com).



© Bouwen met Staal 2021. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, in enigerlei vorm, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



- 4 NIEUWS
- 6 ANDRÉ #1
- 48 WONEN MET STAAL (82):  
WOONSCHUUR, BEUNINGEN  
**Driescharnierspantpand**  
P.F. van Deelen
- 64 VRAAG & ANTWOORD 374-376



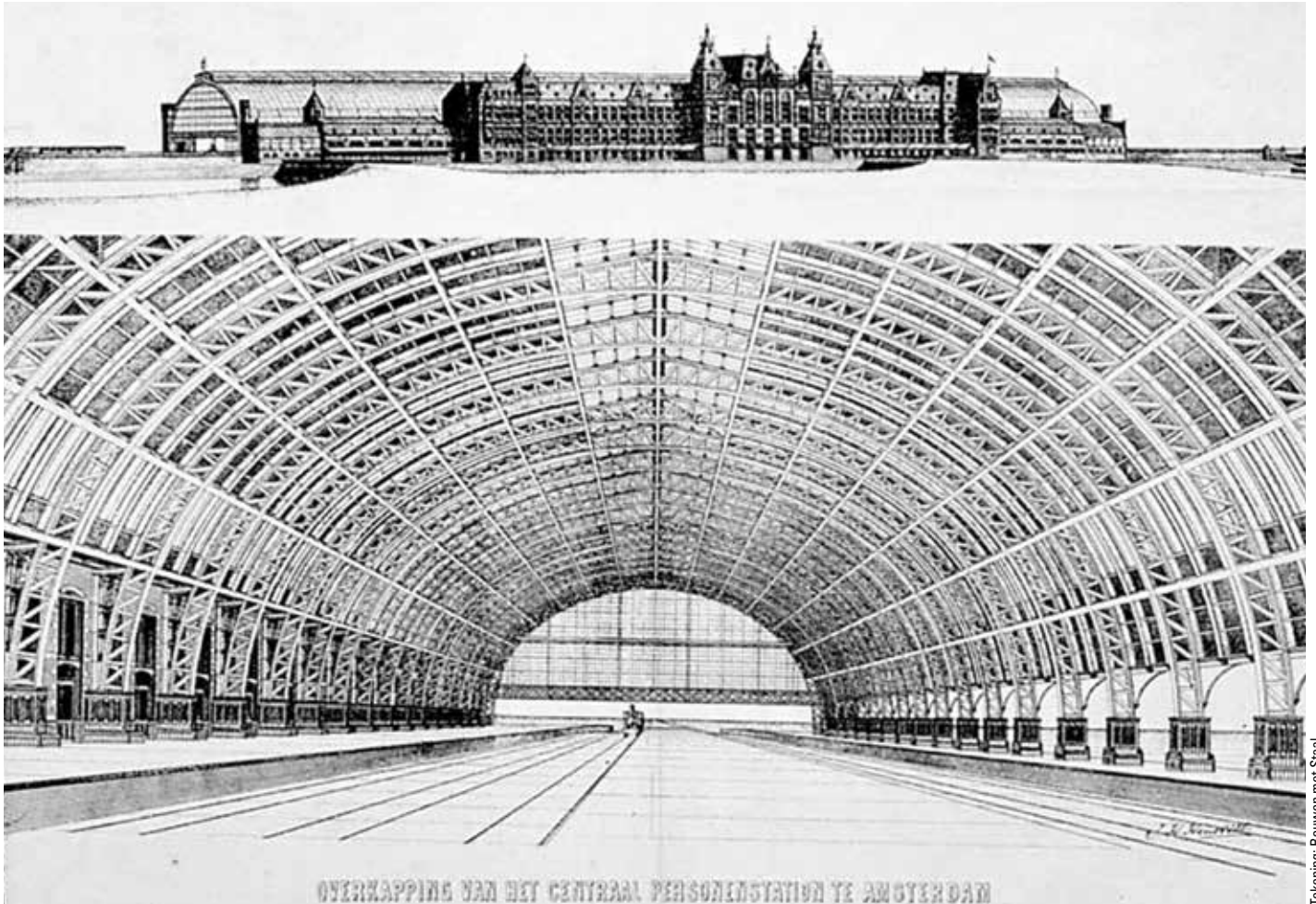
## 18 | PROJECTEN



## 53 | TECHNIEK

- 10 KANTOORGEBOUW CANON  
PRODUCTION PRINTING, VENLO  
(1): DEFINITIEF ONTWERP  
**Schragen op 500 palen**  
E.J. Brok en H.M. Hazelaar
- 14 (2): UITVOERINGSGEREED ONTWERP  
**Optimalisaties**  
H.M. Hazelaar
- 18 STATIONSKAPPEN IN HISTORISCH  
PERSPECTIEF  
**IJzer spoort naar staal**  
H.J. van Lint en L.I. Vákár
- 22 RESTAURATIE PERRONKAPPEN  
LEEWARDEN  
**Sikkels en Polonceaus**  
W. van 't Land en L.I. Vákár
- 32 RESTAURATIE PERRONKAPPEN  
GRONINGEN  
**Behoud van pracht en praal**  
H.J. van Lint en L.I. Vákár
- 42 STABILITEIT ONDERRANDEN  
VAKWERKLIIGERS GEKLONKEN  
STATIONSKAPPEN  
**Vakwerk afgestoft**  
M.R.C. van der Heijde, H.H. Snijder en L.I. Vákár
- 53 NTA 8800 (1): BIJNA ENERGIENEUTRALE  
GEBOUWEN (BENG)  
**BENG vervangt EPC**
- 55 NTA 8800 (2): TO<sub>JULI</sub>  
**Risico op oververhitting**
- 56 NTA 8800 (3): LICHTTE UTILITEITSBOUW  
**Wikken en wegen met BENG**  
R.M.M. van der Loos
- 60 NTA 8800 (4): LICHTTE WONINGBOUW  
**Effectieve interne warmtecapaciteit**  
M.A. Barendsz

「SPECIAL」  
「BENG」



Tekening: Bouwen met Staal

1. Station Amsterdam Centraal (1888); één van de eerste voorbeelden van een meer robuuste constructievorm met een symmetrische boven- en onderrand van het vakwerk in Nederland.

# IJzer spoort naar staal

**Nadat in beide kappen forse schades zijn vastgesteld, worden in 2016 en '17 kort na elkaar constructieve noodmaatregelen getroffen in de perronoverkappingen van de stations Leeuwarden en Groningen. Dat is niet toevallig. Historische schetsen van het monumentaal erfgoed waarbij ijzer- en staalbouw gelijke tred houdt met de ontwikkeling van het spoor.**

ir. H.J. van Lint en ir. L.I. Vákár

Hans van Lint is senior-adviseur en László Vákár is raadgevend ingenieur, beiden bij Movares in Utrecht.

De monumentale overkappingen van de stations Leeuwarden en Groningen maken deel uit van een verzameling van ongeveer 75

stationsoverkappingen die zijn gerealiseerd in een periode vanaf het ontstaan van de spoorwegen tot aan het begin van de Tweede

Wereldoorlog. Veel van deze stations worden als monument gewaardeerd. Dit erfgoed is bijzonder waardevol, vanwege het historische inzicht in de ontwikkeling van zowel het Nederlandse spoor als de Nederlandse ijzer- en staalbouw. Zonder ijzer had het spoor niet kunnen ontstaan, maar andersom is het spoor aanjager geweest van de ontwikkeling van de ijzer- en staalbouw.

Tussen de bouw van de overkappingen op beide stations zit slechts vijf jaar, maar een vergelijking tussen deze objecten levert een



Foto: Utrechts Archief

2. Sikkelspanten van overkapping station Arnhem (1867) nadat het in de Tweede Wereldoorlog beschadigd is geraakt.

waardevol inzicht in de ontwikkeling van materiaalkeuze en het constructieve systeem. Die ontwikkeling loopt van ijzer naar staal en van Polonceau- en sikkelspant naar geklonken vakwerkconstructie.

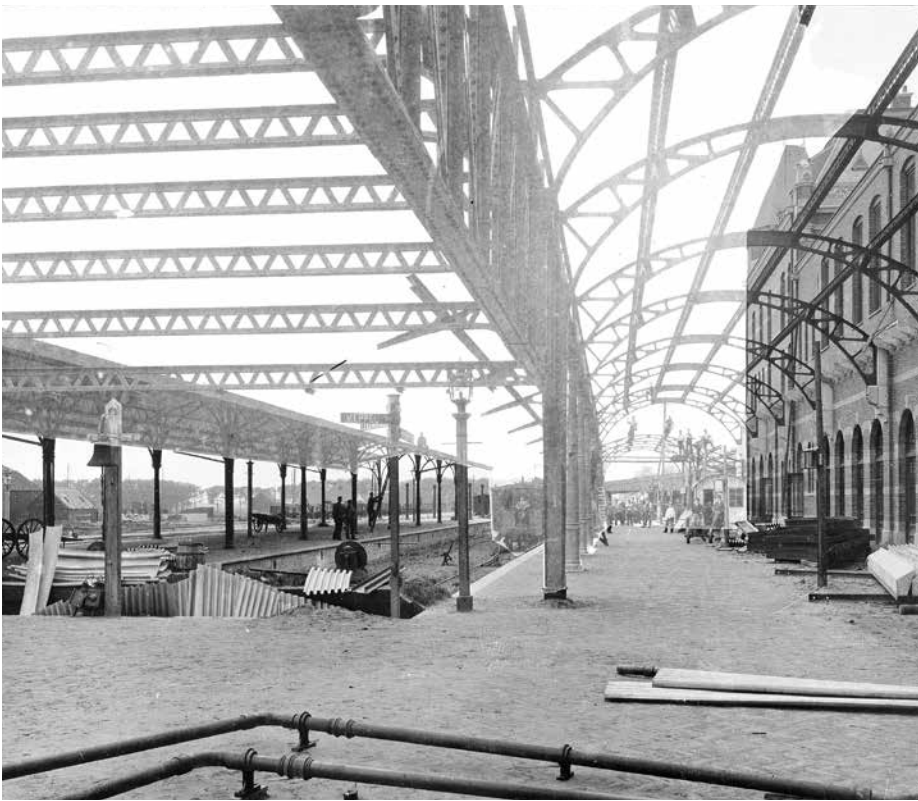
### IJzer en staal

Als constructief ontwerpers hebben we tegenwoordig de beschikking over modern staal, een materiaal dat in vele opzichten over zeer goede eigenschappen beschikt. Het is niet alleen relatief sterk en bestand tegen trekspanningen, het is ook homogeen, taai en goed verwerkbaar door middel van lassen. Staal is een legering van ijzer dat wordt geproduceerd uit ijzererts en koolstof. Waar het gebruik van ijzer letterlijk zo oud is als de ijzertijd (800 v. Chr.), is de productie van staal van veel

recenter datum en is de toepassing van staal pas laat in het tijdperk van de industriële revolutie algemeen gebruikelijk geworden (eind 19<sup>e</sup> eeuw).

IJzererts is een gesteente dat de basis vormt voor zowel ijzer als staal en bestaat uit moleculaire verbindingen van ijzer- en zuurstofatomen ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). IJzererts bevat daarnaast tal van andere van nature aanwezige verontreinigingen. Om uit ijzererts een materiaal te bereiden dat geschikt is voor constructieve toepassingen moeten de zuurstofatomen uit het erts worden losgemaakt. Dit wordt gedaan door het erts bij hoge temperatuur te smelten en koolstof toe te voegen. De koolstof bindt de zuurstof en verdwijnt als koolstofdioxide. Als het materiaal volledig gesmolten is, kunnen ook

nadelige verontreinigingen als zwavel en fosfor uit het materiaal worden afgevangen. Een deel van de toegevoegde koolstof blijft achter in de legering en bepaalt in hoge mate de materiaaleigenschappen van het eindproduct: een hoog koolstofpercentage maakt het materiaal geschikt om te gieten, en het eindproduct harder maar ook brosser; een laag koolstofpercentage maakt het materiaal smeedbaar wat een taaier product oplevert. Bij een koolstofequivalent tussen de 0,3 en 1,7% is het product te harden door het na productie snel af te laten koelen, wat een hogere sterkte oplevert. Bij een koolstofpercentage van 0,3 tot 1,7% wordt een optimale mix verkregen van sterkte- en taaiheidseigenschappen. Dit materiaal kennen we tegenwoordig als staal.



Groningen (1895-1900).



Groningen. Overzicht vóór elektrificatie (1951).



Leeuwarden. Begin elektrificatie emplacement (1952).



Leeuwarden. Hoge kap (1918).



Groningen (rond 1900).



Groningen. Perron 3, seinhuis in aanbouw (1)(1928).

### Bessemerprocedé

Het verband tussen het koolstofgehalte en de materiaaleigenschappen is al aan het eind van de 18<sup>e</sup> eeuw bekend. Het beheersen van het bereidingsproces van staal vraagt echter een zekere mate van technische ontwikkeling en is complexer dan de bereiding van ijzer. Het duurt daarom nog tot circa 1860 voordat staal, door middel van het Bessemerprocedé, op industriële schaal geproduceerd kon worden. Vanwege de vrij hoge kosten duurt het dan nog tot het einde van de 19<sup>e</sup> eeuw voordat het gebruik van staal het gebruik van ijzer verdringt. De vroegst bekende toepassing van staal in Nederland voor gebouwconstructies zijn de kappen van Station 's-Hertogenbosch uit 1896 en daar kunnen we, weten we sinds kort, de kappen van Station Groningen eveneens uit 1896 aan toevoegen.

### Gietijzer en welijzer/smeedijzer

Voordat het gebruik van staal gemeengoed

werd, was de bouw aangewezen op het gebruik van ijzer. Dit ijzer was beschikbaar in twee hoofdvormen<sup>1</sup>: gietijzer en wel-/smeedijzer.

Gietijzer wordt gevormd in mallen en kon in de vorm van grijs gietijzer al eind 18<sup>e</sup> eeuw goedkoop en op industriële schaal worden geproduceerd. Door het gebruik van mallen kon het eindproduct rijk gedecoreerd worden. Gietijzer heeft echter als nadeel dat het slecht bestand is tegen trekspanningen en daardoor niet geschikt is voor elementen waar buiging in optreedt. De constructieve toepassing is daardoor beperkt tot kolommen, drukbogen, kleine onderdelen met een beperkte overspanning of andersoortige onderdelen die uitsluitend op druk worden belast. Welijzer/smeedijzer werd geproduceerd in een proces waarbij het materiaal niet volledig tot smelten komt. Als gevolg daarvan bevat het product veel verontreinigingen die door het walsen of smeden naar het oppervlak

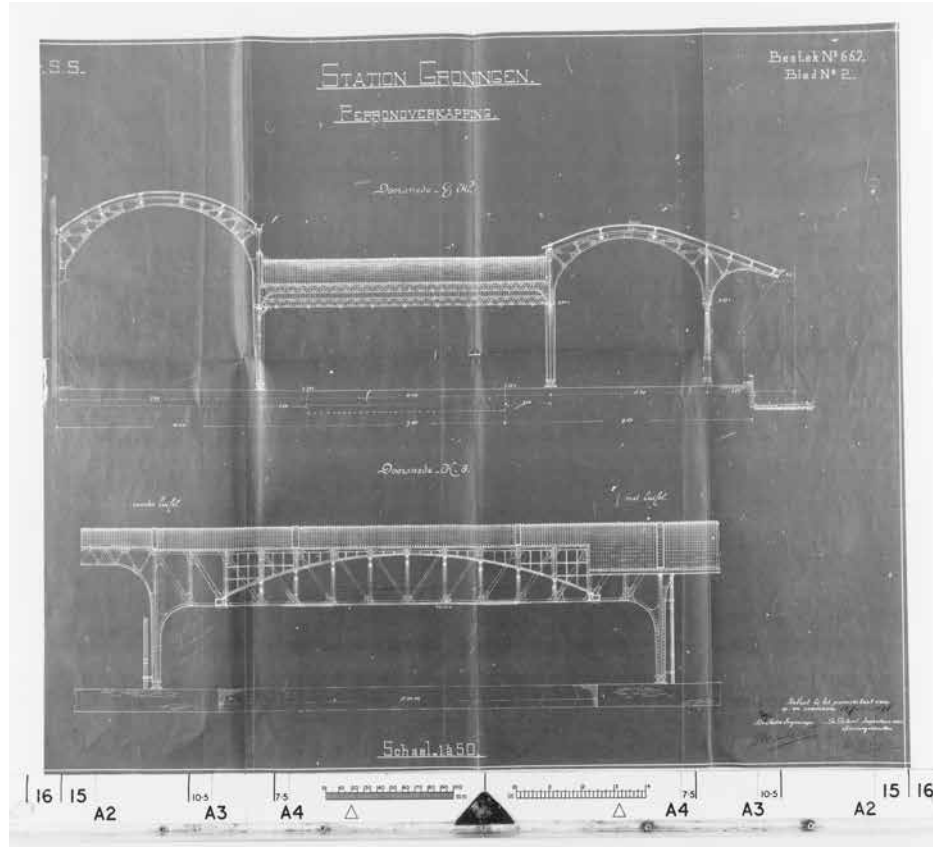
komen en als laagjes in de materiaalstructuur zijn terug te vinden. De mechanische eigenschappen van welijzer zijn in het vlak redelijk vergelijkbaar met die van staal; het is een taai product en goed bestand tegen trekspanningen, maar loodrecht op het oppervlak kan het nagenoeg geen trek verdragen vanwege de verontreinigingslagen. Het eindproduct werd gevormd door te walsen (of te smeden) en had de vorm van stripstaal, hoeklijnen, T-, H-, U- en Z-profielen. Walsen kan gezien worden als de industriële vorm van smeden; in beide gevallen worden de mechanische eigenschappen van het materiaal verbeterd doordat de kristalstructuur onder invloed van druk wordt verfijnd. Omdat het bereidingsproces van welijzer arbeidsintensiever is dan dat van gietijzer, duurt het tot circa 1840 voordat welijzer beschikbaar komt tegen een concurrerende prijs in constructies met trekelementen, zoals kapconstructies met grote overspanningen, konden worden geproduceerd.

## Literatuur

- H.W. Lintsen, *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Deel III. Textiel. Gas, licht en elektriciteit. Bouw.* Walburg Pers. Zutphen, 1993.
- H.W. Lintsen, *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving 1800-1890. Deel V. Techniek, beroep en praktijk.* Walburg Pers. Zutphen 1994.
- W.H. Verburg, *Basisboek, deel 1 uit de serie (Over)spannend staal*, Bouwen met Staal, Rotterdam 1996.
- H.M.C.M. van Maarschalkerwaart, 'Slaan, trekken en vloeien', *Bouwen met Staal* 128 (1996), p. 28-35.
- M. de Bouw en I. Wouters, 'Ijzer en staal: van smeden tot gieten ...', *Erfgoed van Industrie en Techniek* 17 (2008) 4, p. 183-193.
- L.I. Vákár, 'Perronkappen Station 's-Hertogenbosch. Oude kappen weer als nieuw, nieuwe kap als oud', *Bouwen met Staal* 146 (1999), p. 16-21.
- Foto's: J.G. Kramer, W.P.F.M. Schaik/NS, Utrechts Stadsarchief, Groninger Archieven



Groningen. Perron 3, seinhuis in aanbouw (2)(1928).



Groningen. Tekening 'behoort bij procesverbaal van op- en overname', 18 juli 1896.

## Ontwikkeling constructievormen

In de vroege periode van de bouw van stations-overkappingen waren de mogelijkheden om een constructie rekenkundig te analyseren beperkt en belastingnormen bestonden nog niet. Het constructief ontwerp is dan ook voor een groot deel gebaseerd op experimentele ervaring en op vanuit de houtbouw overgenomen vormen. In deze periode was het Polonceauspant een veel gebruikt constructietype om een overspanning mee te kunnen realiseren. Dit spanttype bestaat uit een buigstijve rand die werd onderspannen met smeedijzeren trekstangen en drukstaven als afstandshouder. Vanwege de relatief eenvoudige vorm en het beperkte aantal onderdelen is dit jarenlang een vertrouwde ontwerpvorm geweest. Het sikkelspant, feitelijk een type vakwerk, werd eveneens al vroeg in de geschiedenis gebruikt voor overkappingen. Net als bij het Polonceauspant was het daarbij gebruikelijk dat de bovenrand robuuster werd vormgegeven dan de onderrand. Waar de bo-

venrand bestond uit geklonken walsprofielen, bestond de onderrand uit slanke smeedijzeren trekstaven.

Als in de loop van de 19<sup>e</sup> eeuw de ervaring, de technische kennis en mogelijkheden tot constructieve analyse toenemen, kunnen ook complexere vakwerkconstructies worden geconstrueerd. Dit opent vele nieuwe mogelijkheden voor spectaculaire constructies (Eiffeltoren, 1889) en grotere overspanningen. Opvallend is dat in dezelfde periode het scherpe onderscheid in de doorsnede van boven- en onderrand verdwijnt en vakwerken een symmetrischer opbouw krijgen. Het is niet met zekerheid vast te stellen of dit komt door een toegenomen inzicht in de invloed van horizontale windbelasting op een overkapping of dat het opbouwen van een onderregel uit geklonken walsprofielen gewoonweg economischer werd dan de toepassing van gesmede staven. Feit is dat de constructies hierdoor een stuk robuuster werden.

## Leeuwarden en Groningen

Waar de overkapping van station Leeuwarden nog leunt op de ideeën en gebruiken van de vroege periode van de ijzerbouw en overeenkomsten vertoont met de inmiddels verdwenen kapconstructies van onder andere de stations Amsterdam Weesperpoort (gebouwd omstreeks 1863), Zwolle (1866), Arnhem (1867) en Utrecht Maliebaan (1874), is de overkapping van Groningen een representant van een nieuw tijdperk van staal en robuuste, geklonken vakwerkconstructies. •

1. In werkelijkheid zijn er in de loop van de tijd door verschillende fabrikanten veel verschillende kwaliteiten en soorten ijzer geproduceerd. Voor een gedetailleerd en compleet overzicht wordt verwezen naar het artikel 'Slaan, trekken en vloeien' van ing. H.M.C.M. van Maarschalkerwaart, *Bouwen met Staal* 128 (1996), p. 28-35.