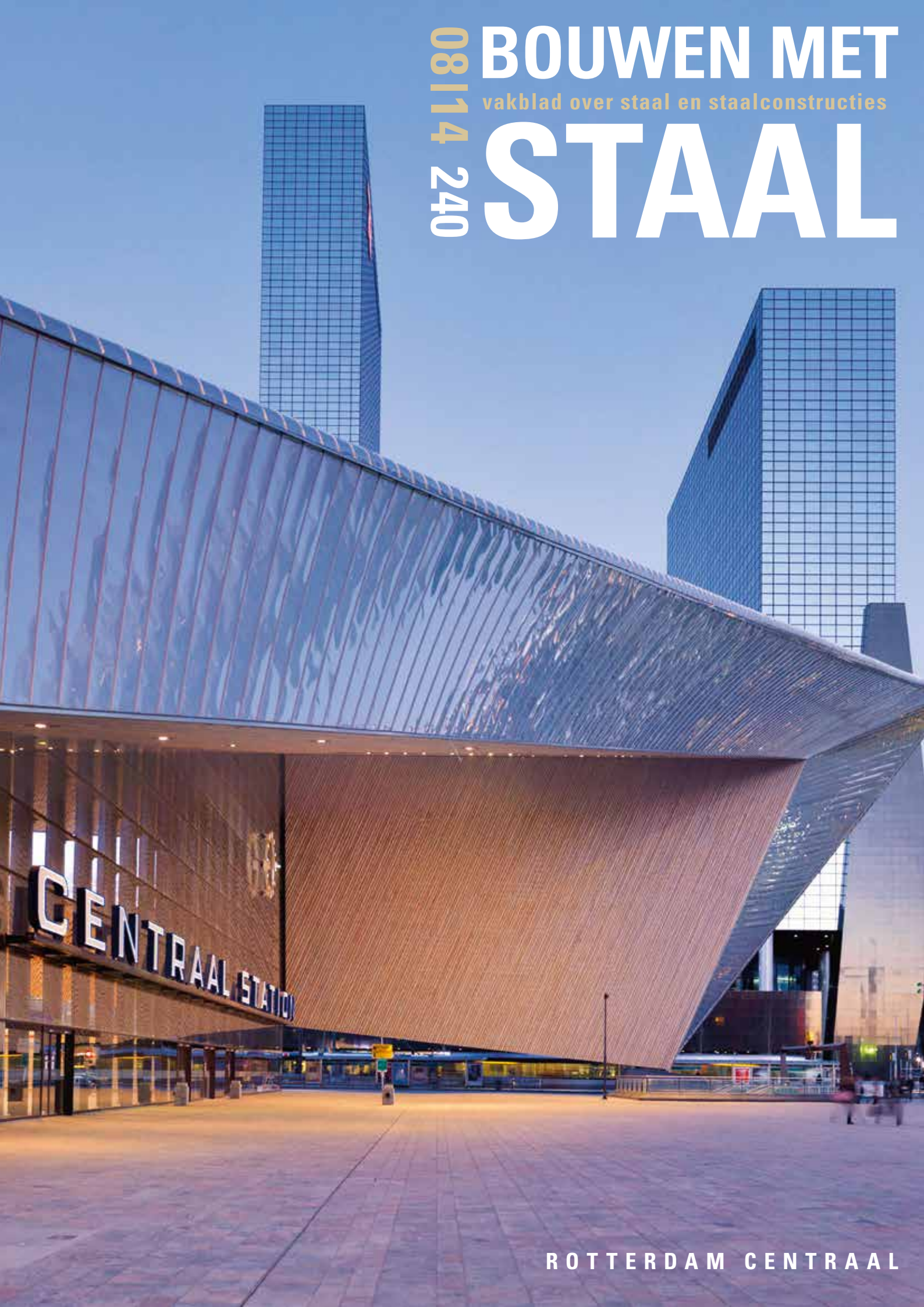


08114 240

**BOUWEN MET**

*vakblad over staal en staalconstructies*

**STAAL**



ROTTERDAM CENTRAAL

# ROTOCOATEN LEKKER RELAXED



**Rotocoaten** [ro-to-coa-ten] ww., gerotocoate [ge-ro-to-coa-te], gerotocoat [ge-ro-to-coat] **1** oppervlaktebehandeling van staal d.m.v. verzinken, poedercoaten of duplex **2** relaxen **3** ontspannen.  
Gezegde: "Alleen de mens die rotocoat, is vrij van zorgen en gekloot."

**Voordelen van Rotocoaten:** één locatie, één aanspreekpunt, één factuur en één garantieverlener.

**Wilt u ook Rotocoaten?**

**Neem dan contact met ons op!**



ONTWERP EN DETAILLEER  
BETROUWBAAR EN EFFICIËNT

# OFFSHORE

CONSTRUCTIES EN EQUIPMENT

WERK SAMEN EN WISSEL UIT  
MET PLANTDESIGN EN ANALYSIS SOFTWARE



CONSTRUSOFT

3D CAD voor design en structural engineers

Ontwerp elke offshoreconstructie volledig én gedetailleerd en lever toegevoegde waarde in het ontwerp- en fabricageproces.

Kijk voor meer informatie op [www.construsoft.com](http://www.construsoft.com)



TEKLA®

A TRIMBLE COMPANY

## OPLEIDING TEKLA MODELLEUR STAALBOUW

Bel Construsoft  
+31 316 200 000  
voor beschikbaarheid

In deze basisopleiding leert u een 3D model te maken en deze uit te werken naar 2D tekeningen. Daarnaast leert u hoe u lijsten en overige output kunt genereren en krijgt u inzicht in de structuur en de instel- en automatiseringsmogelijkheden binnen Tekla Structures.

Geplande opleidingen 2014:  
Construsoft start elke maand nieuwe opleidingen.  
Reserveer een plaats via onze website of bel ons voor meer informatie.



CONSTRUSOFT

[WWW.CONSTRUSOFT.COM](http://WWW.CONSTRUSOFT.COM)



TEKLA  
A TRIMBLE COMPANY  
AUTHORIZED  
RESELLER

Innovatieve totaaloplossing voor  
staal- en constructiebedrijven!



[www.ConstruSteel.com](http://www.ConstruSteel.com)

ERP - MRP - CAD - CAM - BIM



CONSTRUSTEEL

ERP software

**Bouwen met Staal 240 | jaargang 47 | augustus 2014**

**ISSN** 0166-6363.

**Uitgever** M.C. Pauw.

**Redactie** ir. Paul van Deelen • Henk Orsel (bureauredacteur) • ing. Marco Pauw (hoofdredacteur).

**Medewerker** Hans Emeis.

**Redactieraad** ir. R. Blok, TU Eindhoven • mw. M. den Boon, Tata Steel • ir. M.F.I. Braem, Croes • R.E.D. Brongers, Coatinc • ir. Y. van Diermen, Pieters Bouwtechniek • ir. M. Horikx, Hogeschool van Amsterdam • dr. M.H. Kolstein, TU Delft • ir. F. Maatje (voorzitter), Bouwen met Staal • ing. J. Seinen, Rijks-waterstaat • mw. A. van Stiphout, Jack Muller • ing. J.G. Thibaudier MBA, SFN • ir. R. Top, ZJA • ir. L.I. Vákár, Movares • ing. F.E. Vasquez, SNS • T.S. Wolvekamp M.Sc. BAM Infra Consult.

**Redactie en administratie** Bouwen met Staal • Postbus 190, 2700 AD Zoetermeer • tel. (079) 3531277 • fax (079) 3531278 • bms@bouwenmetstaal.nl.

**Advertenties** Archer Media • Postbus 2696, 3800 GE Amersfoort • tel. (033) 4539450 • fax (033) 4572313 • sales@archermedia.nl.

**Vormgeving** Bane Design, Rotterdam.

**Vrijwaring** Uitgever, redactie en samensteller 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 2014** Binnenland € 65; buitenland € 90; studenten € 20 (via Staalkaarhouder); losse nummers € 20 (prijzen incl. btw).

Annuleren voor 2015 is mogelijk tot 1 december 2014. Een abonnement is ook verkrijgbaar als onderdeel van het lidmaatschap van Bouwen met Staal.

**Lidmaatschap Bouwen met Staal** Het 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). Er zijn vijf mogelijkheden (prijzen per jaar): (1) Staalkaarhouder (studentlid) à € 20 incl. btw; (2) Juniorlid à € 58 incl. btw; (3) Persoonlijk lid à € 87,50 incl. btw; (4) Bedrijfslid à € 515 excl. btw; (5) Gold Member € 3390 excl. btw. Annuleren voor 2015 is mogelijk tot 1 december 2014.

**Voor meer informatie en aanmelding** [www.bouwenmetstaal.nl](http://www.bouwenmetstaal.nl).

**Foto cover** Arcadis/Michel Kievits.

**Foto Michiel Cohen (p.7)** Lorenz Kort.

**Fotocredits** Collectie Het Nieuwe Instituut (p. 9, 56), Jannes Linders (p. 10, 11, 14, 16 (lb, ro), 17, 19, 21 (b, m), 24 (o), 27, 28, 32, 33, 39 (r), 42, 49, 51), Arcadis/Michel Kievits (p. 3, 15, 16 (lo, rb)), Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam (p. 36, 43, 44, 45).

**bouwen met  
staal**

© Bouwen met Staal 2014

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, in enigerlei vorm, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



- 4      NATIONALE STAALPRIJS 2014
- 7      MICHIEL #3  
         Een betere bouw
- 64     VRAAG & ANTWOORD #332-334



## 10 | ROTTERDAM CENTRAAL

- |    |   |    |  |
|----|---|----|--|
| 10 | ROTTERDAM CENTRAAL (1):<br>SLEUTELPROJECT<br><b>Overstapmachine</b><br>F.G.A Meijer en E.A. van der Meer        | 34 | ROTTERDAM CENTRAAL (5):<br>CONSTRUCTIEF ONTWERP STATIONSHAL<br><b>Bewegingsvrijheid</b><br>T.A. de Vries |
| 14 | ROTTERDAM CENTRAAL (2):<br>ONTWERPOVERWEGING<br><b>In balans met de metropool</b><br>L.M. Blom                  | 42 | ROTTERDAM CENTRAAL (6):<br>UITVOERING STATIONSHAL<br><b>Gewichtscomplex</b><br>H.M.J. de Waard           |
| 18 | ROTTERDAM CENTRAAL (3):<br>HOOFDOPZET<br><b>Openhartoperatie</b><br>H.M.F. Beertsen en P. Bout                  | 48 | ROTTERDAM CENTRAAL (7):<br>CONSTRUCTIEF ONTWERP SPORENKAP<br><b>Y-zersterk uitgenut</b><br>P.P. Schipper |
| 26 | ROTTERDAM CENTRAAL (4):<br>BRANDWERENDHEID<br><b>Communicerende vaten</b><br>D.C. van Zanten en H.M.F. Beertsen | 52 | ROTTERDAM CENTRAAL (8):<br>UITVOERING SPORENKAP<br><b>Buiten dienst en binnen tijd</b><br>T. van Zwet    |

## NOMINATIES NATIONALE STAALPRIJS 2014

Uit de 103 inzendingen voor de 20<sup>e</sup> editie van de Nationale Staalprijs heeft de jury achttien projecten genomineerd: vijftien voor de 'reguliere' Nationale Staalprijs en drie voor de nieuwe Duurzaamheidsprijs. De inschrijving sloot op 1 juni, waarna de jury de projecten in twee dagen beoordeelde: op 4 juni tijdens een voorselectie en op 18 juni voor de definitieve keuzes. Nieuwbouw- en renovatieprojecten opgeleverd en/of in gebruik genomen in 2013 of 2012 gingen mee in de vijf categorieën (A) utiliteitsbouw, (B) industriebouw, (C)

woningbouw, (D) infrastructuur en (E) 'karakteristieke stalen bouwdeelen'. In de laatste categorie vallen bijvoorbeeld stalen gevels, daken, atria, luifels, trappen en kunstwerken. Nieuw dit jaar is de Nationale Duurzaamheidsprijs Staal (NDS). De drie nominaties van deze overkoepelende prijs zijn gekozen uit alle inzendingen. De award gaat naar het project dat in het geheel het beste scoort op duurzaamheid. De meeste inzenders zien behoud van een monument of industrieel erfgoed door een stalen, veelal losstaande toevoeging

als waarde. De jury ziet liever de intrinsieke eigenschappen van het materiaal staal als kwaliteit: licht, slank en prefabricage, waarbij integrale vormgeving ook wordt gehonoreerd. Tijdens de jurering werden de vijf globale selectiecriteria dan ook meer gepreciseerd naar de criteria industrieel, flexibel en (de)montabel bouwen.

### Jury

Dit jaar is de samenstelling van de onafhankelijke jury grotendeels gewijzigd, net als de voorzitter: Pi de Bruijn van architecten CIE.

De zittingstermijn van juryleden is vier jaar. De drie oudgedienden Nico Hendriks (BDA Groep), Rob Nijssse (TU Delft en ABT) en Henk Wind (Bouwwereld) werden dit jaar voor het eerst vergezeld door André den Hollander (Phi Consult), Robert Kwintenberg (Systabo), Bart van Leeuwen (Movares), René Sterken (BAM Utiliteitsbouw), Michiel Visscher (Royal HaskoningDHV) en Coert Zachariasse (Delta Development). De prijsuitreiking vindt traditioneel plaats tijdens de Nationale Staalbouwdag op 2 oktober, in Katwijk.

A | UTILITEITSBOUW



Alphen aan den Rijn, Steekterpoort.



Rotterdam, Centraal Station (foto: Michiel Kievits).



Son en Breugel, Ekkersrijt (foto: René de Wit).

B | INDUSTRIEBOUW



Deest, Ravestein.



Ede, Toyota Material Handling.



Noordzee, DolWin Alpha.

C | WONINGBOUW



Grou, KHM26.



Kamperland, Villa Kogelhof (foto: Jeroen Musch).



Diverse locaties, EventBridge.



Panamakanaal, sluisen.



Purmerend, Melkwegbrug.



Nijmegen, De Oversteek (foto: Thea van den Heuvel/DAPh).



Barendrecht, Het Elastisch Perspectief.



Groningen, Europapark (foto: Jacomien Boonstra).



Urk, stalen stelling.



Diverse locaties, EventBridge

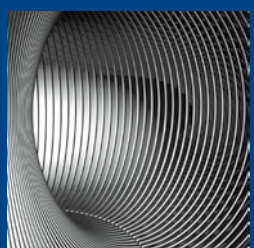


Leiden, Hortus Botanicus.



Rotterdam, De Karel Doorman (foto: Ossip van Duivenbode).

# nationale STAAL BOUW DAG 2014



## Winnaar Perronkap en passerelle Station Amhem

Uit het juryrapport  
'Het project heeft overduidelijk een on-Nederlandse allure, maar is wel met Nederlandse budgetten uitgevoerd. Het is zorgvuldig ontworpen en consequent gedetailleerd met staal als meest geëigend constructiemateriaal.'

opdracht ProRail, Utrecht  
architectuur UNStudio, Amsterdam  
constructief ontwerp Movares Nederland, Utrecht  
uitvoering Combinatie BAM Dura Vermeer, Arnhem  
staalconstructie Buiting Machinabouw & Staalconstructie, Almelk  
afbouw Sorbia Projects, Winterswijk

# Iedereen wint

## op de Nationale Staalbouwdag 2014

Misschien wint u geen Nationale Staalprijs 2014, u wint altijd met een bezoek aan de Nationale Staalbouwdag 2014, *donderdag 2 oktober* in Hangaar 2, Katwijk aan Zee.

Onder het motto *Staal Ideaal!* trakteert de Nationale Staalbouwdag u op een gevarieerd, dagvullend programma met alle ingrediënten voor nieuwe kennis, inzichten en inspiratie in het ontwerpen en bouwen met staal. Op het menu staan:

- offshoreseminar, architectenseminar en opdrachtgeversseminar;
- vakbeurs met de nieuwste producten en diensten voor de staalbouw en
- congres met lezingen, discussies én bekendmaking winnaars Nationale Staalprijs.

En dat kost u geen Eurocent.

Dus pak die winst en meldt u nu aan voor gratis toegang op [nationalestaalbouwdag.nl/inschrijven](http://nationalestaalbouwdag.nl/inschrijven).





## MICHEL #3

Michiel Cohen (1946) is architect, oprichter van het Delftse architectenbureau cepezed en adviseur in bouwtechnologie en bouwgerelateerde problemen. In zijn column geeft hij zijn visie op de praktijk van en ontwikkelingen in de (staal)bouw. Reacties kunnen naar [bms@bouwenmetstaal.nl](mailto:bms@bouwenmetstaal.nl) en [meccocep@wxns.nl](mailto:meccocep@wxns.nl).



### Een betere bouw

Soms heb je een ideale opdrachtgever. Eentje die weet wat hij wil, zijn budgetten helder heeft en met zorg zijn architect heeft uitgekozen. En die openstaat voor onconventionele oplossingen. Dat vraagt om een aantal uitgelezen adviseurs, een inventieve constructeur met kennis van brand, een heldere klimaat- en installatieadviseur. En als het mag en kan, hebben die niet elk een apart contract, maar contracteer je ze zelf, met eenduidige verplichtingen om een goed project tot stand te brengen. Zo te zien een ideale opstelling. Maar helaas geen enkele garantie voor succes. Want dan begint het pas. Allerlei partijen die juist geen uiteindelijke verantwoordelijkheid voor het plan dragen, gaan zich ermee bemoeien. Op zich hebben ze allemaal gelijk op hun eigen gebiedje. Als ze de laatste cursus Bouwbesluit tenminste hebben begrepen, de normen hebben gelezen en bevatten wat een bestemmingsplan is. Daar kan zelfs een ideale opdrachtgever van in de war raken.

Om met die partijen goed te starten moet je zelf natuurlijk op dat soort kennisgebieden ook recht op in je schoenen staan. Er zijn jammer genoeg geen echte kennisbronnen die eenvoudig zijn in te schakelen op zo'n moment. Je kunt rondkijken op de site van de BNA, als je lid bent. Op internet is wel eens iets te vinden, soms weten je adviseurs ook het nodige, maar er bestaat geen structuur die eenvoudig optimaliserings, kennis en ervaring introduceert. Een adviescentrum zou wonderen kunnen doen om deze kennislacunes aan te vullen. Vroeger was alles beter. Terugkijken naar wat er was en wat er niet meer is, is net zo nuttig als het vernieuwen van structuren in de bouw. Een nieuwe wet met begrip voor wat er nodig is om goede gebouwen te realiseren en goede waar te leveren voor het besteedde geld is het beste.

Recent kreeg ik van veel kanten vragen over de geplande 'verbetering' van de voorwaarden bij oplevering. Men wil de termijn, die voor consumenten geldt om zaken toe te voegen aan de oplevering, verlengen van drie naar vijftien maanden en een garantie voor 'afmaken en kwaliteit' verplichten. Lijkt mij een typisch geval van symptoombestrijding in plaats van probleemoplossing. Het gaat om goed bouwen en niet om eenvoudiger fouten claimen! En als het toch wat mag kosten (bouwfouten voorkómen levert altijd meer op), laten we dat dan stoppen in betere coördinatie en toezicht.

Vroeger, toen het dus beter was, had elk zichzelf respecterend architectenbureau een opzichter in dienst. Die vormde de *trait d'union* tussen wat getekend was en wat er gebouwd werd. En wat in praktijk niet uitvoerbaar bleek, werd teruggekoppeld naar het bureau; education permanente. Eens te meer realiseer ik mij dat die schakel is verdwenen. Want niet alleen de vertaling op de bouw bestaat daarmee niet meer, maar ook de broodnodige neutrale kwaliteitscontrole. In principe zouden bouwbedrijven dat moeten gaan doen. Los van het feit dat kwaliteit in die configuratie altijd het 'keuren van eigen vlees' wordt, mist ook die vertaalslag van papier naar gebouw.



Dat toezicht koppelen aan een verzekering zou mogelijk de meest effectieve weg kunnen zijn naar een betere bouw. Opzichterswerk was privaat en kan dat net zo goed ook weer worden. Goed dagelijks toezicht geleverd door een neutrale partij en bij voorkeur gekoppeld aan een wettelijk verplichte verzekering is misschien de beste stimulans voor goede gebouwen. Dan hoeft er aan de oplevering niets te veranderen, en de opzichter kan de werkelijke oplevering ook veel beter doen, dan wie ook.

Hebben we voldoende opzichters? Voorzien van een behoorlijke bijscholing voor opzichter zijn vooral oudere en ervaren praktijkmensen de meest voor de hand liggende groep. Nog een extra voordeel dus om die in te kunnen zetten.

Voeg daarbij: goede tekeningen, goede bestekken – waarvan niet wordt afgeweken, tenzij daar een reden voor bestaat die door alle betrokkenen wordt onderschreven – dan weten we tenminste wat er moet worden geleverd.

Wat er ook nog ontbreekt is een heldere aansprakelijkheid voor alle partijen, geen inspanningsverplichtingen maar resultaatsverplichtingen. Alleen wanneer een partij aansprakelijk is, kan hij zijn verantwoordelijkheden ook nemen.

En wie weet sta je als architect dan wat minder machteloos. En alle andere partijen eveneens.

*Michiel*



**WILLEMS**  
**ANKER BV**

## Willems Anker, een tijdloos concept

Of het nu gaat om luifels, dakconstructies, parkeergarages, hoogbouw, liftkokers, bruggen, balkons, showrooms, wind-/geluidschermen, met de Willems Ankers en de Willems Drukbuizen krijgt uw ontwerp precies dat karakter en die uitstraling die u voor ogen heeft. Open, transparant, dynamisch en tijdloos.

Het Willems Anker 2000 systeem en de nastelbare Drukbuizen van Willems Anker kunt u overal inzetten waar u een elegante en praktische oplossing zoekt voor de stabiliteitsconstructie in de staal-, beton-, hout- en/of bruggenbouw.

### De sterke punten van Willems Anker:

- Zeer robuuste no-nonsense vormgeving
- Uniform design van M16 tot en met M80
- Een beproefde trekkracht tot 1.861 kN (M80)
- Grote nastelbaarheid  $\pm 50$  mm
- Standaard verbinding (bout en moer) optioneel
- Geen apart gereedschap bij montage benodigd
- Hoekafwijking mogelijk van gaffels t.o.v. schetsplaat
- Standaard op A-maat voorgemonteerd afgeleverd
- Elke stang voorzien van positienummer (tijdbesparing op bouwplaats)
- Standaard schijven, ringen en spanhuizen
- Te voorzien van de door u gewenste corrosiebescherming
- Conform uw ontwerp in elke RAL kleur te spuiten of te poedercoaten
- Inspectiegat voor controle indraaidiepte
- Zeer snelle levering

Voor meer informatie kunt u ons bereiken op tel. 0487-592304. Op onze internetsite staan enkele voorbeelden van gerealiseerde projecten met de Willems Ankers: [www.willems.nl](http://www.willems.nl).



**WILLEMS**  
**ANKER BV**

Waterstraat 24  
6657 CP Boven-Leeuwen  
Tel.: +31 487 59 23 04  
Fax: +31 487 59 39 17  
[www.willems.nl](http://www.willems.nl)



ir. F.G.A Meijer en ir. E.A. van der Meer

Freek Meijer is projectmanager Rotterdam Centraal, domein stadszijde bij de Gemeente Rotterdam, cluster Stadsontwikkeling Projectmanagement & Engineering. Erik van der Meer is projectmanager Rotterdam Centraal, domein spoorzijde, bij ProRail in Rotterdam.

# Overstapmachine

**Het nieuwe Rotterdam Centraal is één van de zes sleutelprojecten waarin Rijk en gemeente samen optrekken in een bestuurlijk proces dat moet leiden tot de bouw van 'een perfecte overstapmachine' waarvan alle risico's zijn afgedekt. Gedetailleerde schets van het proces vanaf 2002.**

Voor de ingrijpende verbouwing van het Centraal Station van Rotterdam zijn drie belangrijke aanleidingen: de verwachte groei van het aantal reizigers (met gemiddeld 3% per jaar), de komst van de Hogesnelheidslijn (HSL) en van RandstadRail, de nieuwe light-railverbinding tussen Rotterdam en Den Haag. Hierop is het station uit 1957 niet berekend. Tunnels en passages zijn te smal, perrons ontoereikend en de stationshallen te klein. Om de spoorgebruiker kwaliteit en comfort te bieden, wordt het station omgebouwd tot een moderne terminal voor openbaar vervoer.

Het project Rotterdam Centraal is één van de door het Rijk in het leven geroepen Nieuwe Sleutelprojecten (NSP). Voornaamste doelen van het NSP-programma zijn:

- de integrale ontwikkeling van zes stationslocaties tot hoogwaardige ov-knooppunten;
- de verbetering van het gebied rond de stationslocaties: door een spin-off aan investeringen op gang te brengen voor centrumvor-

ming om te komen tot toplocaties voor werken en voorzieningen, maar vooral ook voor wonen voor met name de midden- en hogere inkomensgroepen;

- een grotere bereikbaarheid: door het aanbod van vervoersmogelijkheden te verbeteren en de stations geschikt te maken voor de HSL en de toename van verkeers-, reizigers- en gebruikersstromen.

### Procesafspraken

Het NSP-programma wordt gefinancierd met bijdragen van het Rijk en de zes betrokken gemeenten. Behalve Rotterdam zijn dit Amsterdam (Amsterdam Zuid-WTC), Den Haag (Den Haag Centraal), Utrecht (Utrecht Centraal), Arnhem (Arnhem Centraal) en Breda (Breda Centraal). In de opzet zijn de afzonderlijke gemeenten verantwoordelijk voor de verdere uitwerking van de omvangrijke projecten, terwijl ProRail bij de uitwerking van alle zes projecten de verantwoordelijkheid draagt namens het Rijk.



In Rotterdam ondertekenen de gemeente en het Rijk op 24 april 2002 een 'bestuurlijke procesafspraken' waarin zij vastleggen dat ProRail in nauwe samenwerking met de gemeente een integraal voorontwerp van de ov-terminal laat maken. Tegelijk zullen nadere afspraken worden gemaakt over de wijze van samenwerking en kostenverdeling. Er is op dat moment al door de gemeente een masterplan gemaakt, waarvan het Rijk de toetsing nog moet afronden.

Na de toetsing wordt een ontwerpproces doorlopen, dat resulteert in een reeks bouwstenen voor een schetsontwerp. In een bestuurlijk overleg van 19 maart 2003 zijn afspraken over deze bouwstenen gemaakt en wordt een taakstellend budget vastgesteld van € 408,5 miljoen (prijspeil januari 2002). In het verlengde van het NSP-programma formuleren de gemeente en het Rijk hun ambities voor het Rotterdamse sleutelproject:

- het realiseren van een hoogwaardig ov-knooppunt met meerdere vervoersmogelijkheden;
- het opwaarderen van het stationsgebied tot volwaardig centrumgebied;
- het profileren van de ov-terminal als entree en visitekaartje van de stad;
- het ontwerpen van een station met een duidelijk herkenbare uitstraling;
- het zorgen voor een heldere oriëntatie op de ov-terminal vanuit de stad;
- het creëren van een aangenaam en zo mogelijk voornaam stationsgebied;
- het maken van een perfecte overstapmachine die tevens ontmoetings- en verblijfsruimte is;
- het prettig en veilig vormgeven van het publieke domein rondom het station.

### Programma van eisen

Deze ambities en doelstellingen krijgen in 2003 vorm in een programma van eisen, bestaande uit:

- een nieuw stationsgebouw voorzien van een reizigerstunnel, sporenkap, stationshal, kantoren (voor NS), retail, fietstunnel en aangepaste perrons met perrongebouwen;
- de inpassing van een ondergronds metrostation;
- de aanleg van de Weenatunnel om het doorgaande autoverkeer ondergronds te

- laten passeren, met daarin een aansluiting op de ondergrondse parkeergarage Kruisplein en parkeergarage Schouwburgplein;
- nieuwe tramhaltes met een nieuw tramtracé;
- de bouw van een tramtunnel naar Noord, ter ontlasting van het Hofplein;
- voorzieningen voor fietsen, kiss & ride, bus en taxi's;
- opwaardering van de kwaliteit van de buitenruimte van het Stationsplein, overgang Weena, Kruisplein, Delftseplein, Conradstraat, Proveniersplein en Poortstraat;
- het treffen van maatregelen tijdens de bouw voor ongestoorde dienstverlening en retail.

Opvallend element is dat het stationsgebouw een foyer moet hebben met een adres aan het Weena. Daardoor zal de reiziger vanuit het station direct op het Weena aankomen en zich onmiddellijk in het centrum van de stad voelen. De architectencombinatie Team CS (Bentham Crouwel Architects, Meyer en Van Schooten Architecten en West 8 urban design & landscape architecture) krijgt op 11 juni 2004 opdracht een voorontwerp van het plangebied te maken. Team CS is geselecteerd om zijn ontwerpstrategie. Hierin is de ontvangsthuis niet aan het Weena gelegen, maar opgeschoven naar het spoorelement, waardoor het één geheel zal vormen met de verbrede reizigerstunnel.

### Start bouw

Bij de start van de bouw van het metrostation Rotterdam Centraal voor het lightrailproject RandstadRail, begin 2005, ligt er een door Team CS opgesteld voorontwerp. Het blijkt evenwel niet mogelijk op basis hiervan de business case financieel sluitend te krijgen. Dat maakt aanpassingen en verbeteringen in het ontwerp noodzakelijk. Omdat alle betrokken partijen vertrouwen hebben in een snelle oplossing voor het financieel tekort, wordt wel een begin gemaakt met de bouwvoorbereidingen.

Hieruit vloeit een uitvoeringsovereenkomst voort tussen Rijk, gemeente en stadsregio Rotterdam, die op 3 april 2006 wordt ondertekend. De grondslag vormt het vastgestelde voorontwerp van Team CS. In het document worden afspraken gemaakt over de financie-

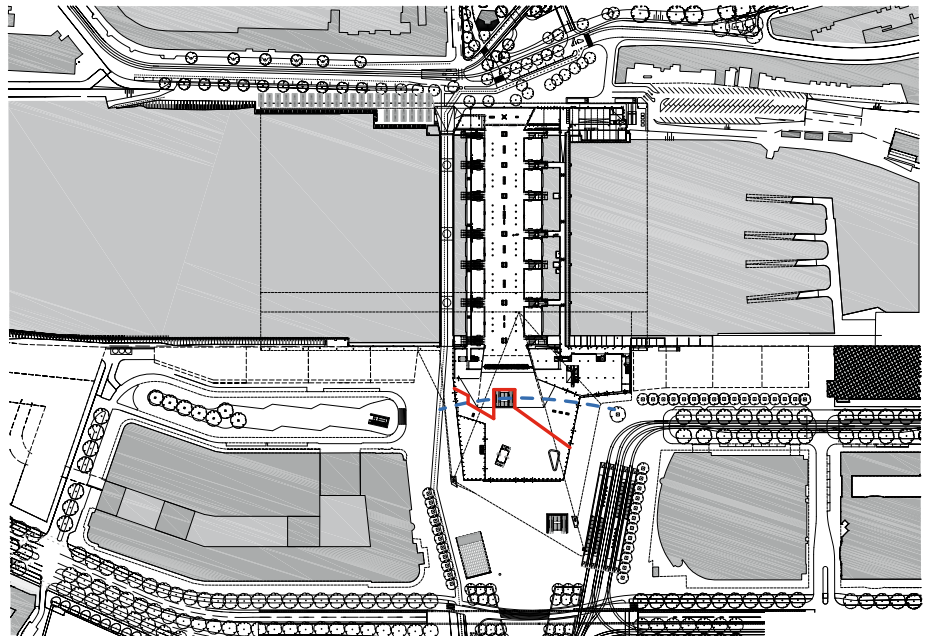
ring en risicoverdeling. De gemeente (met een financiële bijdrage van het Rijk) is verantwoordelijk voor de bouw van de stationshal aan de centrumzijde, het 'stadse' deel. Het Rijk voor het 'spoorse' deel: de reizigerspassage, sporenkap en perrons, inclusief het in stand houden van de stationsfuncties tijdens de bouw. De taak het Definitief Ontwerp voor het gehele station uit te werken, komt te liggen bij ProRail. Met het Definitief Ontwerp wordt in een nog verder uit te werken samenwerkingsovereenkomst tussen gemeente en ProRail bepaald waar de fysieke scheiding tussen het stadse en het spoorse deel ligt. De verwachting is dat de investeringskosten voor het project € 516 miljoen zullen bedragen (prijspeil 2005), terwijl € 485 miljoen is gedekt. Om het project alsnog sluitend te krijgen, worden verdere afspraken gemaakt. Naast het treffen van versoberingsmaatregelen betreffen deze afspraken de financiële bijdrage van NS, een te verwachten positief aanbestedingsresultaat en de dekkingsgarantie van het Rijk en van de gemeente Rotterdam.

### Doorstart

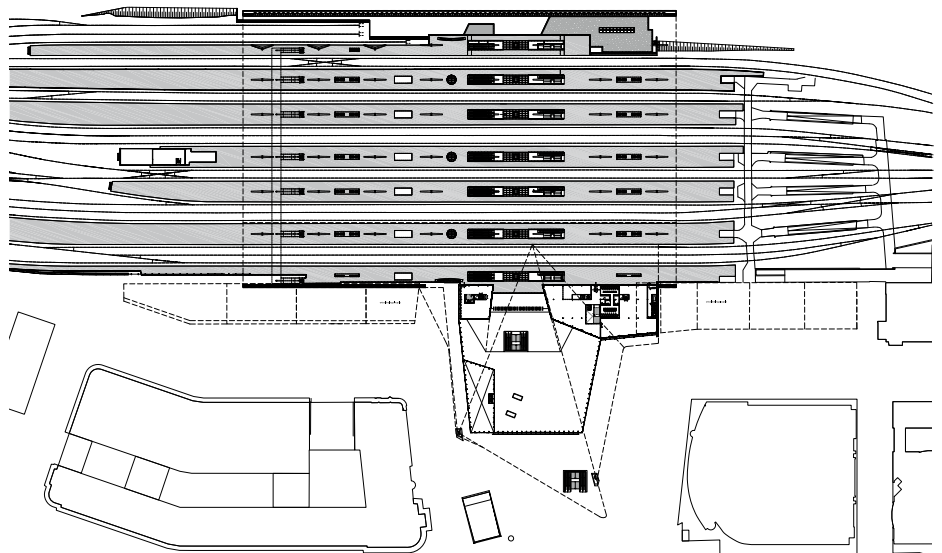
Het Definitief Ontwerp is medio 2006 gereed, waarna het college van B&W van Rotterdam het op 31 oktober 2006 vaststelt. Toch blijkt goedkeuring daarvan niet mogelijk, omdat de financiering nog steeds niet volledig rond is. Het vergt lange onderhandelingen tussen Rijk en gemeente voordat in het eerste kwartaal van 2008 overeenstemming is bereikt over de financiële afwikkeling. Medio 2007 wordt ook de bijdrage van de NS overeengekomen. Nu de financiering van het project op orde is, ondertekenen ProRail en de gemeente Rotterdam op 24 april 2008 de samenwerkingsovereenkomst. Daarin is ook de fysieke scheiding tussen het spoorse en stadse deel vastgelegd. De scheiding bakent de verantwoordelijkheden van de gedelegeerd opdrachtgever ProRail en gemeente af (*afb. 1a en 1c*). De oorspronkelijke domeingrens (blauwe stippellijn in *afb. 1a en 1c*) blijft intussen uitgangspunt voor de verdeling van de financiering tussen Rijk en gemeente. ProRail draagt de verantwoordelijkheid voor de voorbereiding en uitvoering van het casco voor het spoorse

deel. De gemeente wordt verantwoordelijk voor de voorbereiding en uitvoering van het casco voor het stadse deel. ProRail draagt ook zorg voor de voorbereiding en uitvoering van de afbouw en inbouw van de installaties en van de retailruimten, serviceruimten en de kantoren in het casco van de gehele ov-terminal. ProRail is daarnaast ook verantwoordelijk voor het in stand houden van alle stationsfuncties tijdens de bouw. Om hieraan te voldoen wordt een nieuw, tijdelijk station gebouwd, waarbij de bestaande fiets- en voetgangerstunnel wordt omgevormd tot een reizigerstunnel met trappen naar alle perrons.

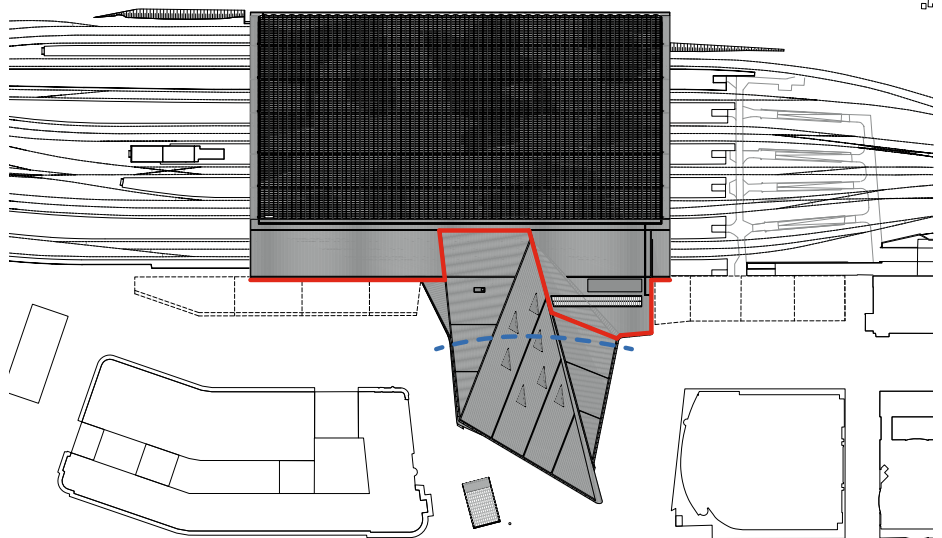
Er zijn verschillende redenen om de afbakening tussen gemeente en ProRail op deze manier tot stand te brengen. Belangrijkste is dat daardoor de afstemming van de vernieuwing van het metrostation onder de stationshal en de bouw van de stationshal in één en dezelfde hand ligt. Daarnaast luidt de redenering dat de partij die het best in staat is de risico's bij de bouw van de verschillende bouwdelen te beheersen, ook voor de bouw van die bouwdelen verantwoordelijk moet zijn. Daaruit vloeide voort dat de gemeente zorg draagt voor het omgevingsmanagement aan de centrumzijde, omdat zij daarvoor de meeste kennis in huis heeft. De bouw van de stationshal paste daar naadloos in. ProRail is verantwoordelijk voor het omgevingsmanagement in het station zelf en aan de zijde van de ten noorden van het station gelegen Provenierswijk. Omdat het inmiddels al over veel kennis beschikte om stations te verbouwen 'met de winkel open' is ProRail de meest aangewezen partij om het spoorse deel van het nieuwe station te bouwen. Start bouw van de ov-terminal is februari 2010, te beginnen met de sporenkap en het verbreden van de reizigerspassage. De passage wordt in november 2012 in zijn nieuwe opzet in gebruik genomen. Op 13 maart 2014 verricht Koning Willem Alexander de officiële opening van het nieuwe station Rotterdam Centraal. De kosten voor het stadse deel van het station bedragen uiteindelijk € 315 miljoen (prijspeil januari 2014). De kosten voor het spoorse deel van het project komen uit op € 300 miljoen (prijspeil januari 2013). •



1a. Plattegrond tunnel met aansluitingen naar perrons en stationshal.



1b. Plattegrond met sporenkap en stationshal.



1c. Dakaanzicht. De blauwe stippellijn is de oorspronkelijke domeingrens. De rode lijn is de nieuwe afbakeningslijn tussen OVT Spoor en OVT Stad; zie ook 1a.

ir. L.M. Blom

Marcel Blom is architect bij en partner van Benthem Crouwel Architects in Amsterdam.

# In balans met



**De reizigersterminal Rotterdam Centraal is een nationale en internationale 'hub' die trein, tram, bus en metro met elkaar verbindt. Het nieuwe station is niet alleen groter en overzichtelijker dan het oude, maar heeft ook internationale uitstraling, passend bij de strategisch gelegen Hispeed-halte en een stad met stedenbouwkundige ambities.**

Rotterdam is de eerste Nederlandse halte aan de hoge snelheidslijn, reizend vanuit het zuiden, en ligt daardoor als het ware 'centraler' in Europa, met Schiphol op 20 minuten en Parijs op tweeënhalf uur afstand. Het station moet zich in alle opzichten, maar met

name in efficiëntie, capaciteit, comfort en allure kunnen meten met de centrale stations in Madrid, Parijs, Londen en Brussel.

### Stedenbouwkundige inpassing

Voor het ontwerp van Rotterdam Centraal was het verschil in het stedelijk karakter van de noord- en zuidzijde van het station fundamenteel. De entree aan de noordzijde is bescheiden van opzet, aansluitend op het karakter van de daarachter gelegen Provenierswijk en de geringere passagiersaantallen. De entree sluit geleidelijk aan op de stad. In de Provenierswijk wordt het karakter van de 19e-eeuwse Hollandse provinciestad waar mogelijk versterkt. Grote bouwkundige uitbreidingen zijn aan deze zijde van het station

vermeden, de groenstructuur is verbeterd en het station is transparant uitgewerkt.

In contrast hiermee is de entree aan de stadszijde duidelijk het voorportaal naar het grootstedelijk stadscentrum. Hier ontleent het station haar nieuwe internationale, metropolitaanse identiteit aan de uit glas en hout opgetrokken hal. Het puntdak van de hal, geheel bekleed met roestvast staal, maakt het gebouw iconisch en wijst naar het stadshart.

Rotterdam Centraal heeft nu de juiste structuur en afmetingen binnen het stedelijk landschap; het is in balans met de hoogtes die de metropool kenmerken en weerspiegelt tegelijkertijd de menselijke schaal. De stad Rotterdam wordt door verdichting van het



# de metropool



kleinschalig stedelijk weefsel rond het station naar het nieuwe station getrokken, en de spoorzone wordt één met de stad. De fijnere structuur met nieuwe zichtlijnen en de mix van wonen en werken zullen leiden tot sterke verbetering van de leefbaarheid en het verblijfsklimaat van het stationsgebied.

De esplanade aan de voorzijde van het station is een ononderbroken publieke ruimte. Om deze eenvoud te bereiken zijn een parkeergarage met plaats voor 750 auto's en een fietsenstalling voor 5.200 fietsen onder het plein gesitueerd. Het tramstation is naar de oostzijde van het station verplaatst, zodat de perrons het plein verbreden. Bus, tram, taxi en plaatsen voor kort parkeren zijn geïntegreerd in het bestaande stedelijke weefsel en

vormen geen belemmeringen. De rode natuursteen van de stationsvloer loopt door in het voorplein, waardoor het station overvloeit in de stad. Voetgangers- en fietsroutes zijn aangenaam en veilig, en arriverende reizigers krijgen een waardige entree tot de stad, vrij van verkeersdrukte.

## **Interieur en uitstraling**

Lichtinval, zonnewarmte en een moderne uitstraling vormen belangrijke elementen in het ontwerp. De sporenkap aan de Provenierszijde is transparant. De reiziger krijgt het gevoel het station binnen te rijden en direct in het stationsgebouw te staan. Bij binnenkomst in de lichte, hoge hal via de centrumzijde heeft de reiziger in één oogop-

slag overzicht over het gehele complex en de treinen.

De houten afwerking aan de binnenzijde van de hal en de houten liggers van de perronoverkapping creëren een warme ambiance voor een prettig verblijf. Door de grotendeels transparante sporenkap, die het gehele emplacement over een lengte van 250 m overdekt, worden de perrons overgoten met licht. De glasplaten variëren in lichtdoorlatendheid. Dit sorteert een wisselend effect van schaduwwerking op de perrons.

## **Routing en indeling**

De routing door het station is logisch; reizigers worden begeleid door direct zicht op de treinen en door het daglicht, dat via de



*In totaal is 135.000 m<sup>3</sup> Western Red Cedar (brandklasse 1) verwerkt.*



*Dagelijks passeren 110.000 reizigers, in 2025 zullen dat 323.000 zijn.*



*De 'speculaasjes' zijn teruggeplaatst op perron 14. Het motief keert ook terug in het dak van van de overkapping en de gevels van de kantoren.*



*De oude passage is verbreed, met aan weerszijden retail. De invalidenlift staat aan de Provenierszijde.*

transparante sporenkap en de vides ter plaatse van de trappartijen naar de perrons tot in de reizigerspassage doordringt. De verbrede reizigerspassage met aan weerszijden commerciële functies, is door deze transparantie een vanzelfsprekend onderdeel van de stationshal. Roltrappen, trappen en liften leiden omhoog naar de vernieuwde perrons, die voorzien zijn van uitnodigend en comfortabel perronmeubilair. Aan de westzijde van het emplacement bevindt zich een loopbrug over de sporen voor de overstappende reizigers. Deze passerelle funktioneert tevens als vluchtweg bij eventuele calamiteiten. Het station is ontworpen op reizigerscomfort, wat duidelijk te zien is in de verschillende zones van het station.

Het omvat commerciële ruimtes, een lounge-ruimte, restaurants, kantoren en parkeergarages voor auto's en fietsen. In de royale stationshal zijn de functies gesitueerd die de reizigers ten dienst staan. Reizigersinformatie, een informatiebalie, de NS-reizigerswinkel, kaartautomaten en commerciële functies zijn overzichtelijk gerangschikt. Het grand café en de NS-lounge op de verdieping bieden een fraai uitzicht over de hal en over het spooreplacement. Sta- en zitwacht ruimtes in de hal en de passage zijn gekoppeld aan de reizigersstromen en er zijn vrije beweegruidtes ingericht voor zowel kort als lang winkelen. Het nieuwe Rotterdam Centraal is een prettige, open en heldere openbaar-voerverterminal die tevens

fungeert als ontmoetingsplek. Door de verwevenheid in het stedelijk netwerk verbindt het station de verschillende karakters van de stad en vormt zij het begin van de culturele as. Dit moderne en efficiënte gebouw biedt alle voorzieningen en comfort voor de huidige en de toekomstige reizigers van en naar de havenstad.

#### **PV-cellen**

Op het totale dakoppervlak van 28.000 m<sup>2</sup> is 10.000 m<sup>2</sup> voorzien van ruim 130.000 zonnecellen. De PV-cellen zijn geplaatst op de delen van het dak die de meeste zon krijgen, rekening houdend met de hoge bebouwing rondom. De glasplaten variëren in lichtdoor-



Entree aan de noordzijde: bescheiden van opzet, aansluitend op het karakter van de Provenierswijk.

latendheid door verschillende patronen in de zonnecellen aan te brengen. Waar de hoogste rendementen wat betreft zonlicht te behalen zijn, is de celdichtheid het hoogst. De zonnecellen zelf hebben ook een hoge mate van lichtdoorlatendheid. Lichttoetreding en de daarmee gepaard gaande opwarming door een volledig glazen dak wordt wel getemperd door een print in het glas en de zonnecellen aan te brengen. De zonnecellen leveren een CO<sub>2</sub>-reductie op het energieverbruik van het station van 8%.

### Historie

Het voormalige station, in 1957 gebouwd naar ontwerp van Sybold van Ravesteijn, was niet meer geschikt voor de huidige reizigers-

aantallen en complexiteit van een hedendaags vervoersknooppunt. Om na de sloop van het gebouw toch de connectie met het ontwerp te behouden, zijn enkele kenmerkende elementen uit het oude station teruggebracht. De 'speculaasjes', twee typerende granieten beeldhouwwerken, zijn teruggeplaatst boven de toegang van de fietstunnel. Daarnaast is dit patroon geabstraheerd toegepast in de gevel van de kantoren. Het begin van de esplanade is gedefinieerd door een tweetal vlaggenmasten, die ook bij het voormalige station stonden. De belettering CENTRAAL STATION is gehandhaafd en de stationsklok hangt weer aan de gevel. •



### LED-scherm

Het LED-scherm van 40x4,5 m in de stationshal is een geschenk van het Havenbedrijf Rotterdam om het belang van de haven te benadrukken en om de band tussen de stad en de haven te versterken. Door elementen van de haven op dit scherm te laten zien wil het havenbedrijf de reizigers het gevoel geven dat zij in een havenstad zijn, hoewel de haven uit het stadsbeeld verdwijnt door zeevaartse ontwikkeling.

ing. H.M.F. Beertsen RO en ing. P. Bout RO

Harry Beertsen is specialist staalconstructies en Pieter Bout is adviseur constructies, beiden bij Arcadis in Amersfoort.

# Openhartoperatie

**Het verbouwen van een bestaand station is het best te vergelijken met een openhartoperatie. Het station is het hart dat moet blijven pompen om het leven in de stad gaande te houden. Dit gegeven is ook leidend bij de ontwerpkeuzes voor de constructie van het nieuwe stationsgebouw met zijn verschillende, constructief samenhangende bouwdelen. Andere randvoorwaarden, dwingend vanuit architectuur, maken het vraagstuk er niet eenvoudiger op. Toelichting op de constructieve hoofdopzet van de Sporenkap, de Stationshal, het Kantoor Oost en de Passage.**

De operatie Rotterdam Centraal betekent ontwerpen naar omstandigheden. Tijdens de verbouwing moet alles in en om het station blijven functioneren. Meer dan 100.000 reizigers per dag komen en gaan per trein, bus, tram, metro, fiets en auto of te voet. Zij moeten ongehinderd hun bestemming kunnen bereiken. Bij de verbouwing dient tevens rekening te worden gehouden met de gelijktijdige bouw van een metrostation, een ondergrondse parkeergarage en een ondergrondse fietsenstalling in de onmiddellijke nabijheid van het station. Dit zijn de randvoorwaarden die de ontwerpkeuzes voor de constructie van dit station bepalen.

### Bouwdelen

Rotterdam Centraal is opgebouwd uit meerdere constructief met elkaar samenhangende bouwdelen. De belangrijkste zijn: de Sporenkap, de Stationshal, de Kantoren Oost en West, en de Passage.

De Sporenkap is een doosvormig gebouw met een lengte van 250 m, een breedte van 155 m en een maximale hoogte van 16 m. Het betreft een vrijwel volledig transparante overkapping gedragen door een staalconstructie in combinatie met een houtconstructie. Het is een geheel in zichzelf stabiel

bouwdeel, met dilataties gescheiden van de Stationshal en Kantoor Oost.

De Stationshal heeft een gevouwen dakconstructie van driehoekig gevormde daken en luifels die als origami uit de Sporenkap lijken te ontstaan. Het dak en de luifels liggen onder verschillende hellingen en zijn aan de buitenzijde afgewerkt met een roestvast stalen gefelste buitenbeplating en aan de binnenzijde een houten plafondbekleding. De Stationshal heeft een maximale lengte van 165 m, een maximale breedte van 70 m (zonder de luifels) en een maximale hoogte van 30 m. Voor de ondersteuning en de stabiliteit wordt deels gebruik gemaakt van de Sporenkap en de Kantoren Oost en West. De Kantoren Oost en West hebben een traditionele constructie: betonnen kernen, stalen kolommen en kanaalplaatvloeren op stalen hoedliggers. Kantoor Oost bezit vier bouwlagen, Kantoor West drie. Dit zijn constructief gezien onmisbare bouwdelen. Behalve ondersteuning van de kap van de Stationshal, verzorgen zij ook een aanzienlijk deel van de stabiliteit hiervan in oost-westrichting. De nieuwe reizigerspassage is in essentie een rechthoekige betonnen doos met een lengte van 135 m en een breedte van ±50 m. De inwendige hoogte van 3,4 m tot 4,8 m wordt bepaald door de zeven kruisende spoorviaducten met naastgelegen perrons. In de breederichting is de Passage opgedeeld in drie (in open verbinding met elkaar staande) beuken van 17-15-17 m. In een deel van de buitenste beuken zijn winkels ondergebracht.

### Sporenkap

Nadrukkelijke wens van de architecten is om het gehele station, dus ook alle sporen met perrons, te voorzien van één grote overkapping. Bij de meeste stations is het gebruikelijk dat alleen de perrons overkapt worden en niet de sporen. Budgetten worden namelijk vaak vastgesteld op 'sober en doelmatig'. Hiermee staan de architecten en constructeurs voor een lastige opgave, om de grote

kap binnen het gestelde budget te realiseren. De perronkappen beslaan een oppervlak van 21.000 m<sup>2</sup> (h = 3,5 m), de Sporenkap 38.500 m<sup>2</sup> (h = 16 m): een aanzienlijke toename van het totale dak- en geveleppervlak. Na een aantal ontwerp oefeningen lukt het uiteindelijk om met slechts beperkte meerkosten, via een ogenschijnlijk eenvoudige constructie – stalen spanten en houten liggers – de groten-deels glazen kap te realiseren.

De opgave is een constructie te ontwerpen die in deze spoorse omgeving bouwbaar is. De omgeving waarin de Sporenkap wordt gebouwd, levert veel randvoorwaarden op voor het (constructief) ontwerp. Vanwege de bouw van de metro aan de zuidzijde en de directe aanwezigheid van woningen aan de noordzijde van het station, blijkt het bouwen van de kap alleen mogelijk vanaf de perrons en het spoor.

### Gefaseerde bouw

In verband met de beperkte mogelijkheid tot het buitendienst en spanningsloos stellen van de sporen, de bovenleiding en de perrons dient de Sporenkap in fasen te worden gemonteerd. De constructie zal in elke fase in zichzelf stabiel moeten zijn, zonder hinderlijke tijdelijke voorzieningen voor reizigers en treinexploitatie. Aan- en afvoer van het materieel en een groot deel van het materiaal moet per spoor plaatsvinden. Er kleven dus beperkingen aan afmetingen en gewicht van materiaal en materieel.

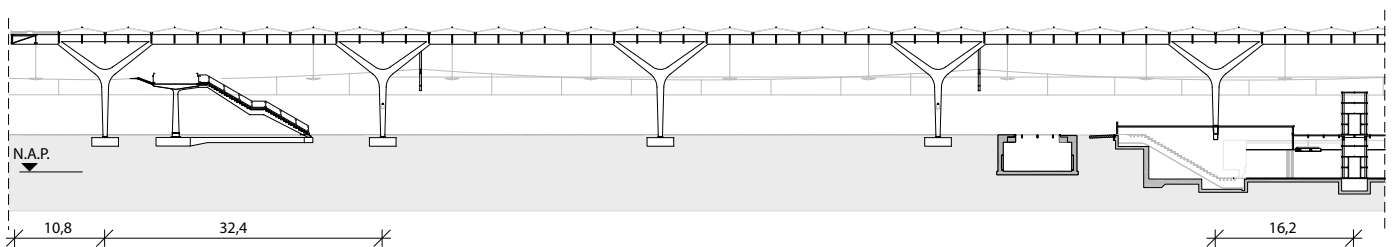
Vanuit deze randvoorwaarden wordt de volgende bouwfasering ontwikkeld. Gestart wordt met het buitendienst nemen van een perron, inclusief de twee aangrenzende sporen die nodig zijn voor het transport van materieel en materiaal. De bestaande perronkap wordt gesloopt, de funderingen voor de nieuwe kap gemaakt en de nieuwe constructiedelen op de perrons gemonteerd. Daarnaast vinden er op het perron nog bouwkundige en installatietechnische werkzaamheden plaats. Deze werkwijze wordt



1. Stationsgebied anno 1965 en 2014: een aanzienlijke toename van het totale dak- en geveleppvlak.



2. Het oude ondergrondse metrostation (1968) is uitgebreid van twee naar drie sporen voor aansluiting op de RandstadRail.



3. Langsdoorsnede (segment).



4. Y-kolommen van de Sporenkap: type 1 (recht), type 2 (spagaat) en type 3 (gekromd).

herhaald op het volgende perron. Nu kan het dakdeel tussen de twee perrons worden dichtgelegd. Hiertoe worden alle sporen tussen beide perrons buitendienst genomen, inclusief de halve breedte van beide perrons. De constructie, technische installaties en de bouwkundige afwerking van dit deel worden compleet aangebracht.

Na het gereedkomen van deze werkzaamheden worden sporen en perrons weer in dienst genomen. Alternerend wordt zo de gehele Sporenkap opgebouwd. Met deze uitgangspunten zijn inschattingen gemaakt voor buitendienststellingen die in het contract als richtlijn voor de bouwfasering zijn meegegeven.

#### Alternerend construeren

Het constructief ontwerp van de Sporenkap is zo opgezet dat voor de bouw ervan bovengenoemde bouwwijze kan worden gevolgd. Dit resulteert in een eenvoudig systeem van stalen langsspanten in het hart van de perrons en gordingen haaks hierop.

Voor de architect is het belangrijk om zo veel mogelijk transparantie te verkrijgen en het aantal obstakels te minimaliseren, dus ook het aantal kolommen. De volgende randvoorwaarden zijn in acht genomen:

- hoogte van de spantliggers < 1,1 m, waardoor een vloeiende overgang van de dak- en plafondlijn naar de Stationshal ontstaat;
- geen conflicten met de in de grond achtergebleven resten van palen van de oude peronoverkapping;
- geen kolommen binnen 15 m van de trapopgangen;
- symmetrische kolomplaatsing ten opzichte van hart Passage.

De spantkolommen staan h.o.h. 32,4 m en hebben de vorm van de hoofdletter Y. Door de vertakking aan de bovenzijde is de overspanningslengte van de spantliggers zodanig gereduceerd dat met een constructiehoogte van 1,1 m kan worden volstaan. Zowel de kolommen als liggers zijn gelaste kokers uit plaat. Een kokervorm is effectief bij de in het spant aanwezige combinatie van druk en dubbele buiging. Tevens wordt zo het oppervlak gereduceerd en zijn er minder vlakken aanwezig waarop vuil en koper- en ijzerslijpsel van bovenleiding en spoor zich kunnen afzetten. De doorsnede van de kokers is verlopend in hoogte en breedte en min of meer afgestemd op de aanwezige krachten.

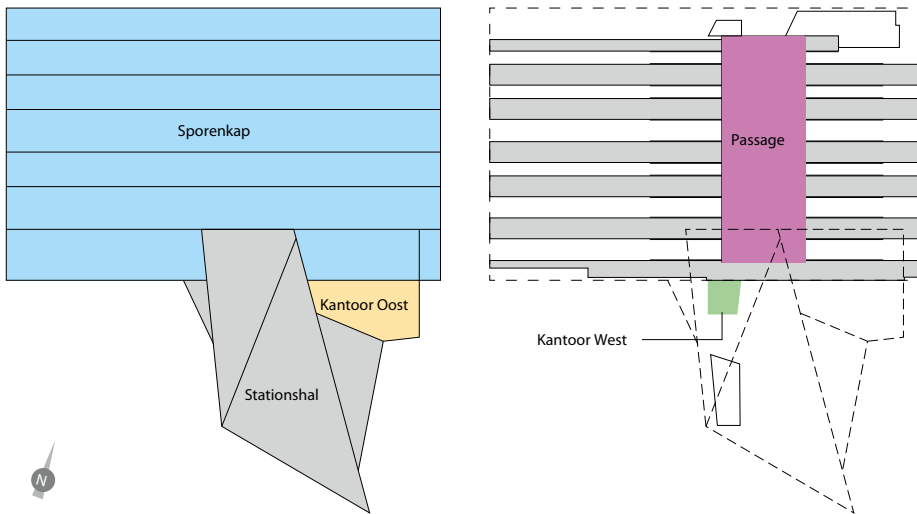
De kolommen zijn uit het vlak van het spant (verend) ingeklemd in de fundering. In de ontwerpberekeningen is aangenomen dat de kolommen evenwijdig aan het spant scharnierend zijn bevestigd aan de fundering. Deze schematisering blijkt maatgevend voor de spanningen in de kolom.

Een bijzonder detail is de vormgeving van de spantkolommen bij de trappartijen naar de Passage (type 2). Deze kolommen landen in het hart van de trappen, waardoor de doorstroming van de reizigers zou worden belemmerd. Om dit te voorkomen zijn de spantkolommen aan de onderzijde ingekort en hebben eveneens een Y-vorm gekregen, echter 90 graden gedraaid ten opzichte van die aan de bovenzijde. De belasting uit de kolommen wordt afgevoerd naar de naast de trappartijen aanwezige betonwanden. Om spatkrachten te voorkomen, is één van de opleggingen van de 'spagaatkolom' glijdend uitgevoerd. Het westelijk deel van perron 7 is een kop-

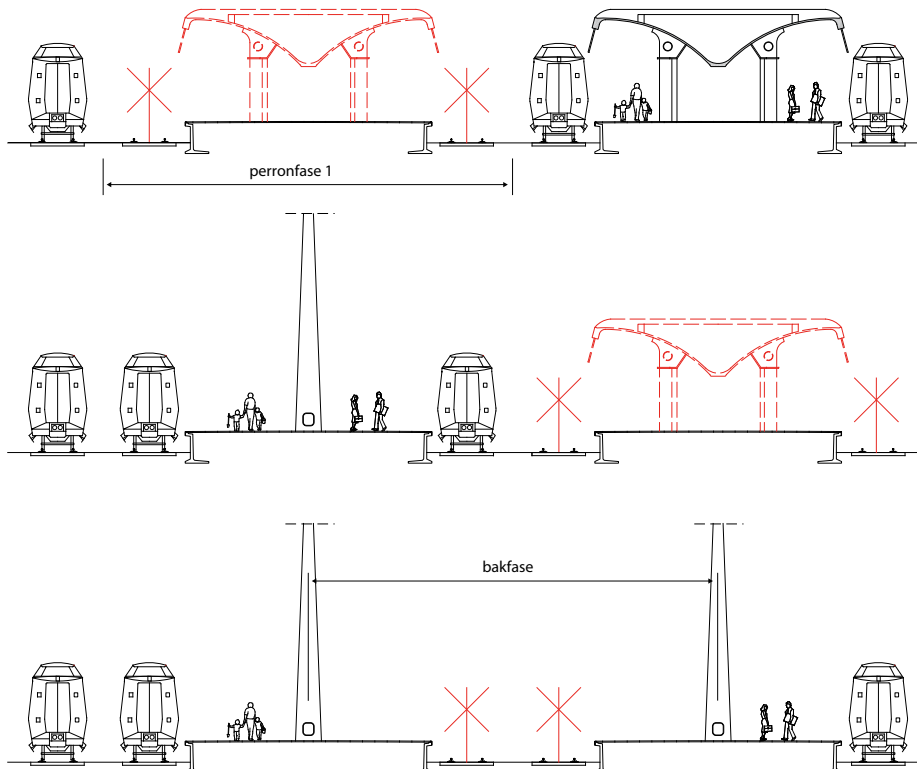
spoor en aanzienlijk smaller dan de overige perrons. De drie Y-kolommen komen op de rand van het perron te staan indien deze in één lijn blijven met de rest op dat perron. Vanuit veiligheid is plaatsing nabij de rand van een perron niet toegestaan en daarom worden de kolommen 3 m uit de lijn verschoven. De spantligger loopt echter wel in dezelfde lijn door om verstoringen in het dakvlak te voorkomen. De kolommen dienen dus scheef te worden geplaatst of te worden gebogen. Gekozen is voor een combinatie; de poot staat iets uit het lood en bij de aftakking is een bocht aangebracht (type 3). Hierdoor ontstaat een aanzienlijk extra moment in de kolom, maar de buitenafmetingen kunnen gelijk blijven aan die van een standaardkolom.

#### Opdeling Y-kolommen

De spantkolommen gaan naadloos over in een naar boven taps toelopende kokerligger die verdeeld is in twee boven elkaar gesitueerde compartimenten. De onderste, grootste, is volledig gesloten. Het bovenste compartiment is aan de bovenzijde open en herbergt hwa en technische installaties. De gordingen, met een lengte van 20 tot 24 m, zijn oorspronkelijk in staal. Uit een variantenstudie blijkt dat vakwerkliggers h.o.h. 5,4 m als meest economische oplossing uit de bus komen. De architect wil de gordingen tevens gebruiken als zonwering. De gordingen dienen dan op afstanden van maximaal 2,7 m te worden geplaatst. Vakwerkliggers zijn echter open constructies en vallen af. Het toepassen van gesloten stalen liggers op de gewenste afstand resulteert in een onacceptabele overschrijding van het budget.



5. Overzicht van de bouwdelen.



6. Gefaseerde sloop- en bouwwijze.



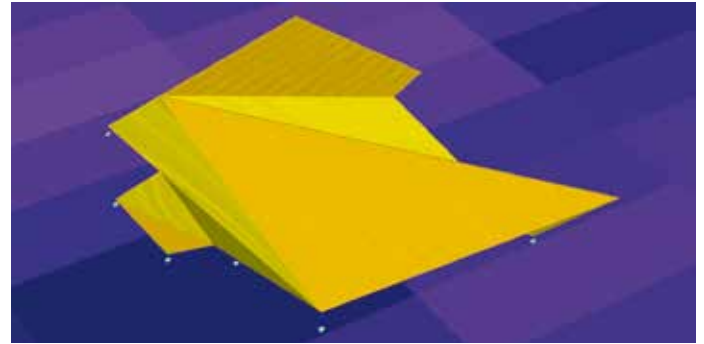
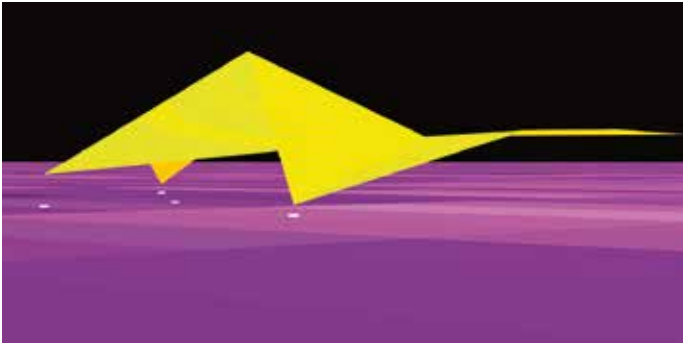
7. Type 2: spagaatkolom.



8. Oude en een deel nieuwe Sporenkap.



9. Tijdelijke hulptoren voor bouw spagaatkolom.



10. Eerste modellen van de kap Stationshal.

Gelamineerde houten liggers blijkt een kostenbesparende oplossing. De liggers zijn 1000 mm hoog en 250 mm breed. Afhankelijk van de overspanningslengte en de positie in de overkapping is houtkwaliteit GL24h tot GL32h nodig. In een later stadium van het ontwerp wordt vanuit esthetische wensen de h.o.h.-afstand terug gebracht naar 1,35 m bij een balkbreedte van 130 mm.

### Fundering

Bij de perrons worden de kolommen van de Sporenkap gefundeerd op vierpaals poeren. Vanwege de beperkte werkruimte op de perrons en geluidseisen worden hier geschroefde stalen buispalen met groutinjectie (verloren casing) toegepast. Bij de trapopgangen naar de Passage worden de spagaatkolommen ondersteund door betonwanden. De fasering vereist echter dat de kap eerder wordt gebouwd dan de Passage. Daarom worden de palen ingedraaid vanaf perronniveau en voorzien van een tijdelijke schoorconstructie om als een zelfstandige constructie voldoende stabiliteit te verkrijgen. Na het ontgraven en tijdens het maken van de Passage worden de stalen palen opgenomen in de betonwanden en de schoren verwijderd.

### Stationshal

Randvoorwaarden aan de constructie van de Stationshal leveren eveneens vraagstukken op. De hal moet een kolomvrije, royale en overzichtelijke ontvangsthal worden. Tevens is bepalend dat op het dek van het metrostation, met een breedte van 50 m, geen kolommen mogen worden geplaatst. Hierdoor moeten grote overspanningen worden gerealiseerd binnen een beperkte constructie-

hoogte. Deze hoogte is bindend en volgt uit het ontwerp van de architect.

De eerste taak is het bepalen van aantal en plaats van de ondersteuning. In het ontwerp van de architect zijn alleen twee steunpunten aangegeven aan de zuidzijde van het gebouw, op de zuidelijke diepwand van het metrostation (in *afb. 11* genummerd 1 en 2). De noordelijke steunpunten van de overkapping worden gevonden in een tweetal kolommen van het Kantoor West (3), een hoekkolom van Kantoor Oost (4) en het spant van de Sporenkap op perron 2 (5). De luifel aan de oostzijde wordt ondersteund door de zuidgevel van Kantoor Oost (6) en de westelijke luifel door een gevelkolom van de Sporenkap (7). De maximale overspanning van de oostelijke luifel bedraagt 75 m bij een beschikbare constructiehoogte van slechts 1 m. Het is mogelijk juist voorbij het metrodek een tussenkolom onder de luifel te plaatsen (8) om de overspanningslengte te reduceren. Dit is het enige onderdeel van de staalconstructie dat in het zicht staat.

De ondersteuning 3 tot en met 5 kunnen naast verticale ook horizontale belasting uit de dakconstructie van de Stationshal opnemen. De opname van horizontale belasting is echter begrensd tot één richting (oost-west), om te voorkomen dat verlenging of verkorting van de halkap door temperateffecten tot grote verplaatsingen of hoge krachtsopbouw in de ondersteuning leidt. Dit is bereikt met gewapende rubberen oplegblokken met een blokkering in één richting.

### Primaire en secundaire liggers

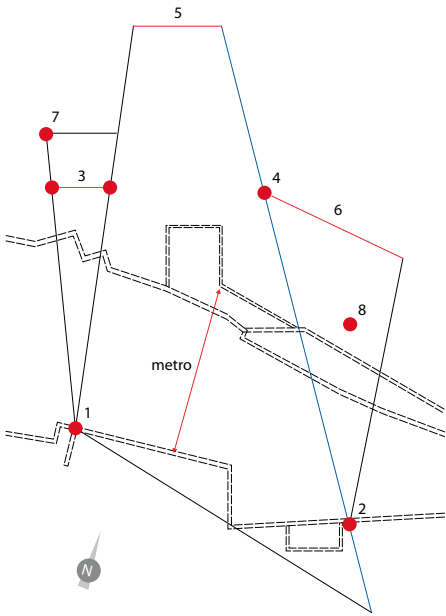
De dakconstructie wordt opgebouwd uit primaire en secundaire spantliggers, gordingen

en stalen dakplaten. De primaire liggers lopen in noord-zuidrichting, de secundaire liggers in oost-westrichting.

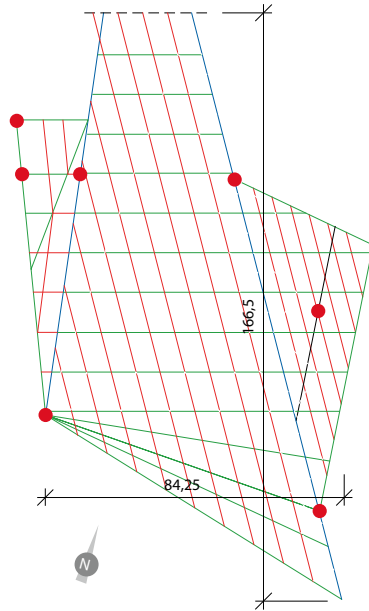
Gekozen is voor vakwerkliggers. Hierdoor is de ruimte tussen het dak en het plafond toegankelijk voor onderhoud aan de technische installaties. De constructiehoogte van de vakwerkliggers varieert tussen 1,5 en 4 m. In het voorontwerp zijn maar twee primaire spantliggers aanwezig. De gesloten oostelijke wand van de kap, waarin een vakwerk met een maximale hoogte van 26 m is opgenomen, draagt op de steunpunten 2, 4 en 5. De tweede primaire ligger draagt op 1, 3 en 5. Het bepalen van de draagrichting van de secundaire spantliggers is lastig door de hellende dakvlakken en het ontbreken van haakse hoeken. Uit verkennende berekeningen blijkt dat de steunpunten 3 en 4 naast verticale belasting ook horizontale belasting in oost-westrichting moeten opnemen om grote verplaatsingen en rotaties van de kap te voorkomen.

Steunpunt 3 bestaat uit twee losse hoekkolommen van Kantoor West. Tussen de hoekkolommen wordt een stabiliteitsverband aangebracht in de vorm van de hoofdletter K om de horizontale belasting te kunnen opnemen. Het K-verband is nu weggewerkt in de wand van de Hema. De hoekkolom van Kantoor Oost (steunpunt 4) wordt aan de top horizontaal gesteund door een zwaar stabiliteitsverband in het dak van het kantoor, dat de belasting uit de Stationshal afdraagt naar betonnen kernen. Tevens is een verbindingsspannt tussen de steunpunten 3 en 4 gewenst. Dit spant bepaalt hiermee de richting van de overige secundaire spanten. De afstand tussen deze spanten is bepaald





11. Opleggingen en primaire liggers.



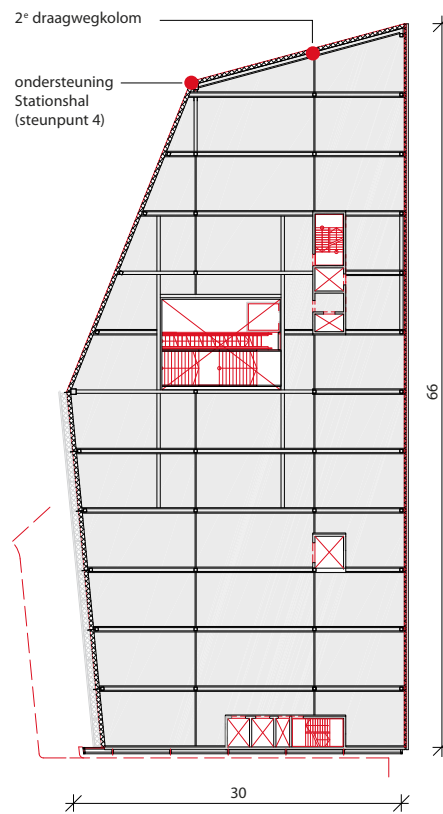
12. Complete dakplattegrond.



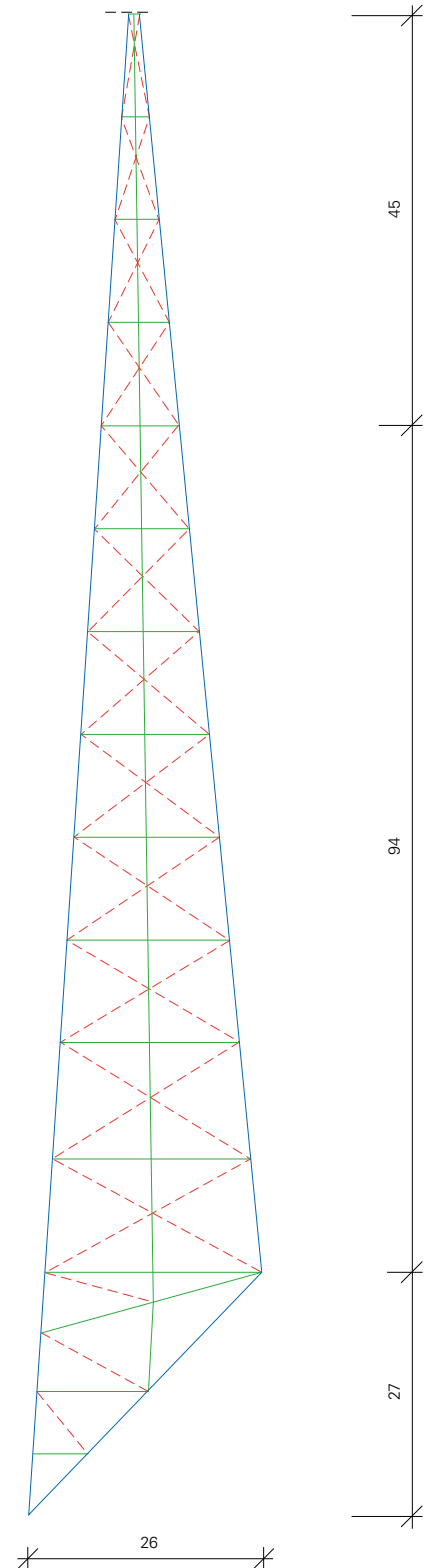
15. Kantoor Oost in aanbouw. Foto genomen vanuit het Groothandelsgebouw.



16. De fundering van de hal met rechts de kernfundering in aanbouw.



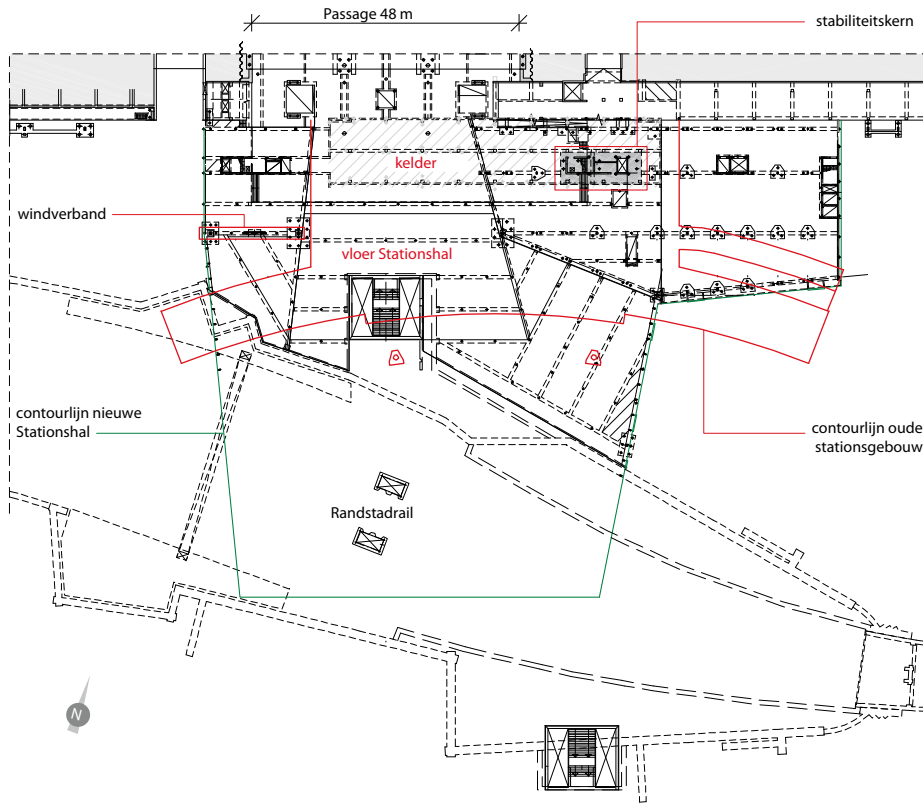
14. Plattegrond 1e verdieping met ondersteuning Stationshal.



13. Aanzicht vakwerkwand.

**Literatuur**

1. H.M.F. Beertsen en P. Bout, 'Station Rotterdam Centraal, de verbouwing kan beginnen', *Cement* 2008/1, p. 34-39
2. M. Kraamwinkel, P. Bout en J. Schouten, 'Bouw Rotterdam Centraal gestart', *Cement* 2010/4, p. 34-40.



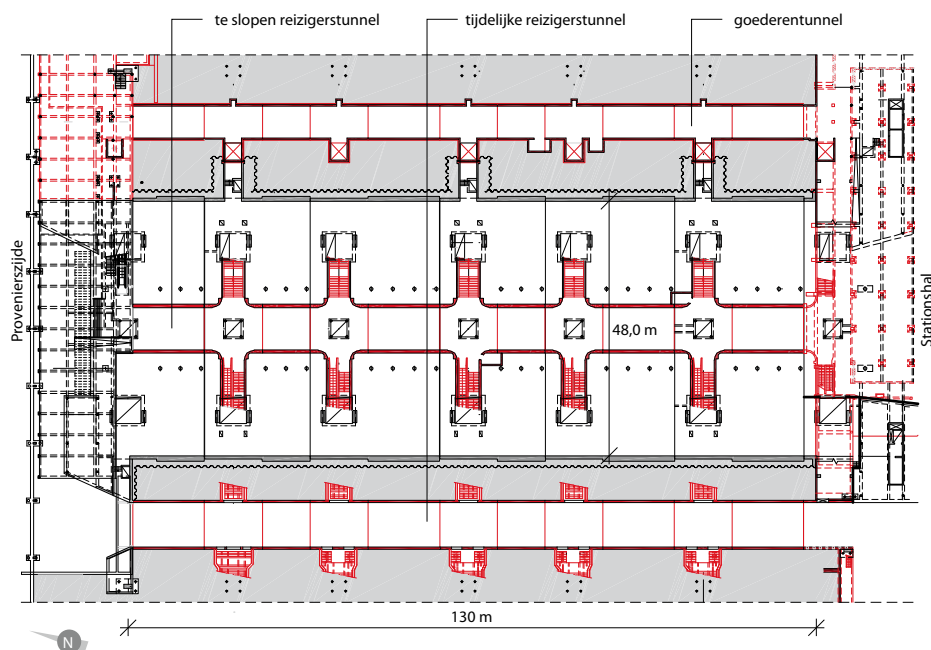
17. Plattegrond begane grond Stationshal.



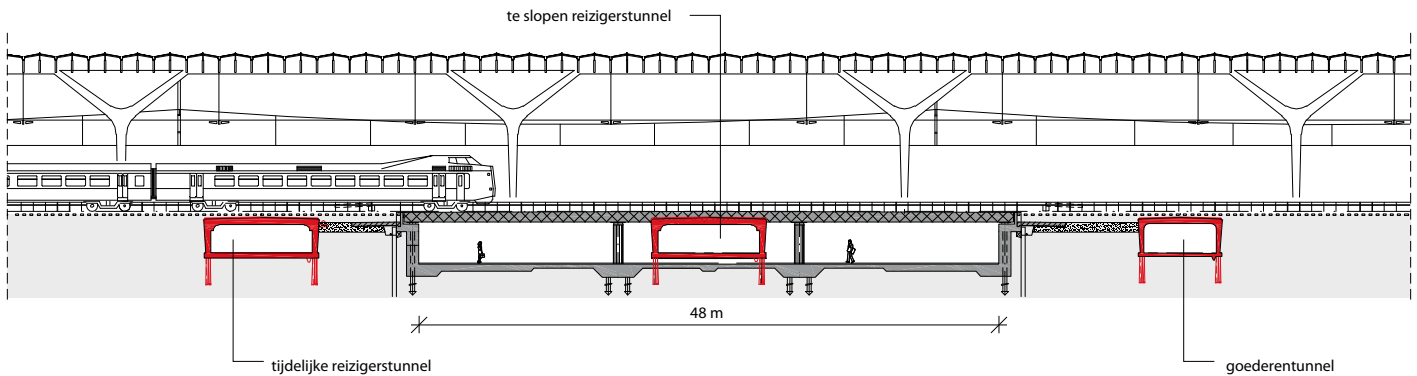
19. Palen onder de kernfundering, door de keldervloer.



20. Uitvoering passagevloer.



18. Plattegrond oude tunnel en nieuwe Passage.



21. Dwarsdoornede met oude reizigerstunnel en nieuwe Passage.

aan de hand van de beschikbare constructiehoogte daar en bedraagt 10,8 m.

Alle vakwerkliggers zijn oorspronkelijk volledig bedacht als vierkante koperprofielen vanwege de kosteneffectiviteit van deze profielen in vergelijking met walsprofielen.

De gordingen worden evenwijdig aan de oostelijke wand geplaatst en hun onderlinge afstand wordt bepaald door de capaciteit van de stalen dakplaat. Gekozen is voor een trapeziumplaat met een hoogte van 200 mm, waarmee een overspanning van 6,8 m kan worden bereikt. Een lagere plaat is marginaal lichter in gewicht, maar de toelaatbare overspanning is aanzienlijk kleiner.

### Kantoor Oost

De hoofddragconstructie van het drie verdiepingen tellende Kantoor Oost is opgebouwd uit (hoed)liggers en vierkante buiskolommen. De vloeren zijn samengesteld uit kanaalplaten met druklaag om de totale vloer als stijve schijf te laten werken. De kanaalplaatvloeren zijn voorzien van een zodanige dekking en wapening dat de vereiste brandwerendheid van 60 minuten wordt verkregen. De dakconstructie bestaat uit vakwerkliggers, gordingen en koppelliggers. Tevens is een zwaar stabiliteitsverband aangebracht om de windbelasting op het gebouw én de horizontale belasting uit de Stationshal naar de betonnen stabiliteitskernen af te voeren.

### Tweede draagweg

Het gebouw valt in gevolgklasse 3 vanwege de stabiliserende functie voor andere bouwdelen. Er gelden dan hogere eisen aan de veiligheid. Mocht er door welke oorzaak dan

ook een constructie-element uitvallen, mag er geen voortschrijdend instorten plaats vinden. Er dient dus een tweede draagweg aanwezig te zijn. Het wegvallen van de hoekkolom van het Kantoor Oost (steunpunt 4) is voor de Stationshal desastreus. Dit is ondergaan door de naastgelegen kolom, inclusief fundering, zwaarder uit te voeren waardoor deze de belasting uit de Stationshal kan overnemen (2<sup>e</sup> draagwegkolom).

Een tweede voorziening is het verankeren van de kanaalplaatvloeren aan de stalen liggers en aan de betonkernen. Bezwijkt één van de tussenkolommen, dan werkt de vloer als een ketting en zorgt dat instorten niet kan plaatsvinden. De constructie ondergaat vanzelfsprekend wel een grote verplaatsing.

### Onderbouw

De nieuwe Stationshal ligt deels boven het metrostation, maar ook boven de kelder van het voormalige stationsgebouw. Vanwege het lagere vloerpeil van de halvloer vormt de onderzijde van de kelder in de nieuwe situatie een waterdichte kruipruimte. Binnen de kelder staat een stabiliteitskern van het kantoor. De palen onder de kernfundering zijn door de keldervloer geboord. De kelder is dus zowel gefundeerd op de oorspronkelijke heipalen, als op de nieuwe geschroefde stalen buispalen met groutinjectie. Met een gevoeligheidsanalyse is aangetoond dat het verschil in gedrag van beide paalsystemen geen problemen oplevert. Daar waar de hinder voor de reizigers acceptabel is, worden uit kosten oogpunt deels prefab betonpalen toegepast.

De begane-grondvloer van het kantoor bestaat uit kanaalplaten met een druklaag.

Mede vanwege de hoge bouwbelasting (transport voor de bouw van de achtergelegen Passage) is de halvloer een breedplaatvloer. Tijdens de montage van de Stationshal is hiervan dankbaar gebruik gemaakt: het is mogelijk op verschillende plaatsen montage-torens op de vloer te plaatsen.

### Passage

Het vloerpeil van de Passage sluit aan op de Stationshal Zuid en Noord. Het dak van de Passage is gerelateerd aan de bestaande spoorhoogte. Binnen beide randvoorwaarden is de inwendige hoogte gemaximaliseerd. Keuze voor een statisch onbepaald voorgespannen dak ligt voor de hand. Bovendien zijn de spoorstaven ingekast in het passagedak.

De Passage ligt geheel in de na de oorlog aangelegde baanophoging. Aangezien het gewicht van het verwijderde zand groter is dan het passagegewicht, is overwogen de Passage op staal te funderen. Vanwege te verwachten aansluitproblemen met naastliggende constructies is hiervan afgezien. Ook de Passage is gefundeerd op geschroefde stalen buispalen met groutinjectie<sup>[1], [2]</sup>. Bij de palen zijn poeren toegepast met een hoogte van 1,0 m, de tussengelegen vloerdelen zijn 60 cm dik.

De perrons boven de Passage worden opgebouwd uit stalen liggers voorzien van stiftdeuvels, afgedekt met prefab vloerelementen en een druklaag.

De opleggingen zijn stalen consoles aan de dekken, de lift, de steunpunten van de spaatkolommen en de wanden. Extra obstakels op de passagevloer worden hiermee voorkomen. •

ir. D.C. van Zanten en ing. H.M.F. Beertsen RO

Diederik van Zanten is raadgevend ingenieur bij de Gemeente Rotterdam, Cluster Stadsontwikkeling, Projectmanagement & Engineering en Harry Beertsen is specialist staalconstructies bij ARCADIS in Amersfoort.

# Communicerende vaten

De verschillende bouwdelen van Rotterdam Centraal hebben een verschillende eis met betrekking tot brandwerendheid. Om de interactie tussen de vereiste brandwerendheid en de constructie te bepalen, is een intensief onderzoekstraject gestart. Hieruit blijkt dat het effect van de eis van de brandwerendheid van de kantorencomplexen, 60 minuten volgens de standaardbrandkromme, dominant is voor de Stationshal, maar eveneens van invloed is op de Sporenkap. Daarentegen vereist een brandende reizigerstrein geen brandbeschermende maatregelen aan de constructie.

De brandwerendheid tegen bezwijken van de hoofddragconstructie van de ov-terminal Rotterdam Centraal is een hot item geweest. De constructieve interactie tussen de diverse bouwdelen – Sporenkap, Stationshal, Kantoor Oost en West – in combinatie met de vereiste brandwerendheid van die bouwdelen, resulteerde in een intensief overlegtraject met Bouwtoezicht en de Brand Preventie Commissie.

## Bouwdelen

Rotterdam Centraal is opgebouwd uit verschillende bouwdelen, zoals weergegeven in afbeelding 1. De bouwdelen zijn op onderdelen constructief met elkaar verbonden. Zo rust de Stationshal aan de noordzijde op een spant van de Sporenkap en aan de west- en oostzijde op de Kantoren West en Oost. Daarnaast wordt het dak van Kantoor West gevormd door het dak van de Stationshal. Voor de diverse bouwdelen gelden voor de hoofddragconstructie verschillende eisen voor brandwerendheid tegen bezwijken. Deze interactie tussen enerzijds de gestelde eisen aan brandwerendheid en anderzijds de onderlinge constructieve afhankelijkheid van de bouwdelen was dan ook een belangrijk ontwerpaspect.

bouwdeel	brandwerendheid
Kantoor Oost	60 minuten standaardbrandkromme
Kantoor West	60 minuten standaardbrandkromme
Sporenkap	120 minuten natuurlijke brand
Stationshal	maatgevend scenario uit: (I) 120 minuten natuurlijke brand en (II) 30 minuten standaardbrandkromme.

Eisen voor de brandwerendheid van de verschillende bouwdelen.

## Eisen

Voor de bouwdelen zijn de eisen verschillend en gedefinieerd zoals hierboven weergegeven. Voor de Stationshal en de Sporenkap is gebruik gemaakt van het principe van een natuurlijke brand. Reden hiervoor is dat de vereiste tijdsduur van 120 minuten brandwerendheid volgens de standaardbrandkromme tot een disproportionele eis zou leiden. De Stationshal is door het bevoegd gezag aangemerkt als vluchtweg en heeft hierdoor aanvullend, op de eis van een natuurlijke brand, als eis een brandwerendheid tegen bezwijken van 30 minuten volgens de standaardbrandkromme. De brandwerendheid van de kantoren kon volgens het Bouwbesluit worden gereduceerd van 90 naar 60 minuten, omdat uit berekeningen volgde dat de permanente vuurbelasting kleiner is dan 500 MJ/m<sup>2</sup>.

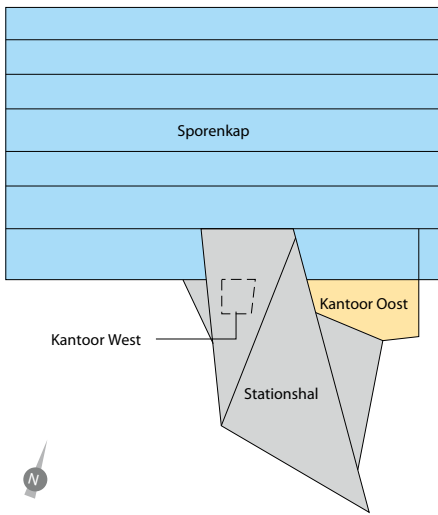
## Standaardbrandkromme

Bij de standaardbrandkromme zijn de tijd en de temperatuur aan elkaar gekoppeld met een in de normen vastgelegde curve (zie afb. 6). Als vuistregel kan worden gehanteerd dat bij de standaardbrandkromme de brandtijd in minuten gelijk is aan een vuurbelasting in kilogrammen vurenhout per m<sup>2</sup> vloeroppervlak. Bij een brand met een duur van 120 minuten betekent dit dat er in de Sporenkap en in de Stationshal over het gehele oppervlak een pakket vurenhout aanwezig zou moeten zijn met een gewicht van 120 kg/m<sup>2</sup>, wat overeenkomt met een dikte van ongeveer 250 mm. De kappen, vloeren en perrons zijn echter geheel uitgevoerd in staal, aluminium, glas, natuursteen en beton.

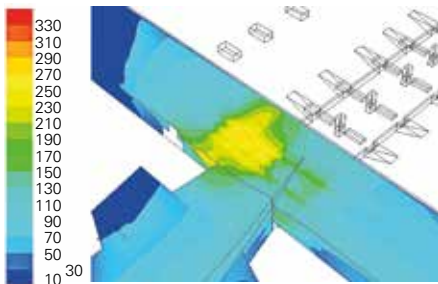
De gordingen in de Sporenkap en de bouwkundige afwerking van wanden en plafonds in de Sporenkap en Stationshal bestaan wel uit (brandvertragend behandeld) hout. De vuurbelasting hiervan bedraagt echter maximaal 37 kg/m<sup>2</sup>.

## Natuurlijke brand

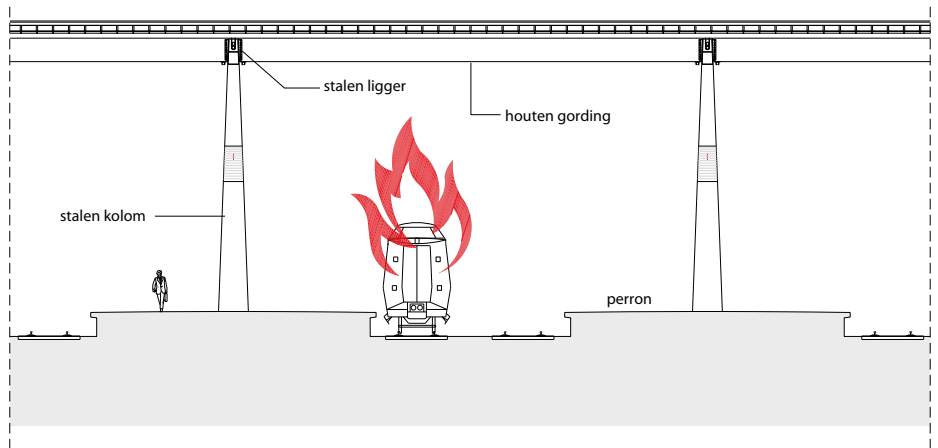
Bij een natuurlijke brand wordt de vuurbelasting voor een specifieke situatie berekend aan de hand van het aanwezige brandbaar materiaal. Tevens wordt rekening gehouden met de mate van ventilatie tijdens de brand. Dit is bij de ov-terminal mogelijk via de reeds aanwezige openingen in de gevels en het dak, dan wel via openingen die ontstaan door (lokaal) bezwijken/wegvallen van bouwkundige elementen bij brand. Bij de toepassing van het principe van een natuurlijke brand is het van belang de brandlast in relatie tot het gebruik van de constructie vast te stellen. Hierbij zijn verschillende scenario's bekeken, zoals een brand in een reizigerstrein en een brand in een goederentrein. De kans van optreden van een 100 MW-brand in een goederentrein bleek zo klein ( $\ll 1 \cdot 10^{-6}$ ), dat die overeenkomstig de normen niet hoefde te worden meegenomen in de berekeningen. Ook het scenario van een plasbrand, bij het spontaan openscheuren van een tankwagon gevuld met uiterst brandbaar materiaal (die onsteekt door bijvoorbeeld vonken van remmende wielen), is niet meegenomen in de berekeningen. De plasbrand en een brand in een goederentrein zijn dan ook als restrisico gedefinieerd. Het maatgevend brandscenario bij een



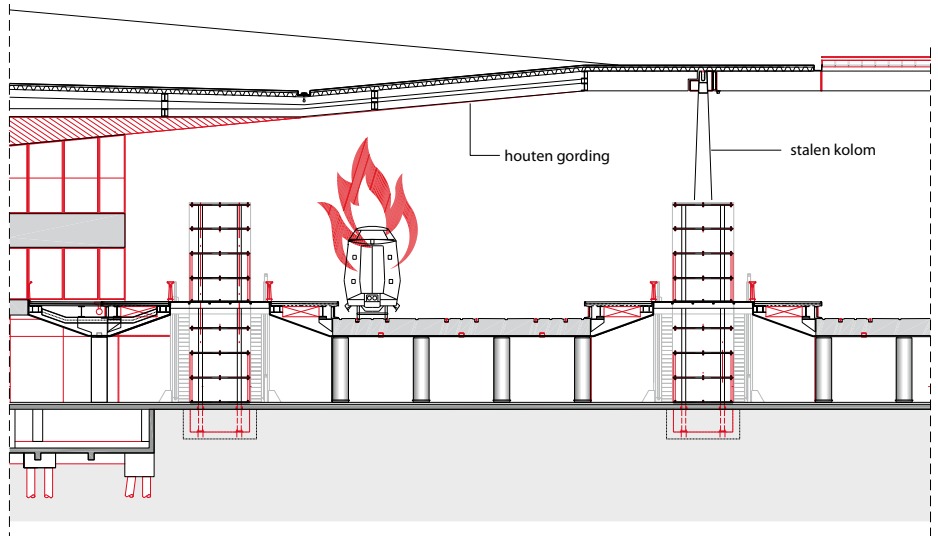
1. De vier voor brand relevante bouwdelen.



3. Temperatuur in houten plafond (bron: Efectis).



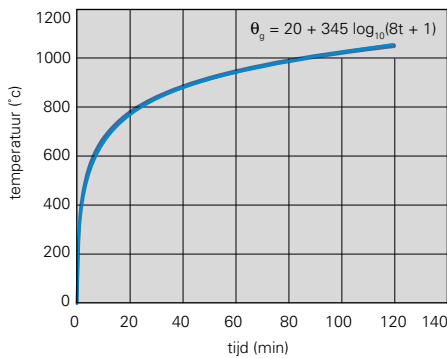
2. Brand in reizigerstrein onder glazen deel van de overkapping.



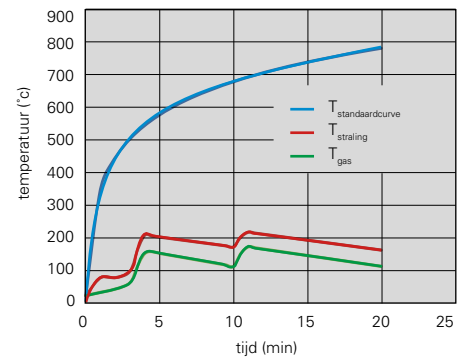
4. Brand in reizigerstrein onder houten plafond.



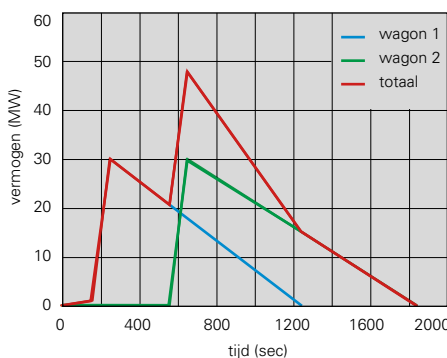
5. Bij een treinbrand direct naast een kolom zal de temperatuur in de kolom oplopen tot 300 °C.



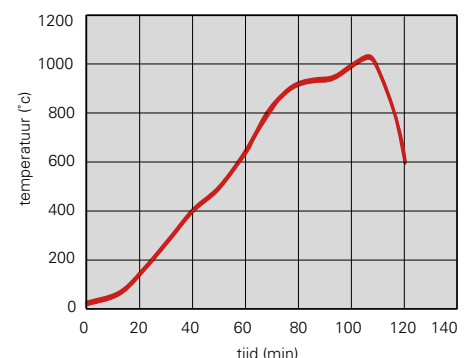
6. Standaardbrandkromme



7. Temperatuurontwikkeling onder de kap door 48 MW-brand in reizigerstrein (bron: Efectis).



8. Vermogensontwikkeling onder de kap door 48 MW-brand in reizigerstrein (bron: Efectis).



9. Berekende temperatuur in Kantoor Oost (bron: Efectis).



## Coatings

Voor de Stationshal is 3500 ton staal verwerkt met  $\pm 32.000 \text{ m}^2$  (= 32.880 l) brandwerende verf van International Paint van AkzoNobel. De stalen onderdelen zijn behandeld met een zinkfosfaat-epoxyprimer (Intergard 251) van 75  $\mu\text{m}$ . Daarop is een 1-component (acrylic) brandvertragende, oplosmiddelhoudende coating (Interchar 404) aangebracht met laagdiktes tussen 400 en 2000  $\mu\text{m}$  volgens NEN 6072 en op indicatie van TNO. Dit alles is afgelakt met een 75  $\mu\text{m}$  dikke semiglanz polyurethaanlaag (Interthane 870). Het systeem genoot voorkeur door de relatief dunne laagdikte, snelle droogtijd en robuustheid, maar vooral voor transporteerbaarheid. Om reizigers te ontzien en voor bouwtempo is het merendeel door Iemants in de periode 2011-'13 in de fabriek uitgevoerd met zogeheten airless spuitapparatuur. Alle verbindingen zijn wel vrijgehouden; na montage is daar met de kwast hetzelfde systeem aangebracht. Via Fire Safety Engineering heeft de verfleverancier een optimalisatie van laagdiktes doorgevoerd en in overleg met Bouw- en Woningtoezicht en brandexperts is een speciale werkprocedure (QA/QC-manifest: Quality Assurance/Quality Control) overeengekomen, om de planning en kwaliteit te borgen. Het bestek refereerde nog naar NEN 6069 en NEN 6072, die inmiddels zijn vervangen door de stringentere Europese brandeisen conform NEN-EN 13381-8 die voornamelijk verschilt in de manier van testen. Samen met Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam is een jaarlijks inspectieprogramma ontwikkeld, uit te voeren door een 'International Paint Nace Qualified Inspector'. Dit in samenwerking met iemand van Gemeente Rotterdam en een medewerker van Iemants, die ook eventuele reparaties uitvoert. De staalconstructie (4000 ton) van de Sporenkap heeft een (niet-brandwerende) drielaagse coating van Zandleven. De coating heeft een oppervlak van 60.000  $\text{m}^2$ , waarbij de eerste twee lagen – een roestwerende zinkstofverf (Monopox) en een epoxy-sealer (Acraton HS-U/MIO) – na het stralen (SA 2,5) fabrieksmatig bij staalconstructiebedrijf CSM in België zijn verwerkt. De toplaag (een tweecomponenten epoxycoating, Acraton) is in het werk aangebracht. Het systeem heeft een totale droge laagdikte van 240  $\mu\text{m}$ .

natuurlijke brand gaat uit van een 48 MW-brand in een reizigerstrein (afb. 8). Uitgangspunt hierbij is dat de brand van wagon naar wagon overslaat. De vuurbelasting is hierbij gebaseerd op de hoeveelheid en het soort materiaal waaruit de trein is opgebouwd en dat in de trein aanwezig is. De modellering van de trein zelf gaat uit van het stromen van warmte en rook uit de open deuren en ramen van de trein. De wanden en het dak van de trein blijven wel intact.

## Berekening

Het principe van een natuurlijke brand is alleen toegepast voor die bouwdeelen waar een veel lagere vuurbelasting aanwezig is dan zou volgen uit de standaardbrandkromme; het betreft hier zoals gesteld de Sporenkap en de Stationshal. Voor de bepaling van de effecten van de natuurlijke brand is gebruik gemaakt van zogenaamde CFD-analyses, die zijn uitgevoerd door Efectis, centrum voor brandveiligheid. Deze analyses zijn tevens benut om aan te tonen dat er een zodanige rookontwikkeling tijdens brand is, dat veilig vluchten mogelijk blijft. Voor de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gedefinieerd.

1. Er is een minimale ventilatiegraad aanwezig; er wordt gerekend met een windstille dag.
2. Alleen de permanente openingen in de gevels en daken worden meegerekend.
3. Er zijn twee locaties voor een brandende

trein voorzien, te weten (I) onder het glazen deel van de Sporenkap en (II) ter plaatse van de sporen 1 t/m 3 onder de Sporenkap, daar waar een plafondbekleding aanwezig is van hout (Western Red Cedar).

4. De vuurbelasting van het brandvertragend geïmpregneerde plafond wordt gelijk gesteld aan dat van onbehandeld vurenhout.

## Trein onder glazen deel Sporenkap

De trein is op de meest ongunstige positie onder de Sporenkap geplaatst (halverwege de lengte en breedte), waarbij rekening is gehouden met een windstille dag en een volledig gesloten dak tijdens de volledige brand (afb. 5). Onder deze omstandigheden is er een minimale ventilatie en zal de temperatuur naar de hoogst mogelijke waarde oplopen. Voor de stalen dakliggers heeft dit een maximale staaltemperatuur van  $\pm 225 \text{ }^\circ\text{C}$  tot gevolg. Indien de brandende trein direct naast een stalen kolom staat, dan zal de temperatuur in deze kolom oplopen tot maximaal  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tot  $\pm 400 \text{ }^\circ\text{C}$  blijft de vloei grens van staal gelijk aan die op kamertemperatuur. Dit betekent dat een onbeschermde staalconstructie in feite een oneindig lange brandwerendheid bezit tegen de beschouwde natuurlijke brand.

## Brandende trein op spoor 1, 2 of 3

De situatie van een trein ter plaatse van sporen 1, 2 en 3 onder de Sporenkap is apart

onderzocht omdat boven deze sporen het dak is voorzien van een houten plafond. Hoewel dit plafond brandwerend is geïmpregneerd, is aangenomen dat deze wel een bijdrage levert aan de vuurbelasting. De trein is op de meest ongunstige positie onder de Sporenkap geplaatst (direct voor de opening naar de Stationshal), waarbij ook hier het uitgangspunt is aangehouden van een windstille dag en een volledig gesloten dak tijdens de volledige brand (afb. 4).

De berekening is uitgevoerd om te bepalen of de houten bekleding tot ontbranding kan komen door brand in een reizigerstrein. Ontbranding zou kunnen optreden als de temperatuur in het houten plafond boven de  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  komt. Komt het hout niet tot ontbranding, dan betekent dat tevens dat de kritische staaltemperatuur, die boven ongeveer  $600 \text{ }^\circ\text{C}$  ligt, niet wordt bereikt en de staalconstructie van de Sporenkap niet tegen brand hoeft te worden beschermd als gevolg van het scenario van een natuurlijke brand. De hoogste oppervlaktetemperaturen ontstaan circa 660 seconden na aanvang van de brand. De maximum temperatuur bedraagt dan circa  $290 \text{ }^\circ\text{C}$  en is dus  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  lager dan de ontbrandingstemperatuur van hout van  $350 \text{ }^\circ\text{C}$  (afb. 3). De berekende temperaturen ( $290 \text{ }^\circ\text{C}$  na 11 minuten) zijn substantieel lager dan temperaturen van de standaardbrandkromme. Op basis van voornoemde analyses is geconcludeerd dat er geen brandwerende



De Stationshal is ook dak van Kantoor Oost en West.

bekleding op de staalconstructie van de Stationshal en de Sporenkap is vereist vanuit het scenario van een brandende reizigerstrein.

### Eis standaardbrandkromme Stationshal

De Stationshal dient naast de weerstand tegen een natuurlijke brand echter ook 30 minuten bestand te zijn tegen een standaardbrand. Deze laatste eis is voor de Stationshal maatgevend en heeft tot gevolg dat de constructie moet worden voorzien van een brandwerende bekleding. Hierbij is er voor gekozen om een brandwerende coating op de staalconstructie aan te brengen. De brandwerende coating is in de fabriek op de geprefabriceerde constructieonderdelen aangebracht, zodat deze werkzaamheden niet op de bouwplaats hoefden te worden uitgevoerd. In situ zijn alleen de knooppunten van de constructieonderdelen brandwerend geschilderd alsmede de eventueel tijdens transport en montage beschadigde delen.

### Effect eisen Stationshal

Zoals omschreven wordt een deel van de constructie van de Stationshal ondersteund door de Sporenkap. Dit deel van de Sporenkap dient dan ook aan de aanvullende eis van 30 minuten brandwerendheid volgens de standaardbrandkromme te voldoen. Rekenkundig is aangetoond dat de onbeschermde staalconstructie van de Sporenkap

ook aan de aanvullende eis van 30 minuten brandwerendheid volgens de standaardbrandkromme op betreffende locatie voldoet. Dit is echter alleen mogelijk doordat bij het belastinggeval wind, dat hier de dominante belasting is, bij een brand met een momentaanfactor van 0,20 mag worden gerekend. Ook het gegeven dat de toegepaste kokerprofielen een relatief kleine omtrek hebben bij een grote doorsnede, waardoor opwarming van de profielen relatief langzaam gaat, heeft bijgedragen aan de uitkomst van de berekening.

### Effect eisen kantoren (1)

De kantorencomplexen dienen te voldoen aan een brandwerendheidsduur van 60 minuten (volgens de standaardbrandkromme). De Stationshal heeft echter als eis een brandwerendheid van 30 minuten volgens de standaardbrandkromme. Omdat het dak van Kantoor West wordt gevormd door het dak van de Stationshal is nader bekeken wat de effecten van deze constructieve afhankelijkheid zijn. Als gevolg van de brandwerendheidseis van 60 minuten vanuit het kantoor blijkt dat op een zeer groot deel van de Stationshal een brandwerendheidseis van 60 minuten volgens de standaardbrandkromme van toepassing moet worden verklaard. Ook is bekeken wat het effect is van een brand in één van de kantoren, mocht die overslaan naar de Stationshal. De gevels van de kantoren zijn 60 minuten brandwerend volgens de standaardbrandkromme. Echter, om te bezien wat het effect is van een mogelijke uitslaande (natuurlijke) brand vanuit de kantoren op de Stationshal en de Sporenkap zijn de brandvermogens in de kantoren bepaald volgens NEN-EN 1991-1-2. Voor Kantoor West is vastgesteld dat op basis van de aanwezige brandlast geen doorslag zal plaatsvinden. Voor Kantoor Oost daarentegen is gebleken dat de glazen gevels ten minste 90 minuten bestand zijn tegen de brandlast op basis van NEN-EN 1991-1-2. Het verschil tussen Kantoor Oost en West is gelegen in het lagere brandvermogen in Kantoor West. De temperatuurontwikkeling in Kantoor Oost is, bij een brand op de tweede en derde verdieping, als weergegeven in *afbeelding 9*.

Dit betekent dat de Stationshal na het uitslaan van de brand in Kantoor Oost na 90 minuten nog 30 minuten onderhevig is aan de natuurlijke brand. De uitslaande brand doet naar verwachting het houten plafond ontsteken. Het effect van extra brandlast op de temperaturen in de hoofddragconstructie is vervolgens sterk afhankelijk van de aannamen die dan genomen worden van het oppervlak van het dak dat wordt opgewarmd. Door de grote invloed van de brandwerendheidseis van de Kantoren West en Oost op de Stationshal is er pragmatisch voor gekozen om de brandwerendheid van de Stationshal integraal te verhogen van 30 naar 60 minuten volgens de standaardbrandkromme.

### Effect eisen kantoren (2)

De kantorencomplexen hebben een brandwerendheidseis van 60 minuten (volgens de standaardbrandkromme) en de Sporenkap 120 minuten (bij een natuurlijke brand). Er is daarom gekeken wat het effect is van een brand in één van de kantoren, die overslaat naar de Sporenkap. Zoals omschreven kan bij Kantoor Oost na 90 minuten bezwijken van de glazen gevel optreden. Vervolgens is als aanname aangehouden dat de brand (na het bezwijken van de gevel) in één keer overslaat naar het 24 m verder gelegen langspant van de Sporenkap en deze derhalve nog 30 minuten onderhevig is aan de brand. Het blijkt dat de maximale staaltemperatuur na 120 minuten juist onder de kritische temperatuur van het meest kritische deel van het tegen brand onbeschermde langspant blijft. Het gegeven dat het dak van de Stationshal tevens het dak van Kantoor West is, heeft niet alleen consequenties voor de Stationshal. Een deel van de Sporenkap, het langsspan op perron 2, draagt juist dat deel van het dak dat Kantoor West en Stationshal gemeen hebben. Dat betekent dat deze ondersteuning ook bestand dient te zijn tegen een brand van 60 minuten volgens de standaardbrandkromme. Om deze reden dient toch nog 6% van de staalconstructie van de Sporenkap van een brandwerende coating te worden voorzien. •

# **zandleven engineering**

**project**

**ontwerpfase**

**constructiefase**

**coatingfase**

**inspectiefase**

**ontzorgen**



 zandleven coatings

*Ganzlin*

 TRANSOCEAN  
COATINGS

## **advies in de hele keten**

[www.zandleven.com](http://www.zandleven.com)





# Interchar 404

## Thin film intumescent coating

Passengers can travel safely through Rotterdam Central Station thanks to the fire protection properties of Interchar® 404.

More than 3,500 tons of steel is coated with Interchar® 404, which is optimized for 30 and 60 minutes fire resistance, whilst maintaining the architectural aesthetics of the steelwork. Fast and easy to apply, Interchar® 404 is a high solids, low VOC formulation which is suited to both onsite and offsite application.



[pc.communication@akzonobel.com](mailto:pc.communication@akzonobel.com)  
[www.international-pc.com](http://www.international-pc.com)

AkzoNobel

Opleiding:

### **Staalbouwkundig tekenaar/constructeur**

Geeft inzicht in staalconstructies en de vaardigheid om berekeningen te maken, niveau post-mbo, start 16 september 2014.

Cursus:

**NEN-EN 1090 1&2**, 4 sept. 2014

**Workshop verbindingen**, 17 sept. 2014

**Bruggen-algemeen**, 1, 8, 15 okt. 2014

**Windbelastingen**, 23, 30 okt. 6, 13 nov. 2014

**Juridische aspecten**, 28, okt. 11 nov. 2014

**Hallenbouw in staal**, 30 okt. 2014

**Constructie leer voor modellers van bouwkundige staalconstructies**, 5, 12 nov. (Veldhoven) of 18, 25 nov. (Apeldoorn)

Meer informatie vindt u op de website [www.bouwenmetstaal.nl](http://www.bouwenmetstaal.nl) of bel **079-353 12 77**

# PROJECTPARTNERS

**Locatie** Stationsplein 1, 3013 AJ, Rotterdam

**Opdracht** Gemeente Rotterdam (Stationshal) en ProRail, Utrecht/Rotterdam (Sporenkap)

**Architectuur** Team CS (Bentham Crouwel Architects, MVSA Meyer en Van Schooten Architecten en West8)

**Constructief ontwerp, installatie-adviseur en**

**bouwkundig adviseur** Arcadis, Amersfoort en Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam

**Uitvoering** Bouwcombinatie TBI Rotterdam Centraal (BTRC) en Iemants, Arendonk (B) (Stationshal)

**Fotografie** Collectie Het Nieuwe Instituut, Arcadis/ Michel Kievits, Jannes Linders

## Projectpartners Stationshal

Aldowa, Rotterdam

BAM Rail, Dordrecht

BAM Utiliteitsbouw, Bunnik

BasNeon Lichtreclame, Leiden

Belgisch instituut voor Lastechniek, Brussel

Dakdekkersbedrijf Admiraal, Nibbixwoud

Kalmar, Rotterdam

Iemants, Arendonk (B)

International Paint/AkzoNobel, Rhon

Lloyd's Register Emea, Amsterdam

Mammoet Europe, Schiedam

ME Construct, Bree (B)

MNO Vervat, Nieuw-Vennep

NAB Bliksembeveiliging, Barendrecht

Railsupport, Weesp

Ridder Metalen Dak- en Wandsystemen, Zwaag

Schaeffler Belgium, Braine-l'Alleud

Scheuten Absoluut Glastechniek, Venlo

Strukton Rail West, Zwijndrecht

Technisch Installatiebedrijf Schwagermann, 's-Gravenzande

Trelleborg Ridderkerk, Ridderkerk

Willems Staalconstructies, Balen (B)

## Projectpartners Sporenkap

CSM, Hamont-Achel (B)

Mobiliis TBI, Capelle aan den IJssel

P.P. Gevelbouw, Dodewaard

Gebr. van Leeuwen Verankeringen, Maarssen

GLC (nu Woodteq), Rijssen

Hering International, Den Haag

J. Visser Klinker & Kasseien, Etten-leur

Ridder Systems, Zwaag

Scheuten Glas, Zwaag

Van Stokkum natuursteen, Venlo

Verwol, Opmeer

Zandleven, Leeuwarden

## Globale data

**Bruto vloeroppervlak** 46.000 m<sup>2</sup>

**Staalgebruik Stationshal** 3500 ton

**Staalgebruik Sporenkap** 4000 ton

**Oppervlak rvs dak en gevel Stationshal** 14.000 m<sup>2</sup>

**Oppervlak rvs dak en gevel Sporenkap** 11.000 m<sup>2</sup>





ir. T.A. de Vries

Tjalling de Vries is constructeur en ontwerpleider bij Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam, cluster Stadontwikkeling.

# Bewegingsvrijheid

**Het relatief gering aantal steunpunten en de hoge windbelasting hebben veel invloed op de dimensionering en detaillering van de staalconstructie van de Stationshal. Vormgeving en rotatie leveren de grootste vraagstukken bij het constructief ontwerp van de gevouwen kap met luifels, die beweging van allerlei aard moet kunnen opnemen.**

Het constructief ontwerp van de Stationshal wordt in belangrijke mate bepaald door de ligging tussen de bestaande bouw en door de eisen en randvoorwaarden voortvloeiend uit de vormgeving, met de vele knikken en luifels. Het architectonische ontwerp gaat uit van een ogenschijnlijk 'zwevende' constructie met een gering aantal ondersteuning. Het relatief licht geconstrueerde dak van het onderliggende metrostation CS laat maar op een paar plaatsen grote verticale belastingen toe. Door het kleine aantal ondersteuning en de afmetingen van de Stationshal zijn de overspanningen van de constructie dan ook relatief groot.

Bovendien is binnen het architectonisch ontwerp maar een beperkte hoogte beschikbaar voor de constructie; er dient dus slank geconstrueerd te worden. Behalve de hoge slankheid moet ook rekening worden gehouden met zeer hoge winddrukken en -zuijing. Al deze randvoorwaarden hebben geleid tot een constructie zoals weergegeven in *afbeelding 1*.

## Opleggingen

De Stationshal wordt in totaliteit slechts op acht punten ondersteund (*afb. 2*). Twee van deze steunpunten (1 en 2) rusten op de diepewand van het onderliggende metrostation, vier steunpunten worden gevormd door kolommen die afzonderlijk zijn gefundeerd (3, 4, 5 en 6) en de twee overgebleven steunpunten (7 en 8) ontleen hun fundering aan

de aangrenzende constructie van de Sporenkap. Steunpunten 1 en 2 nemen naast de verticale belastingen ook de horizontale belastingen in alle richtingen op en kunnen vrij roteren. Steunpunten 3, 4 en 7 nemen alleen verticale belasting op en de horizontale belasting in oost-westrichting. De steunpunten 5, 6 en 8 nemen alleen verticale belasting op. Oplegging 6 is daarbij een pendelkolom en de punten 5 en 8 zijn horizontaal glijdend opgelegd. Voor de vrijheidsgraden van de opleggingen zie *afbeelding 2*.

Resumerend betekent dit dat alle krachten die in noord-zuidrichting op de Stationshal werken door de kolommen aan de zuidzijde, punten 1 en 2, worden opgenomen. De west-oost werkende krachten worden verdeeld over: (I) de kolommen aan de zuidzijde, punten 1 en 2, (II) het zogenaamde K-spant in het midden van de hal, punt 3, en (III) over de oplegging op de Sporenkap, punt 7.

## Opbouw staalconstructie

De grootste overspanningen in de Stationshal zijn aanwezig in noord-zuidrichting, aan de westzijde tussen de punten 1, 3 en 7 en aan de oostzijde tussen de punten 2, 4 en 7. De primaire spanten (hoofdspanten) zijn dan ook tussen deze oplegpunten in noord-zuidrichting gelegd (*afb. 3*). Tussen de hoofdspanten zijn in oost-westrichting de secundaire dwarsspanten gelegd. Deze hebben een beperktere overspanning dan de hoofdspanten en zijn dus ook minder zwaar gedimensioneerd (*afb. 4*).

In noord-zuidrichting zijn tussen de dwarsspanten de tertiaire dak- en plafondliggers aangebracht, waaraan de dakbedekking en plafondafwerking is bevestigd. Tussen de dwarsspanten en de dak- en plafondliggers bevinden zich stabiliteitsverbanden. Deze verbanden zijn zowel in het dakvlak als in het vlak van het plafond aangebracht, en verzorgen de stijfheid van het dakvlak en verdelen daardoor de horizontale krachten

over de constructie. Zowel aan de west- als aan de oostzijde van de Stationshal bevindt zich een luifel (1 en 4 in *afb. 5*).

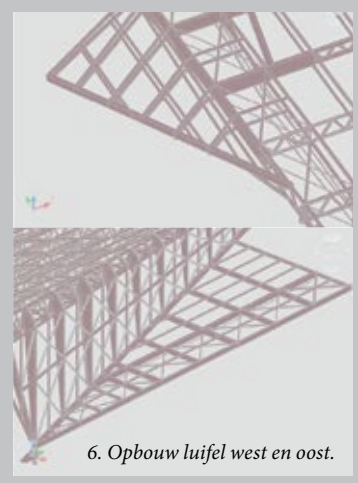
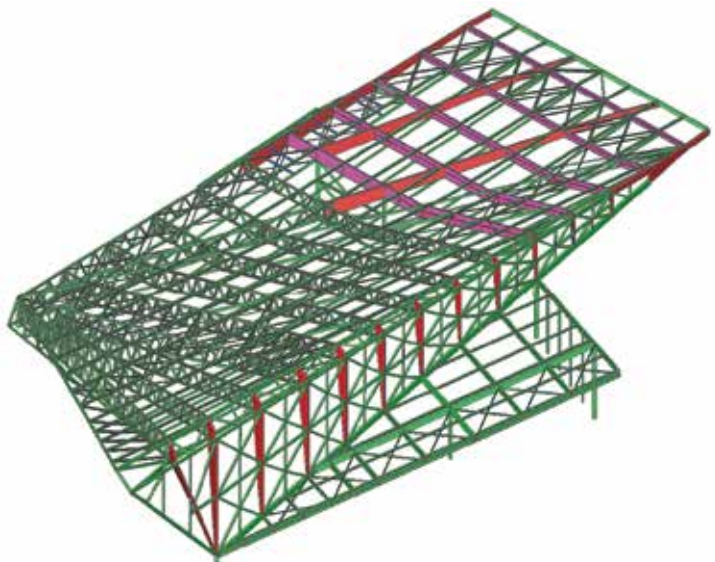
## Bijzondere eisen

Het gering aantal ondersteuning in verhouding tot de grootte van de Stationshal en de eventueel optredende hoge windbelastingen hebben veel invloed op de dimensionering en detaillering van de staalconstructie. Om voldoende sterkte te verkrijgen, leiden deze uitgangspunten tot een vrij zwaar gedimensioneerde constructie met een hoog eigen gewicht. Vanwege de slankheid van de constructie – grote overspanning met een beperkte constructiehoogte – staat de stijfheid echter niet in verhouding tot de sterkte, waardoor grote vervormingen in de constructie optreden. Door de grote overspanningen en hoge belastingen zijn ook de oplegreacties per steunpunt fors, wat gecombineerd met de grote verplaatsingen en rotaties per steunpunt bijzondere eisen stelt aan deze opleggingen. Het dimensioneren en detailleren van de constructie bleek dan ook een belangrijke opgave.

## Windtunnelonderzoek

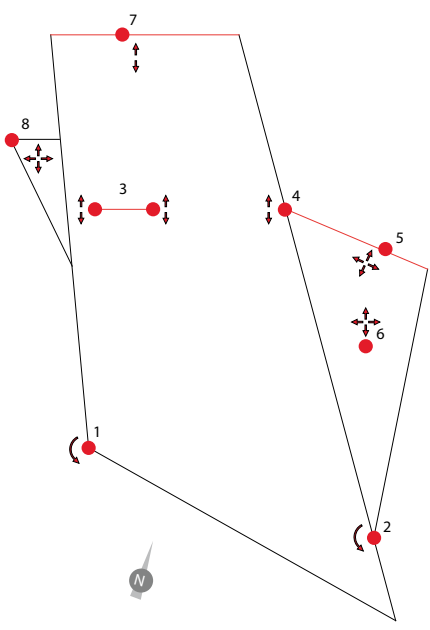
Vanwege de vorm van de Stationshal en de omliggende bebouwing was de vraag relevant of de windbelastingen uit de NEN-norm toepasbaar zijn op de constructie. Om dit te verifiëren is windtunnelonderzoek uitgevoerd door TNO (Business Unit Milieu en Leefomgeving van TNO B&O in Apeldoorn) waarvoor een fysiek model is gemaakt van het station inclusief aanpalende bebouwing (*foto 2*).

Bij dit onderzoek is de wind in 360° aangeblazen, waarbij zowel is gemeten aan de werkelijke bebouwde situatie (*foto 3*) als aan een theoretische situatie waarbij alle gebouwen in de omgeving zijn 'afgetopt' (alle hoogbouw verwijderd, *foto 4*). Dit afgetopt scenario is onderzocht om de invloed van de

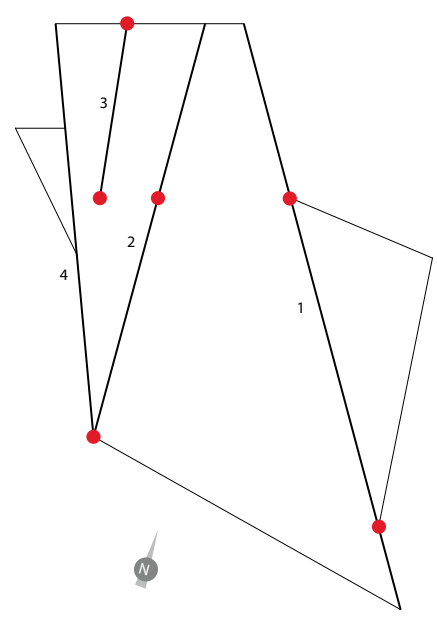


6. Opbouw luifel west en oost.

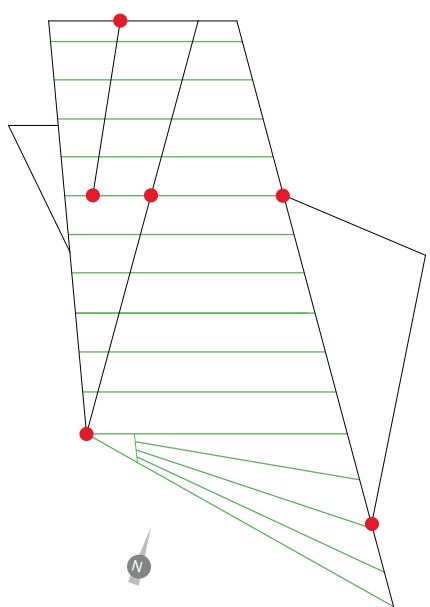
1. Definitief rekenmodel constructie.



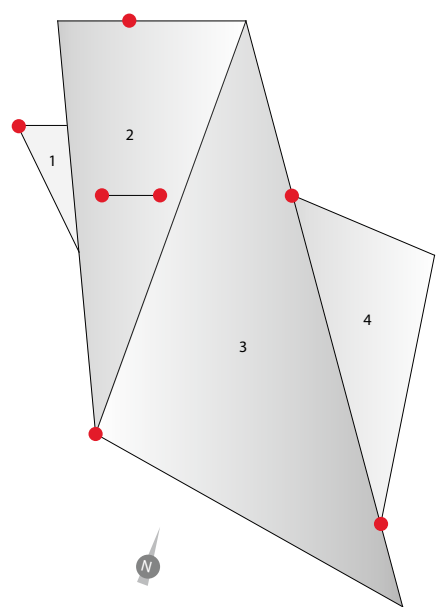
2. Nummering en vrijheidsgraden opleggingen (nummering verschilt met het voorontwerp).



3. Ligging en nummering hoofdspanten met globale afmetingen.



4. Secundaire dwarsspanten.



5. Indeling dakvlakken Stationshal.

**Optimalisering constructie**

Nadat Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam zelfstandig de engineering voor de DO-fase oppakte, bleek het voorontwerp op een aantal punten vatbaar voor verbetering. Zo lag de diagonale plaatsing van de spanten niet voor de hand, vanwege de grotere overspanning. Ook was in VO-fase gekozen voor (voornamelijk) kokerprofielen, waarna bij nadere beschouwing optimalisatie mogelijk bleek. Om de volgende redenen:

- de afmetingen van de kokers werden erg groot door de benodigde staaldoorsnede;
- veel kokerprofielen waren op dat moment slecht verkrijgbaar;
- het bleek veel eenvoudiger de sterkte te verkrijgen met HE-profielen, eventueel versterkt met flankplaten;
- bij HE-profielen zijn boutverbindingen eenvoudiger en ook bouwkundige afwerkingen zijn gemakkelijker aan de HE-flenzen te bevestigen dan aan kokers.

Maar misschien wel het belangrijkste voordeel is dat HE-profielen voordeliger zijn in aanschaf, waarbij het verschil met kokerprofielen groter wordt op het moment dat het om een staal soort gaat met een hogere vloeigrens (S355). Mede door wijzigingen in het ontwerp door Team CS bleek ook de vorm van de constructie in het voorontwerp niet meer goed te passen binnen de contouren van het eindontwerp. Een van de grotere wijzigingen is dat de Stationshal in het DO bij de oplegging op de Sporenkap, steunpunt 7, veel breder is geworden. Daarom is een licht afwijkende, hernieuwde opzet van de constructie gemaakt. Doordat het ontwerp van Team CS pas in een laat stadium helemaal was uitgekristalliseerd, zijn tot laat in de engineeringfase, zelfs nog tot in de bestekfase, de nodige (kleine) aanpassingen in de constructie van de kap aangebracht. Daarnaast zijn bij de optimalisering van de constructie de 'laagste' spanten, met een constructiehoogte variërend van 1 tot 1,5 m vervangen door samengestelde profielen. Dit omdat een spant met deze beperkte hoogteafmetingen niet optimaal werkt.

omringende bebouwing op de windbelasting in beeld te brengen.

Uit het onderzoek bleek dat de bebouwing voor veel windopstuwing zorgt en de optredende windbelastingen hoger zijn dan volgens de norm diende te worden aangehouden. De resultaten van het windtunnelonderzoek zijn samengevat in een twintigtal maatgevende belastinggevallen. Voor een voorbeeld zie *afbeelding 7*. In de afbeelding zijn de drukken aangegeven in  $N/m^2$ . De vermelding 'e' achter de druk betekent dat deze druk gemeten is als externe druk. De interne overdruk moet hier nog bij worden opgeteld. De grootte van de interne overdruk is eveneens gemeten tijdens het onderzoek en bleek vrijwel altijd constant en onafhankelijk te zijn van de windrichting. Een 'v' achter de druk betekent verschildruk.

De positieve waarden zijn drukken naar het vlak toe (overdrukken) of bij verschildrukken naar binnen gerichte drukken. De negatieve waarden zijn drukken van het vlak af (onderdrukken) of bij verschildrukken naar buiten gerichte drukken. Drukken werken altijd loodrecht op het vlak. Door de vorm van de Stationshal is de onder- of overdruk gemiddeld gezien hoger dan voorgeschreven in de NEN-norm ( $= 0,3 \text{ kN/m}^2$ ) en is door TNO bepaald op  $0,41 \text{ kN/m}^2$ .

Uit het belastinggeval zoals weergegeven in *afbeelding 7* is op dakvlak 2 (zie *afb. 5*) een druk van  $-1.400 \text{ N/m}^2$  aanwezig. Dit duidt op een externe onderdruk, hetgeen wil zeggen dat de Stationshal, in dit specifieke belastinggeval waarin de wind globaal vanuit het zuid-westen komt, 'omhoog wordt gezogen'. Omdat het een extern gemeten druk is, dient, om de totale windbelasting op dit vlak te verkrijgen, hier nog de overdruk aan de binnenzijde van de Stationshal te worden opgeteld. In totaliteit is er op de constructie een omhoog gerichte belasting aanwezig van  $(1,4 + 0,41 =) 1,81 \text{ kN/m}^2$ .

In dit specifieke belastinggeval is in de knik van de luifel aan de westzijde ook een extreme verschildruk van  $6,15 \text{ kN/m}^2$  gemeten. Omdat het hier een extreme windbelasting betreft is de validiteit van de meting getoetst. De meetresultaten van deze sensor zijn gecontroleerd en 'in orde' bevonden. Dit extreme belastinggeval is dan ook definitief



#### Buitengewone belastingcombinatie

Zoals voorgeschreven in art. 5.1.2.2 'Overige bijzondere belastingcombinaties' van NEN 6770, moet gekeken te worden naar het 'falen' van een aantal cruciale onderdelen van de constructie. Wanneer als gevolg van een bijzondere gebeurtenis een onderdeel van de constructie bezwijkt, dienen de gevolgen hiervan beperkt te blijven tot de directe omgeving van dat onderdeel, en moet de dragende functie door andere onderdelen overgenomen kunnen worden. Er mag dus geen voortschrijdend bezwijken optreden.

De cruciale dragende onderdelen van de Stationshal zijn uiteraard de kolommen, de hoofdspanten en de overige stabiliteitsverzorgende onderdelen, zoals de windligger in de luifel aan de oostzijde die stabiliteit van de onderrand van hoofdspant 1 verzorgt. Er zijn berekeningen uitgevoerd waarbij deze onderdelen één voor één zijn weggelaten. Hierbij is conform de voorschriften bij calamiteiten gerekend zonder belastingfactoren en een hogere staalspanning (de breukgrens in plaats van de vloeigrens).

In de Stationshal is echter geen voorziening aanwezig in de vorm van extra kolommen of extra verdeelconstructies. Deze extra's zouden afbreuk doen aan het ontwerp. In overleg met Bouwtoezicht is daarom besloten de robuustheid van de constructie te vergroten. Voor de staalconstructie betekende dit dat er gemiddeld iets lagere materiaalspanningen nagestreeft werden waardoor er voldoende reservesterte is aangebracht in de constructie om in geval van een calamiteit niet geheel te bezwijken.

Een scenario waarbij voortschrijdend bezwijken zou kunnen optreden is een zware explosie. Vanwege het in de constructie en steunpunten aangebrachte incasseringsvermogen is bezwijken van één van de steunpunten zelfs bij een extreem geval erg onwaarschijnlijk. Mocht er om wat voor reden dan ook toch een kolom bezwijken, dan zal de constructie wel een behoorlijk eind naar beneden komen en 'waarschuwen', maar niet bezwijken.

Bij kolom 4 is wel een tweede draagweg voorzien. Bij het verwijderen van deze kolom op de hoek van het NS-kantoor aan de oostzijde bleek dat, hoewel hoofdspant 1 niet zou bezwijken, de krachten op de sporenkap te groot werden. Daarom is een enkele kolom in de gevel van het kantoor zwaarder uitgevoerd dan de rest. Deze is in staat de belasting uit kolom 4 over te nemen, waardoor de belasting niet op de sporenkap terecht komt en er dus wederom geen voortschrijdend bezwijken optreedt.

meegenomen in de modellering. Plaatselijk kan de constructie een extreme stuwdruk van meer dan  $6 \text{ kN/m}^2$  weerstaan.

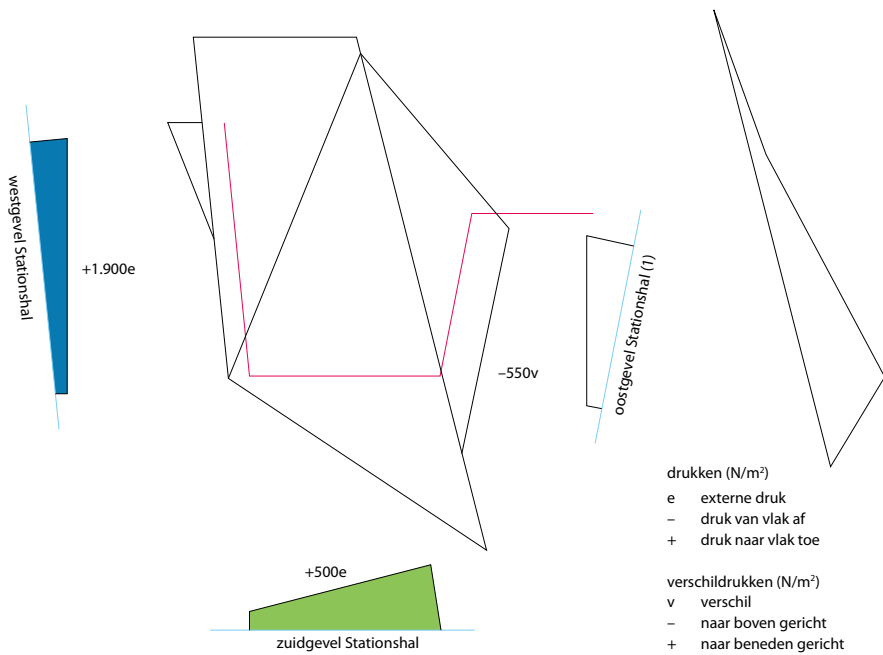
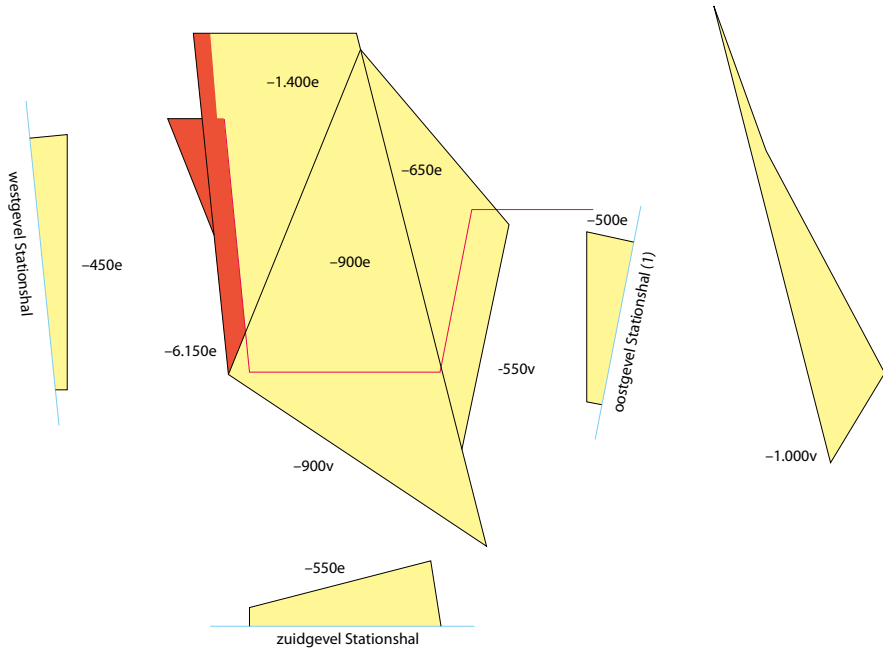
#### Beperkte constructiehoogte

Door de architectonische wensen, grote overspanningen met een geringe hoogte van het dakpakket, was er slechts een beperkte constructiehoogte beschikbaar. Een optimale dimensionering van de spanten, waarbij de hoogte globaal 1/10 tot 1/15 van de overspanning is, was derhalve niet mogelijk. De spanten moesten slanker worden. Doordat het dak van de Stationshal in dikte verloopt, heeft elk spant ook een verschillende hoogte. Was in het ontwerp van de Stationshal rekening gehouden met de optimale verhoudingen, dan zou de staalconstructie aan de zuidzijde ongeveer 6 m hoog zijn en aan de noordzijde ongeveer 3 m. Aan de zuidzijde van de Stationshal waar de constructiehoogte het grootst is, bedraagt deze nu echter maximaal 3,5 m en aan de noordzijde slechts

1,0 m. Doordat de slankheid van de constructie uit verhouding is ten opzichte van de overspanning, is de stijfheid van de constructie kleiner dan gewenst waardoor de optredende vervormingen in de constructie groot zijn.

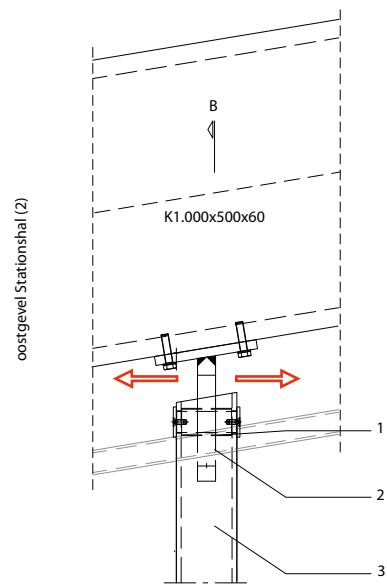
Bij de spanten met een hoogte kleiner dan 1,5 m werden de diagonalen zodanig kort dat er eigenlijk geen sprake meer was van een 'spant'. Besloten is om deze 'spanten' samen te stellen als plaatliggers (*afb. 8*). Voor een overzicht van alle spanten die zijn uitgevoerd als plaatliggers: zie de roze en paars gekleurde spanten in *afbeelding 1*.

Door de geringe constructiehoogte en hoge belastingen lagen de optredende spanningen in de doorsneden van de spanten en plaatliggers initieel op veel plaatsen ver boven de vloeigrens ( $> 355 \text{ N/mm}^2$ ). Het was dan ook noodzakelijk deze spanten en plaatliggers meer sterkte te geven. Om te voorkomen dat de hoogte van het spant zou moeten worden vergroot of de neutrale lijn van de doorsnede

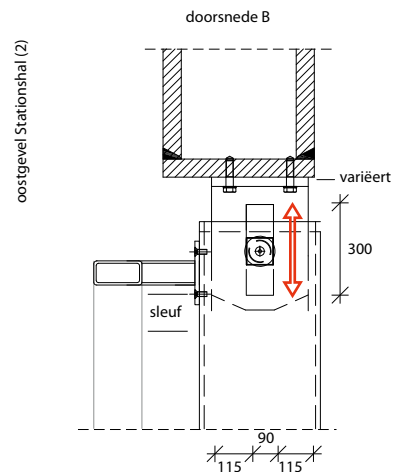


drukken (N/m<sup>2</sup>)  
 e externe druk  
 - druk van vlak af  
 + druk naar vlak toe

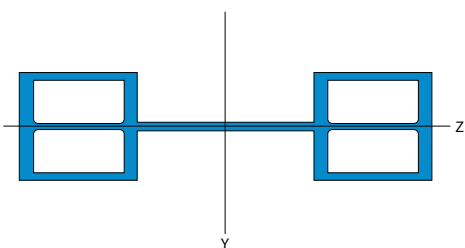
verschildrukken (N/m<sup>2</sup>)  
 v verschil  
 - naar boven gericht  
 + naar beneden gericht



- 1 stalen as  $\varnothing 70$ , L = 198 (S235)  
 (borgen met Loctite)  
 met twee tapgaten M16 (passing n.t.b.)
- 2 stalen massieve bus vierkant 85, L = 165 (S235)  
 met gat  $\varnothing 70$  (passing n.t.b.)  
 aan vier zijden voorzien van teflon, 2 mm
- 3 K400x200x16

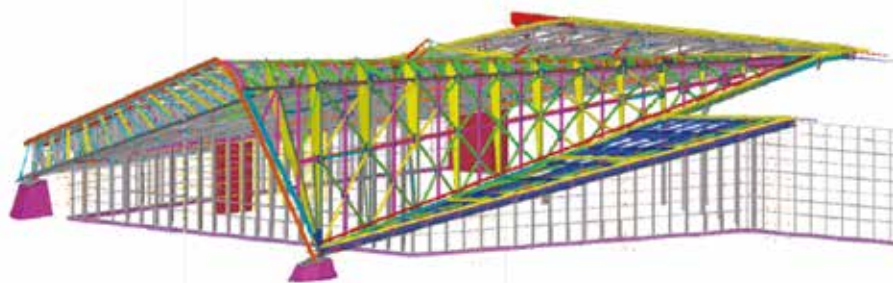


7. (Extreme) windbelasting op Stationshal.



8. Links: doorsnede plaatligger van HE-profielen met flankplaten.

9. Boven: verbindingdetail gevel, in twee richtingen schuivend.



10. Aanzicht luifel oost (blauw).

zou verplaatsen, is ervoor gekozen de randstaven van de spanten en plaatliggers te voorzien van 'flankplaten'. Hiermee wordt een koker gerealiseerd met een zo groot mogelijke doorsnede; zie *foto 1* en *afbeelding 8*. De vergroting van de staaldoorsnede is uiteraard alleen gedaan in de hoogst belaste zones, bijvoorbeeld in het midden van de overspanning van de spanten. Uiteindelijk heeft dit wel tot gevolg dat het eigen gewicht van de constructie behoorlijk is toegenomen met een ongunstig effect op de vervormingen.

### Verticale vervormingen

Vanwege de beperkte constructiehoogte van de spanten en de hoge belastingen buigen de zuidelijke dwarsspanten met een overspanning van 60 m maximaal 40 cm door. Een groot deel van deze vervorming treedt op door het eigen gewicht en is dus permanent aanwezig. Besloten is de staalconstructie een zeeg te geven, zodanig dat de zakking door de permanente belasting, het eigen gewicht én 1/3 van de variabele belasting direct wordt gecompenseerd.

De vervorming in het midden van de overspanning van de spanten door de resterende variabele belasting is maximaal nog ongeveer 20 cm naar beneden (ongeveer 1/300 van de overspanning) en 10 cm omhoog, een totale beweging van 30 cm. Hoewel deze vervormingen ruim binnen de richtlijnen van NEN 6702 vallen, maximaal 1/150 van de overspanning, leverde dit wel een aantal interessante vraagstukken voor de detaillering van de bouwkundige afwerking. De gevels zijn bijvoorbeeld in twee richtingen schuivend verbonden met de staalconstructie, om te voorkomen dat ze worden meegetrokken of platgeduwd door de vervorming van de staalconstructie. Zie *afbeelding 10* waarin is weergegeven hoe de staalconstructie kan bewegen ten opzichte van de gevelkolommen.

### Steunpunten en oplegging spanten

Naast de grote verticale vervormingen en rotaties van de constructie treden er ook nog aanzienlijke horizontale vervormingen op, deels veroorzaakt door wind maar vooral vanuit temperatuurbelasting.

Door de gekozen vrijheidsgraden van de steunpunten treedt de grootste horizontale vervorming door temperatuuruitzetting op in noord-zuidrichting. Doordat de steunpunten aan de zuidzijde in horizontale zin gefixeerd zijn, zal de totale verlenging (en verkorting) optreden bij de oplegging van de Stationshal op de Sporenkap aan de noordzijde.

De grootste rotaties treden op bij de zuidelijke opleggingen ( $\pm 1^\circ$  vanuit evenwichtsstand alle kanten op, dus totale rotatie  $\pm 2^\circ$ ). Door de hoogte van de constructie (30 m) op deze locatie hebben zowel de temperatuurvervormingen als de doorbuigingen van de dwarsspanten een rotatie van de oplegging tot gevolg. Deze rotatie kan in alle richtingen optreden (*afb. 10*).

De combinatie van hoge belastingen op de constructie en onderliggende steunpunten alsmede de grote vervormingen en rotaties stellen dan ook bijzondere eisen aan de twee zuidelijk gesitueerde hoofdsteunpunten.

### Zuidelijke hoofdsteunpunten

De zuidelijke hoofdsteunpunten 1 en 2 zijn architectonisch vormgegeven als gedrongen betonnen sokkels.

Zoals omschreven verzorgen de hoofdsteunpunten zowel de verticale als de horizontale stabiliteit van de Stationshal aan de zuidzijde en kunnen de steunpunten belasting opnemen in alle richtingen, maar géén momenten, omdat de bij verhinderde rotatie optredende momenten te groot zouden worden (ordegrootte 50 MNm).

Besloten is deze hoofdsteunpunten scharnierend uit te voeren. Door de enorme krachten was daar een bijzondere constructie voor benodigd. Die bestaat uit een combinatie van twee glijlagers, die samen in een stalen pasbus zijn gevat; één radiaallager voor de horizontale krachten en een axiaal (taats) lager voor de verticale krachten; zie *afbeelding 11* voor het gecombineerde lager.

Om de krachten vanuit de staalconstructie het beton in te leiden, is er aan de pasbus met lagers een grote stalen buis gelast die over de volledige hoogte met deuken is uitgerust. De buis is in zijn geheel in de betonnen sokkels ingestort en voert daarmee de krachten geleidelijk over de hele hoogte af naar het beton.

Hoofdsteunpunten 1 en 2 staan op de zuidelijke diepwand van het metrostation. Deze diepwand is globaal in oost-westrichting georiënteerd. Het opnemen van de belastingen vanuit de staalconstructie vindt voornamelijk plaats in het vlak van de diepwand. Om ook de belastingen vanuit de Stationshal in noord-zuidrichting op te kunnen nemen, is bij beide hoofdsteunpunten een extra 'steunpuntsdiepwand' aangebracht, haaks op de diepwand. De oplegkrachten zijn verticaal  $F_z = 14.500$  kN en horizontaal  $F_h = 5.000$  kN.

### Glijdende opleggingen

De twee scharnierende opleggingen aan de zuidzijde laten rotaties vrij toe. Alle overige opleggingen zijn zo gedetailleerd dat de constructie nergens 'opgesloten' wordt en er geen grote horizontale krachten opgebouwd kunnen worden. De twee zuidelijke opleggingen zijn de enige die horizontaal gefixeerd zijn in noord-zuidrichting. Alle verplaatsingen onder invloed van wind en temperatuur vinden plaats in noord-zuidrichting. Vanwege de grote overspanning zijn de verlenging en verkorting van de staalconstructie in noord-zuidrichting dan ook aanzienlijk. De maximale verlenging/verkorting bedraagt bij de oplegging op de Sporenkap in totaal  $\pm 15$  cm.

Wanneer constructie-elementen zouden zijn gekoppeld, zou de gekoppelde constructie door deze verplaatsingen worden 'meegeleid'. Voor het opnemen van de verplaatsingen zijn daarom op meerdere plaatsen glijdende verbindingen ontworpen; voor de vrijheidsgraden zie *afbeelding 2*.

De meest essentiële glijdende opleggingen betreffen: (I) de opleggingen van de spanten op de Sporenkap, oplegging 8, (II) de oplegging op de kolommen van het K-spant, oplegging 3 en (III) de kolom onder hoofdspant 1, oplegging 4.

De oplegging van de spanten op de kolommen wordt gerealiseerd met rubberen glijopleggingen (Trelleborg). De blokken zijn samengesteld uit afwisselend roestvast staal en rubberen platen.

De glijopleggingen laten vervorming toe in noord-zuidrichting maar verhinderen beweging in oost-westrichting door aanslagnok-



### Eigenfrequentie-analyse

Uit de eigenfrequentie-analyse bleek dat de laagste eigenfrequentie van de staalconstructie met de permanente belasting net iets boven de 1 Hz ligt. Dit valt midden in het windfrequentiegebied en is vanwege gevaar voor opslingering dus potentieel gevaarlijk voor een constructie. Of dit hier ook het geval is, is bekeken met TNO. De eigenfrequentie-analyse van de constructie wees uit dat de eerste vier eigentrillingen midden in de gevarezone (1-3 Hz) zaten voor wat betreft de windbelasting; zie tabel.

N	f (Hz)	omega (1/sec)	omega <sup>2</sup> [1/sec <sup>2</sup> ]	t (sec)
massacombinatie CM1				
1	1,27	7,95	63,25	0,79
2	1,44	9,02	81,41	0,70
3	1,62	10,15	102,99	0,62
4	1,80	11,29	127,37	0,56

#### Eigenfrequenties casco Stationshal.

De trillingsvormen van de constructie zijn logisch, gezien de positionering van de steunpunten. Bij eigenfrequenties tussen de 1 en 3 Hz schrijft de norm voor dat er een extra veiligheid in de berekening moet worden aangebracht. Dit gebeurt met een extra factor op de belasting, de dynamische vergrotingsfactor  $\phi_1$ . Deze vergro-

tingsfactor voor de windbelasting kan voor 'eenvoudige' constructies worden bepaald met NEN 6702, bijlage A4. Omdat het hier een ingewikkelder constructievorm betreft, is de norm niet van toepassing. Daarom is uitgebreid aanvullend onderzoek naar het dynamische gedrag van de constructie uitgevoerd door TNO in Delft.

Afleiding dynamische vergrotingsfactor.

$$\phi_1 = c_d = \frac{\frac{1}{2}\rho\bar{v}^2(1+2gl\sqrt{B+E})}{\frac{1}{2}\rho\bar{v}^2(1+2gl\sqrt{B})} = \frac{1+2gl\sqrt{B+E}}{(1+2gl\sqrt{B})}$$

$$E = \frac{\pi}{4\zeta} \chi^2 (f_e) F_D (f_e)$$

$$B = \int_0^\infty \chi^2 \frac{F_D}{f} df$$

$$\chi^2 = \frac{1}{A} \int \int \frac{\bar{v}_i}{\bar{v}_{ref}} \frac{\bar{v}_j}{\bar{v}_{ref}} \frac{\sigma_{v_i}}{\sigma_{vref}} \frac{\sigma_{v_j}}{\sigma_{vref}} \cdot \Phi_i \Phi_j \cdot \text{coh}_{v_i v_j} dA_i dA_j$$

$$E = \frac{\pi}{4\zeta} \chi^2 (f_e) F_D (f_e)$$

$$B = \int_0^\infty \chi^2 \frac{F_D}{f} df$$

$$\chi^2 = \frac{1}{A} \int \int \frac{\bar{v}_i}{\bar{v}_{ref}} \frac{\bar{v}_j}{\bar{v}_{ref}} \frac{\sigma_{v_i}}{\sigma_{vref}} \frac{\sigma_{v_j}}{\sigma_{vref}} \cdot \Phi_i \Phi_j \cdot \text{coh}_{v_i v_j} dA_i dA_j$$

Hierin geldt:

$$E = \frac{\pi}{4\zeta} \chi^2 (f_e) F_D (f_e)$$

$$B = \int_0^\infty \chi^2 \frac{F_D}{f} df$$

Met de aerodynamische admittantie gedefinieerd als:

$$\chi^2 = \frac{1}{A} \int \int \frac{\bar{v}_i}{\bar{v}_{ref}} \frac{\bar{v}_j}{\bar{v}_{ref}} \frac{\sigma_{v_i}}{\sigma_{vref}} \frac{\sigma_{v_j}}{\sigma_{vref}} \cdot \Phi_i \Phi_j \cdot \text{coh}_{v_i v_j} dA_i dA_j$$

Conclusie: het windtrillingsgedrag van de Stationshal is inderdaad dusdanig dat het nodig is de windbelasting met een dynamische vergrotingsfactor  $\phi_1$  conform NEN 6702 te vergroten. De grootte van deze factor is vastgesteld op 1,06. Dit heeft tot gevolg dat de belastingsfactor voor de windlasten geen 1,5 meer is, maar  $1,5 \times 1,06 = 1,59$ . Dit had dus ook tot gevolg dat de toch al grote windbelastingen allemaal nog eens 6% groter zijn geworden.



Foto 1. Links: met flankplaten 'verkoerde' doorsnede onderrand spant. Rechts: de capaciteitsvergroting is alleen gedaan in de zwaarst belaste zones.

ken. Kleine rotaties van de constructie kunnen eveneens worden opgenomen met deze blokken.

### Kantoor NS

Hoewel door de vrijheidsgraden en de grote lengte van de Stationshal in noord-zuidrichting de grootste horizontale vervorming in die richting optreedt, komen er ook vervormingen voor in andere richtingen. Specifiek voor hoofdspant 1 (afb. 3) was dit een aandachtspunt, omdat die niet alleen

langer en korter wordt onder invloed van temperatuur maar ook opzij wordt geduwd in oost-westrichting door wind en uitzetten en krimpen van de dwarsspanten. Daarnaast ondervindt de onderrand van dit hoofdspant onder invloed van het eigen gewicht van de dwarsspanten nog een belasting in oostelijke richting, richting NS-kantoor. Omdat dit kantoor tegen de Stationshal is aangebouwd, zou de onderregel van hoofdspant 1 horizontale krachten afdragen naar het dak van het NS-kantoor. Om deze onge-

wenste belasting te voorkomen is een aanslagnok gemaakt. Met teflon glijplaten is bewerkstelligd dat in noord-zuidrichting de constructies langs elkaar kunnen bewegen. Het uitbuigen van de onderrand van het zuidelijke deel van hoofdspant 1 wordt verhinderd door de luifel aan de oostzijde. Het in luifel oost aanwezige stabiliteitsverband verzorgt daarmee niet alleen de horizontale stabiliteit/stijfheid van de luifel, maar werkt ook als kniksteun voor de onderregel van de vakwerkgevel (hoofdspant 1). •



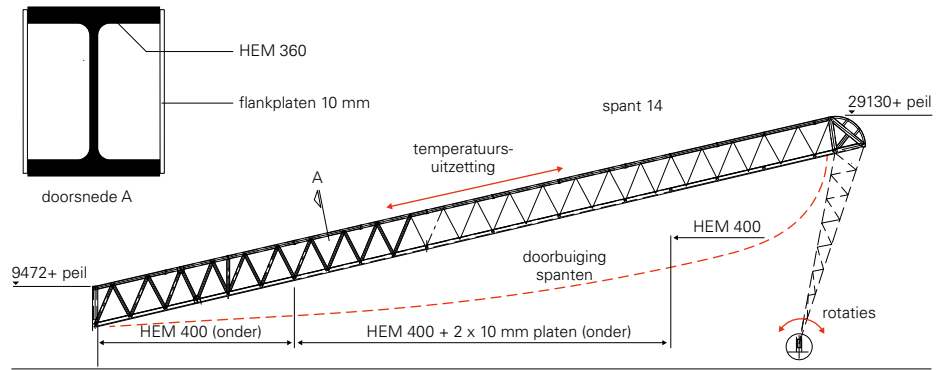
Foto 2. Opstelling windtunnelonderzoek TNO.



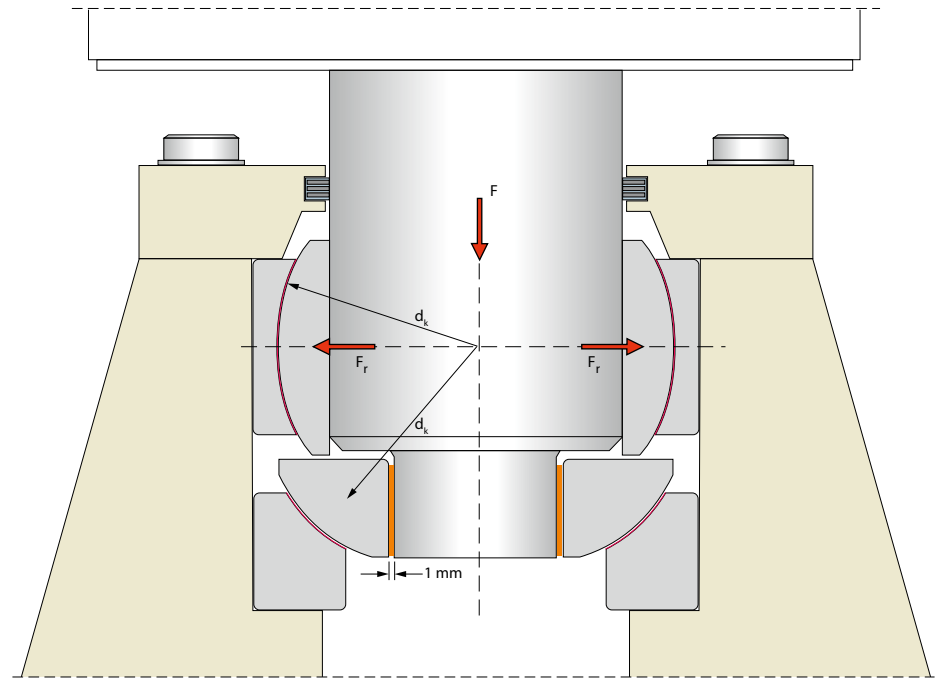
Foto 3. Werkelijke situatie.



Foto 4. Afgetopte situatie.



10. Rotaties in zuidelijke opleggingen.



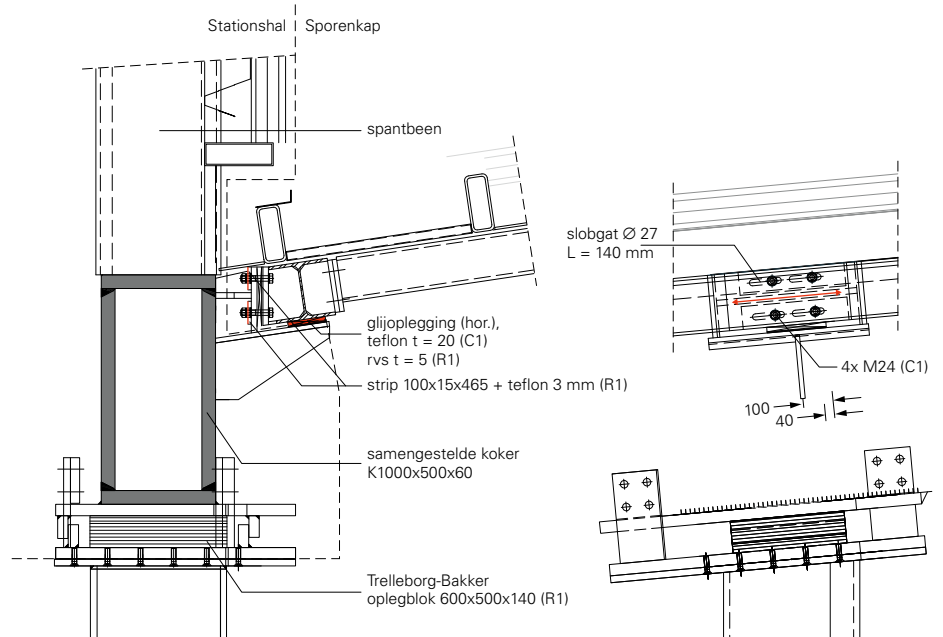
11. Combinatie axiaal- (taats) en radiaalager.



12a. Oplegging spant 1 op kolom 4.



12b. Trelleborg-glijopleggingen.



13. Detail aanslagnok kantoor NS.

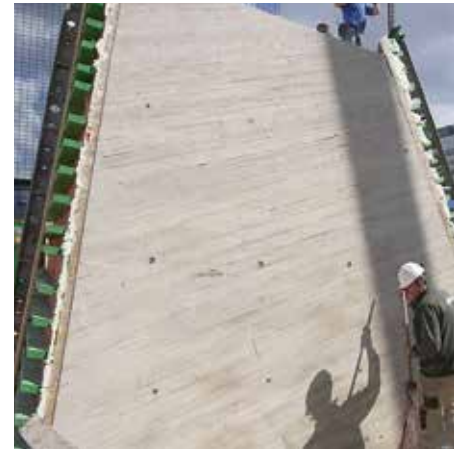
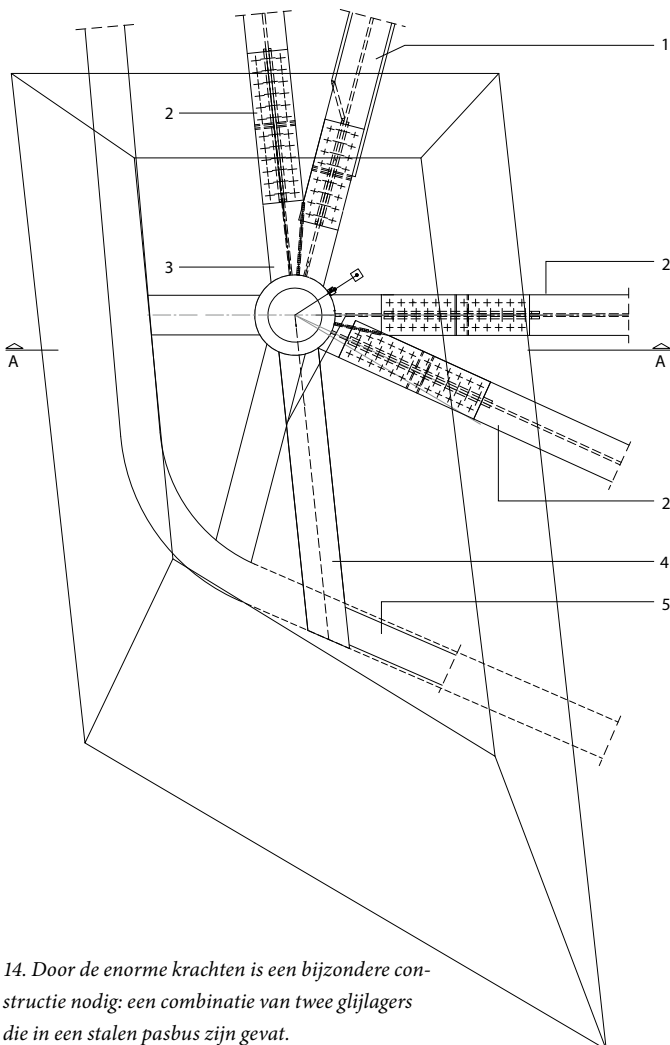


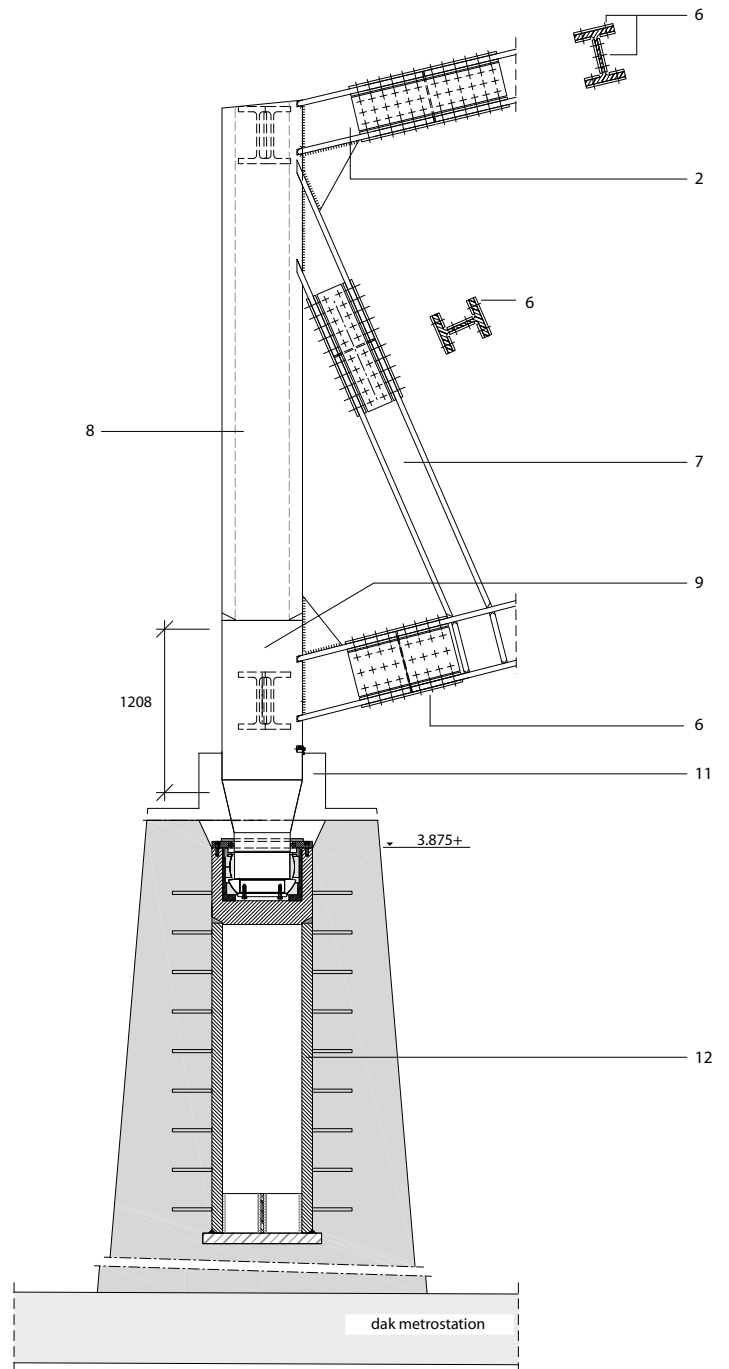
Foto 5. Betonnen hoofdsteunpunt.

Foto 6. Stalen pasbus die met deuvels wordt ingestort.

- 1 HEM 400 + 2x flankplaat 25 mm
- 2 HEM 360
- 3 HEM 400
- 4 HEB 360
- 5 K. 350x350x10
- 6 geïnjekteerde voorspanbouts M27-10.9
- 7 HEM 300
- 8 naadloze buis  $\varnothing$  610x100
- 9 as massief  $\varnothing$  610, smeedbaar S355J2
- 10 HEM 450
- 11 afdichting met stalen plaat d = 10 mm
- 12 instortvoorziening: naadloze buis  $\varnothing$  762x80, nauwkeurig te lood instorten



detail hoofdsteunpunt



doorsnede A-A

14. Door de enorme krachten is een bijzondere constructie nodig: een combinatie van twee glijlagen die in een stalen pasbus zijn gevat.

ing. H.M.J. de Waard

Hendrik Jan de Waard is constructeur bij Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam, cluster Stadsontwikkeling.



Stationshal in uitvoering, terwijl het metrostation (zuidelijke ingang) in bedrijf is.

**Tijdens de opbouw van de kapconstructie in 2011, waarvoor zes maanden staat, wordt het 3.500 ton wegende staalskelet permanent 'vastgehouden' door tientallen tijdelijke hulpconstructies. Een deel hiervan is gefundeerd op het dak van het ondergrondse metrostation en berekend op een gebruiksbelasting conform LM1 van de Eurocode. Eén van de benodigde hijskranen is dermate zwaar, dat naast het metrostation een aparte funderingsplaat op palen moet worden ontworpen.**

De constructie van de Stationshal overkapt een flink deel van het Stationsplein. Direct daaronder bevindt zich het metrostation Rotterdam Centraal, dat in de periode 2004-'12 een ingrijpende verbouwing ondergaat. In de eindsituatie rust de kapconstructie aan zijn zuidzijde op twee betonnen hoofdsteunpunten die direct zijn gefundeerd op de diepwanden behorend bij de voormalige bouwput van het metrostation (afb. 1). Hoofdaannemer Iemants Steel Constructies uit Arendonk (B) bouwt het casco van de Stationshal bestaande uit het staalskelet, de betonnen hoofdsteunpunten, de gevel-

constructie inclusief het gehard/gelaagd glas en het RVS 316-dak.

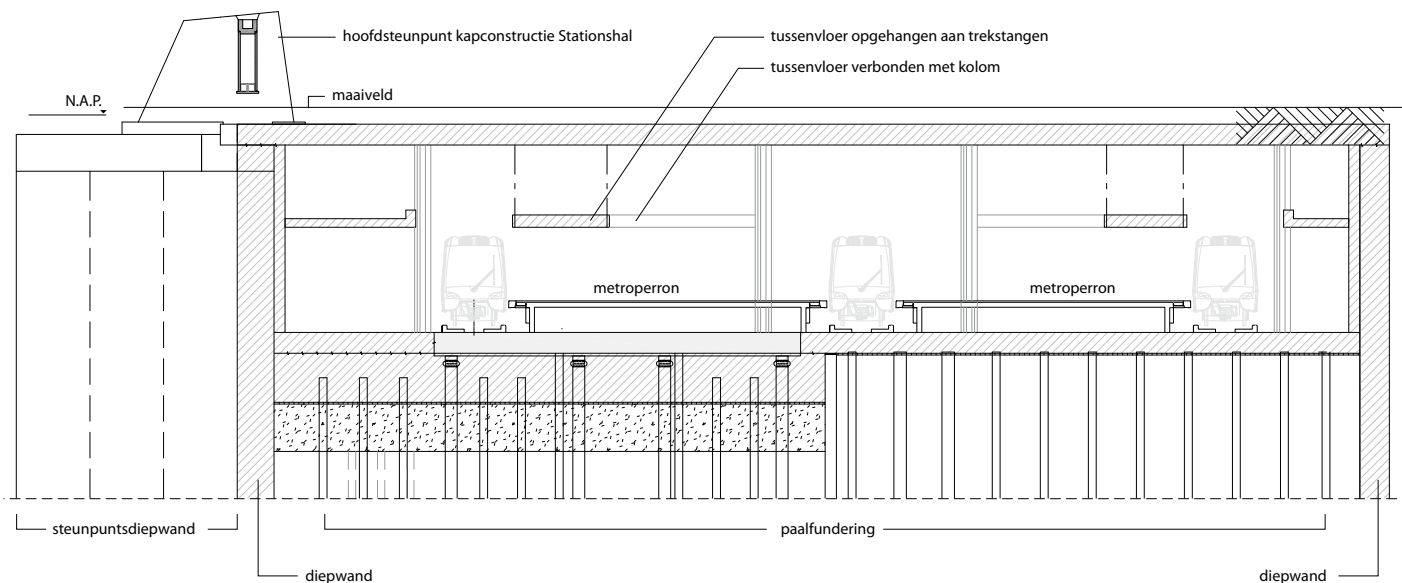
De bouw van het casco van de Stationshal is complex. Het staalskelet moet in zes maanden tijd deels boven enkele treinsporen van de NS en deels boven het in aanbouw zijnde ondergrondse metrostation van de RET worden gebouwd. De fasering hangt sterk samen met de voortgang van de omringende projecten.

Het dubbel gezeegde staalskelet is een complexe samenstelling van vrijwel unieke delen en de constructie is instabiel tot voltooiing. Dat betekent dat ieder spant en iedere bouw-

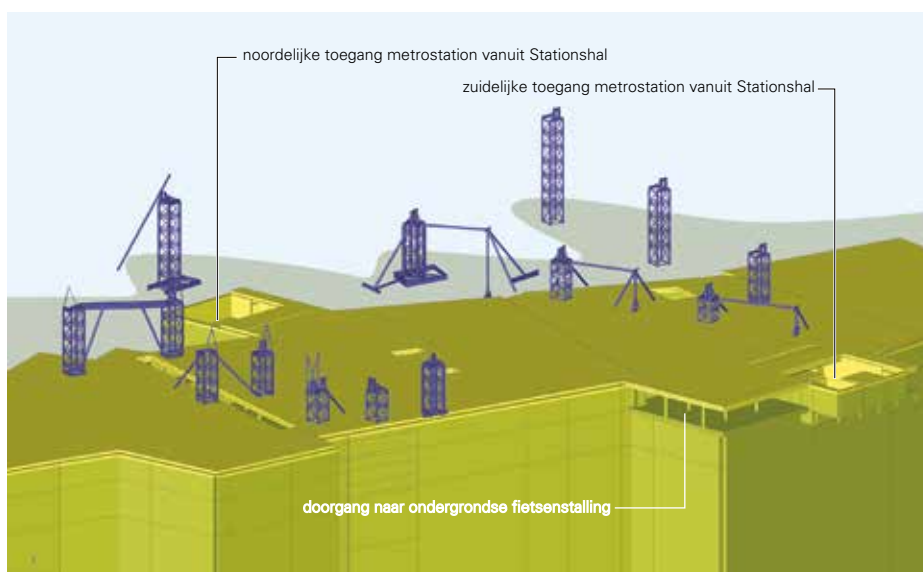
fase op zichzelf instabiel is totdat de montage is voltooid en de constructie uiteindelijk op alle definitieve opleggingen steunt. Het skelet wordt daarom continu in horizontale en verticale richting vastgehouden. Het volledige gewicht en alle horizontale krachten als gevolg van windbelasting moeten worden opgevangen.

### Toelaatbare belastingen

De vakwerken en schoren van de hulpconstructies, die nodig zijn om de spandelen van de stalen kap tijdens de bouw op te leggen en stabiel te houden, zijn verankerd aan de dakplaten van het metrostation (afb. 2). Bij het uitwerken van de hulpconstructies moet rekening worden gehouden met toelaatbare belastingen op het onderliggende metrostation, dat op dat moment ook in aanbouw is. Extra complicerende factor is de eis dat het reizigersverkeer van en naar het metro- en treinstation te allen tijde op een



1. Doorsnede station met hoofdsteenpunt.



3. Afdruk uit het EEM met posities hulpconstructies op de dakplaat van het metrostation.



2. Hulpconstructie verankerd aan de dakplaat.

veilige manier doorgang moet vinden. De dakplaten van het metrostation zijn berekend op een gebruiksbelasting overeenkomstig belastingsmodel 1 (LM1) van de Eurocode. Het zwaarste tandemstelsel uit LM1, van in totaal 60 ton is een factor 5 lichter dan de verticale belasting die in een bouwfase kan optreden op een hulpconstructie. Het is dus van groot belang om bij iedere stap van het bouwproces van de staalconstructie na te gaan hoe de belastingen kunnen worden afgevoerd via de op dat moment gerealiseerde dakplaten, kolommen en (diep)wanden van het metrostation.

### Tijdelijke hulpconstructies

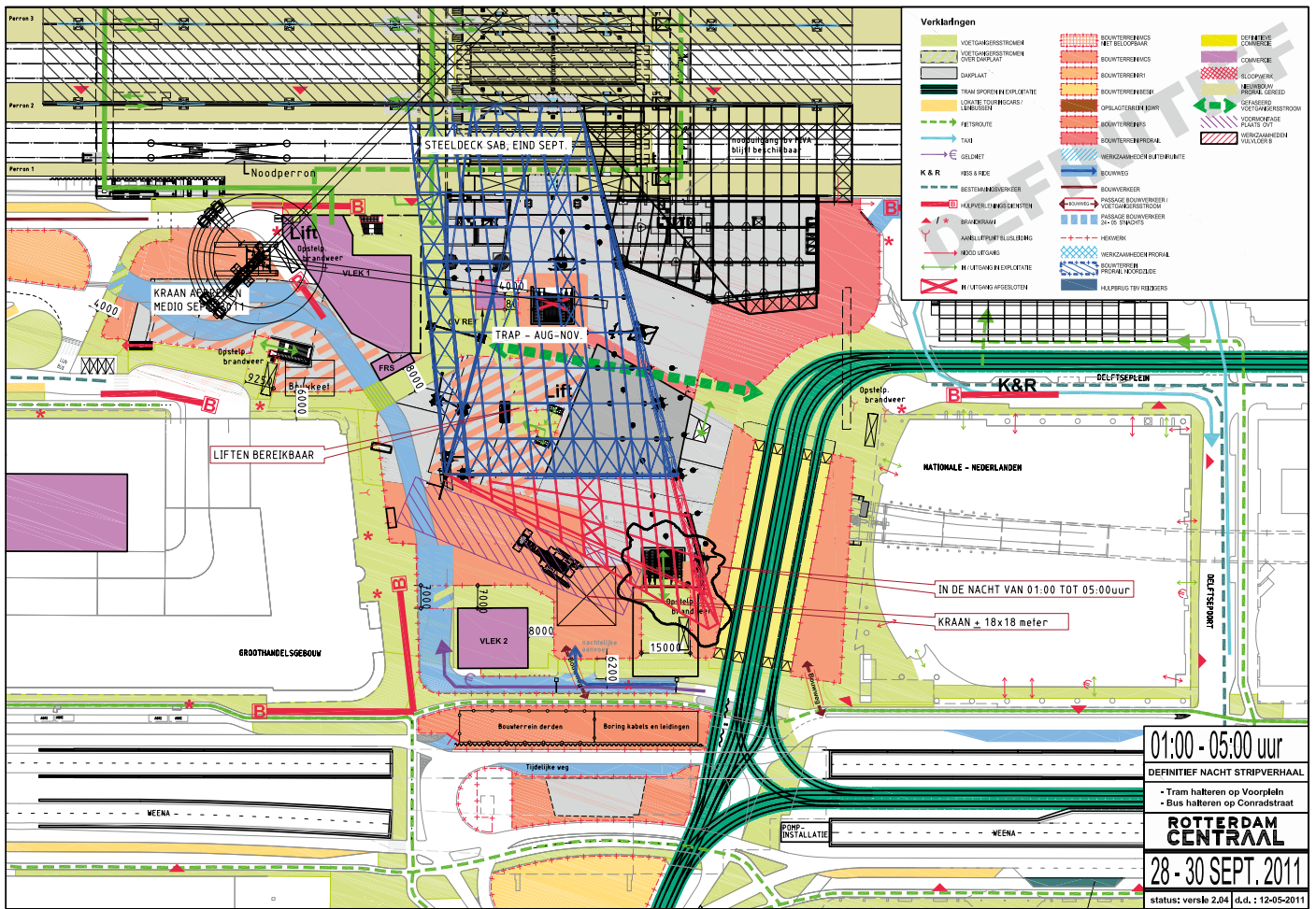
Om (I) alle bouwfasen van de opbouw van de kapconstructie constructief te kunnen beoordelen, (II) de dimensies van de tijdelijke hulpconstructies te kunnen vaststellen en (III) de invloed van de belastingen vanuit de tijdelijke hulpconstructies op de onderlig-

gende dakplaten van het metrostation te kunnen bepalen, is een aantal rekenmodellen opgesteld. Zo is de gehele gefaseerde opbouw van de kapconstructie gesimuleerd in een aantal ruimtelijke vakwerkmodellen. Hierbij zijn in deze vakwerkmodellen extra opleggingen gemodelleerd op de locaties waar voornoemde tijdelijke hulpconstructies onder de spanten van de kapconstructie zijn voorzien. In een apart berekeningsmodel, waarin uitsluitend de tijdelijke hulpconstructies zijn gemodelleerd, zijn vervolgens de oplegreacties uit de vakwerkmodellen met de gefaseerde opbouw als belastingen ingevoerd. Het model met de tijdelijke hulpconstructies is vervolgens, inclusief deze belastingen, vanuit de gefaseerde opbouw door Ingenieursbureau Gemeente Rotterdam op de juiste positie ingepast in het eindige-elementenmodel dat werd ontwikkeld voor de berekeningen van het metrostation (afb. 3).

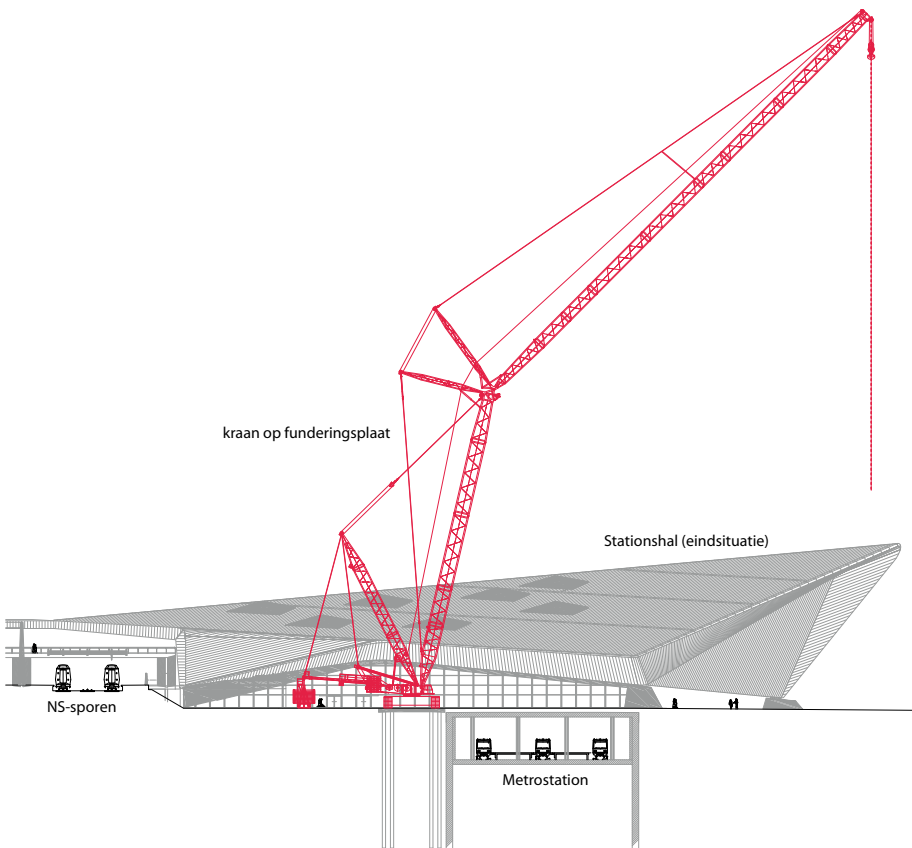
De krachten die vanuit de hulpconstructies worden uitgeoefend op het metrodak kunnen hierbij in een bepaalde bouwphase oplopen tot 3500 kN in verticale richting en 2500 kN in horizontale richting per tijdelijke ondersteuning. Daarnaast dient op het metrodak rekening te worden gehouden met belastingen van materiaal, met name tijdelijke opslag van spanten, en materieel, zoals kranen en hoogwerkers.

### Andere posities

De analyse van de berekeningsresultaten heeft ertoe geleid dat met name aan de westzijde van de kapconstructie naar een andere locatie is gezocht voor de tijdelijke hulpconstructies. De hulpconstructies zijn hierbij verplaatst uit het veld van de dakplaten van het metrostation naar een positie meer boven de kolommen die in het metrostation aanwezig zijn. De reden dat dit aan de westzijde van het metrostation nodig blijkt, is tweeledig.



4. Momentopname uit het 'stripverhaal' waarmee de planning wordt gevisualiseerd.



5a/b. De speciaal gefundeerde kraan staat niet op maar net naast de metrobus.

Eenzijds is de belasting op de oorspronkelijke positie erg ongunstig in verband met dilatatievoegen in de dakplaat. Deze dilatatievoegen zijn noodzakelijk vanwege een grote koker voor afvoer van rookwarmte in het geval van een calamiteit. Anderzijds is aan de westzijde in het ontwerp van het ondergrondse metrostation gekozen voor zoveel mogelijk open ruimte. Het oppervlak van de op het -1-niveau aanwezige tussenvloer (de metrosporen bevinden zich op -2) is om deze reden zo klein mogelijk gehouden ten gunste van het creëren van vides. Dit uitgangspunt heeft tot gevolg dat een gedeelte van de tussenvloer met stalen trekstangen is opgehangen aan de onderzijde van de dakplaten, terwijl diezelfde tussenvloer iets verder star is bevestigd aan de kolommen die aanwezig zijn in een stramien van  $\pm 9 \times 9$  m (afb. 1). Doorbuiging van de dakplaten van het metrostation door in het veld geplaatste hulpconstructies levert bij de starre verbinding met de kolommen te hoge krachten op in de tussenvloer. Aan de oostzijde van de kapconstructie is de tussenvloer van het metrostation een doorlopende plaat die alleen is verbonden met de kolommen. Op deze locatie treedt daarom voornoemd probleem door zware belasting in het veld van de dakplaten niet op. Aan de oostzijde zijn de in eerste instantie gekozen posities van de hulpconstructies gehandhaafd, waarbij incidenteel aanvullende voorwaarden zijn gesteld aan gelijktijdig optredende overige belastingen door materiaal en materieel.

### Veiligheid reizigers

Tijdens de opbouw van de kapconstructie wordt op dezelfde locatie op en onder het maaiveld ook door andere aannemers gewerkt aan andere bouwdeelen, zoals het metrostation en de ondergrondse fietsenstalling. Tussen al deze bouwwerkzaamheden door is niet alleen veilig reizigersverkeer belangrijk maar ook de bereikbaarheid van het gebied voor hulpdiensten. Om inzicht te krijgen in de hiermee gepaard gaande logistieke problemen zijn werkzaamheden en reizigersstromen inzichtelijk gemaakt in een zogenaamd stripverhaal. Dit stripverhaal bestaat uit het in een reeks tekeningen uitwerken van de diverse bouwfasen in de

omgeving van het Centraal Station. De benodigde ruimte voor materiaal en materieel is hierbij steeds samen met de benodigde ruimte voor reizigersstromen in beeld gebracht en per maand, of vaker indien noodzakelijk, aangepast aan de geplande of actuele situatie (afb. 4).

### Kraan

De puzzel om een logistieke oplossing te vinden voor de benodigde ruimte voor bouwers en reizigers leidt ook tot de beslissing om voor de montage van een aantal grote spantdelen een kraan in de Conradstraat te plaatsen. Vanaf het bouwterrein gezien zou deze kraan geplaatst worden achter de tijdelijke commerciële ruimte van NS Stations en nog net op de noordelijke diepwand van het metrostation. In verband met de hiermee ontstane afstand van deze kraan tot de kapconstructie in combinatie met de afmetingen en het gewicht van de in te hijsen onderdelen, wordt de kraan dermate groot dat een controle op het effect ervan op het onderliggende metrostation noodzakelijk is. Uit een quick scan blijkt het niet acceptabel de belastingen vanuit de kraan op het in gebruik zijnde metrostation te laten aangrijpen. Uit het onderzoek blijkt bovendien dat, wanneer de kraan net aan de noordzijde naast in plaats van op het metrostation wordt geplaatst, de horizontale gronddrukken tegen de noordelijke wand van het metrostation te hoog oplopen. Daarom wordt speciaal voor de hijswerkzaamheden van deze kraan – met een horizontale reikwijdte van 100 m en een hijscapaciteit van 1650 ton – een aparte funderingsplaat op palen ontworpen, direct ten noorden van het metrostation (afb. 5a/b en 6). Tijdens de hijswerkzaamheden is alleen het contragewicht van de kraan een aantal malen op verschillende posities op het dak van het metrostation geplaatst. De maximale belasting door het contragewicht bedroeg hierbij 250 ton, hetgeen een acceptabele krachtswerking en vervorming opleverde.

### Inhijsen en neerdalen

Spannend is de buitendienststelling van de zuidelijke NS-sporen 1, 2 en 3, waarboven in 16 dagen tijd in totaal 600 ton staal gemonteerd moet worden. In continudienst wordt

met man en macht gewerkt. De planning is een urenplanning; er mag niets mis gaan omdat een uitloop niet mogelijk is. Alles is tot in detail doorgenomen en elk denkbaar scenario is getoetst. De spanten liggen voorgebonteerd te wachten tot de sporen spanningsloos worden gesteld. Maar op de tweede en derde dag is het weer zo slecht en de wind zo krachtig, dat er niet gehesen mag worden. Direct volgt een achterstand die gedurende de week ingehaald moet worden. Uiteindelijk lukt dat en is het te monteren deel boven de NS-sporen 1, 2 en 3 één dag eerder klaar dan gepland.

Na voltooiing van het volledige skelet volgt weer een spannend moment: de 3.500 ton wegende massa moet worden ontkoppeld van de tijdelijke ondersteuning. De ondersteuning is zodanig ontworpen dat zij hydraulisch in hoogte verstelbaar zijn. De constructie is op voorspanning gezet en moet in theorie plaatselijk ongeveer 80 mm dalen om op het gewenste niveau te komen. Alle ondersteuning worden voorzien van hydraulische vijzels en op druk gestuurd om te voorkomen dat de lokale krachten per ondersteuning te hoog worden. Langzaam maar zeker bereikt het 'gevaarte' haar eindpunt en staat het skelet voor het eerst op haar definitieve steunpunten. •



6. Funderingswerkzaamheden voor 'Vlek 1'.



### Fietsenstalling

De ondergrondse fietsenstalling is een onderdeel van het nieuwe Centraal Station. De stalling met bijna 5200 plaatsen, waarvan 3800 gratis, staat in directe verbinding met trein- en metrostation. Het ontwerp van architect Maarten Struijs is uitgerust met sensoren die registreren hoe lang een fiets is gestald. Ballast Nedam start de bouw (aanneemsom € 14.943.000) op 12 januari 2012 en levert 18 november 2013 op. Gevraagd is expertise op gebied van ondergronds bouwen. Aan de stalling, gebouwd in een beperkte ruimte tussen metrostation CS en de Weenatunnel, wordt begonnen met ruim 600 heipalen die de dakplaat (5.200 m<sup>2</sup>) ondersteunen, waarna er 25.000 m<sup>3</sup> grond wordt ontgraven. Na het storten van de vloeren wordt het aantal kolommen teruggebracht. Als het casco gereed is, is het de beurt aan de tapis roulants en wordt de luifelconstructie boven maaiveld gemonteerd. De staalconstructie met gepunthouderde beglazing ('spiders') wordt geleverd door Glasdesign in Maasland, dat met oud-medewerkers van BRS Building Systems een speciale divisie voor staal- en glastoepassingen is begonnen. Glasdesign levert ook het staal en glas voor de gevelpartijen van de retailruimtes aan weerszijden van de ondergrondse passage, plus het beloopbare glazen dak (rondom de liftschacht) voor daglichttoetreding (foto: David Rozemeyer).



### Uitvoering

Het project Rotterdam Centraal bestaat uit zes deelprojecten en voor een totaalbeeld biedt het boek *Rotterdam Centraal, Bouwen boven en onder de grond* een overzicht. Uitvoering en schaal van de operatie komen in dit boek volop tot hun recht. Bij elk project speelt wel wat bijzonders, zoals bij de fietsenstalling. Voor de dakplaat moet een groot aantal heipalen de grond in, maar

waar de stationskap boven de stalling uitkraagt, kan er niet worden geheid: de heilstelling past er niet onder. Daarom worden de stalen buizen hier in de grond geschroefd. Waar heien wel mogelijk is, schieten de palen tot ieders verbazing in de bodem alle kanten op. Er blijken tal van obstakels in de grond te zitten. Vroeger lag hier de vooroorlogse dierentuin. Na het bombardement op 14 mei 1940 zijn de singels van de diergaarde met oorlogspuïn gedempt. De brokstukken verhinderen nu het inbrengen van de palen. Het hele terrein met puin wordt afgegraven, nieuw zand wordt teruggestort en de werkzaamheden kunnen weer verder. Wetenswaardigheden als deze maken dit boek de moeite waard, samen met veel uitvoeringsfoto's en aandacht voor bouwmethodiek. De lezer staat met beide benen op het bouwterrein en kijkt mee over de schouders van de bouwers.

B. Maandag (e. a.), *Rotterdam Centraal, Bouwen boven en onder de grond*, nai010uitgevers, Rotterdam 2014, ISBN 978-94-6208-120-8, 24x32 cm, 192 p., € 29,50.







### Dak- en gevelbekleding

Het dak en de gevel van de stationshal zijn bekleed met een 0,5 mm dikke roestvast stalen felsnaadbekleding. Op het spoorse deel ligt  $\pm 11.000 \text{ m}^2$  (dat is aangebracht door Ridder Metalen Dak- en Wandsystemen in Zwaag) en op het stadse deel  $14.000 \text{ m}^2$  (ME Construct en Iemants Staalbouw). De felsbanen van 550 mm breed zijn met klampen gemonteerd op houten delen die in het speciale pir-isolatiepakket zijn opgenomen. Daartussen ligt nog een dampopen folie en een anti-dreunlaag. Dakdekkersbedrijf Admiraal uit Nibbixwoud brengt de dragende onderconstructie van geprofileerde staalplaat (200R750, 1 mm dik) aan van 2010 tot 2013 met een tijdelijke waterkerende folie. De buitenbekleding van de stationshal 'bobbelt', omdat voor een goede waterdichting de relatief dunne platen onderling volledig zijn (door)gelast.

ir. P.P. Schipper

Patrick Schipper is projectmedewerker bij aannemer Mobilis in Capelle aan den IJssel.

# Y-zersterk uitgenut

**De bouw van de transparante perronoverkapping van Rotterdam CS vergt veel voorbereiding. Het verrichte rekenwerk resulteert uiteindelijk in een doelmatig uitgenutte staalconstructie. Veel aandacht gaat uit naar de stabiliteit en vervorming van de glaskap.**

De hoofddragconstructie bestaat uit 48 Y-kolommen en bijbehorende dakliggers. Op zes perrons staan elk acht kolommen met een onderlinge tussenafstand van 32,4 m. Buiten de oostelijke en westelijke kolommen is nog een overstek van 10,8 m gerealiseerd. De totale lengte van de staalconstructie per perron is hiermee 248,4 m. In de noord-zuidrichting is er geen vast stramien. De overspanningslengte van perron naar perron is afhankelijk van het aantal tussenliggende sporen. De overspanningen zijn uitgevoerd met gelamineerde houten liggers. Deze vormen de draagconstructie voor het dak met glaspanelen.

### Stabiliteit

In de lengterichting (o-w) van de overkapping wordt de stabiliteit verkregen door het toepassen van stabiliteitsbokken in de zuidelijke gevel, windverbanden in de noordelijke gevel en zes stuks langsspanten (combinatie dakligger en Y-kolommen) op de perrons. De spreiding van de kolom aan de bovenzijde zorgt voor een zeer moment- en vormvaste verbinding tussen kolom en ligger. De staalconstructies op de perrons zijn aan de oost- en westzijde onderling verbonden door een windverband in het dakvlak. Deze verbanden nemen ook de trek- en drukkrachten op die afkomstig zijn uit de kipsteunen van de houten liggers. In de dwarsrichting wordt de stabiliteit verkregen door de hoekspanten van de Noordgevel, de inklemming van alle Y-kolommen op de perrons en de krachtsafdracht naar de vakwerkspanten aan de zuidzijde. Overige verbindingen met aangrenzende (staal)constructies zijn met glijopleggingen uitgevoerd.

### Berekeningsmethode

In de rekensom van gedelegeerd ingenieurs-

bureau SBE is de constructie van de Sporenkap gecontroleerd via een NEN-profielcontrole met de staafkrachten uit een 3D-stavenmodel. Daarnaast zijn met een 3D-platenmodel spanningscontroles en plooicontroles uitgevoerd voor de plaatvormige en plooi gevoelige constructieonderdelen. Het platenmodel is geïntegreerd in het 3D-stavenmodel om de juiste krachtsinleiding te verkrijgen. De staaf- en 3D-plaatmodellen zijn niet-lineair doorgerekend met effecten van 'enkel-trek-staven' en 2e-orde berekening zonder het invoeren van geometrische imperfecties (scheefstand of vooruitbuiging). Deze geometrische imperfecties worden in rekening gebracht in de bepaling van de kniklengtes en zijn verwerkt in de staalcontrole volgens NEN 6770/6771.

### Kolommen

De stalen Y-kolommen zijn opgebouwd uit gelaste kokerprofielen met een verlopende doorsnede. De reguliere kolommen van het type 1 en 3 dragen de krachten via een voetplaat af op een poer met vier schoorgeplaatste funderingspalen. De voetplaat is vervaardigd uit een staalplaat van 600x1850 mm met een dikte van 100 mm. De kolommen worden verankerd met 8 stuks M80 ankers ( $F_{t, \text{anker}} = 2316 \text{ kN}$ ). In de rekenmodellen is de verbinding in de oost-westrichting als rotatieveer opgenomen en in de noord-zuidrichting als volledige inklemming. De hoekverdraaiing bij maximale windbelasting uit het westen (parallel met de dakbalk) bedraagt op de eerste kolom 7 mrad of 0,4 graden. De bijbehorende horizontale verplaatsing is het grootste op 6 m hoogte en bedraagt  $\pm 50 \text{ mm}$ . Omdat in dit gebied de spanningen hoog oplopen zijn er verstijvingsplaten opgenomen. Vanwege de verlopende vorm van de kolomdoorsnede en

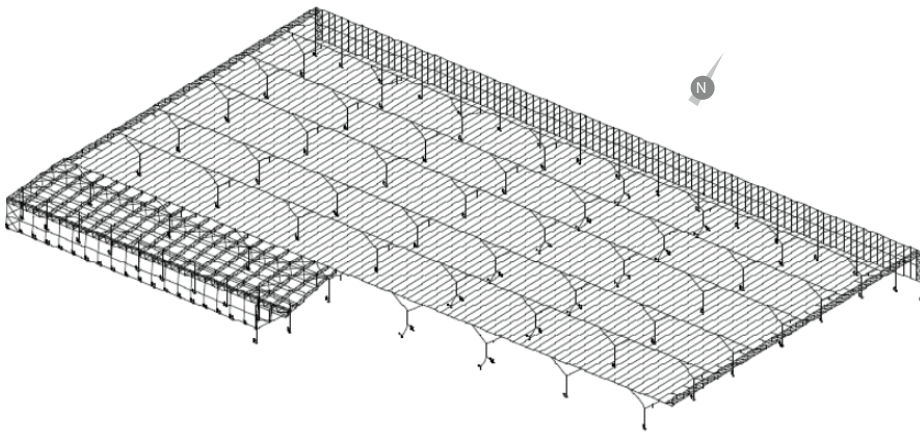
de hoeveelheid lasverbindingen zijn de meerdimensionaal optredende spanningen getoetst met het criterium van Von Mises. Normaal- en schuifspanningen in drie richtingen zijn omgerekend naar een vergelijkbare eendimensionale spanning:  $\sigma_e$ . De op pagina 50 weergegeven (grijze) passage uit de berekening geeft een indruk van de optredende krachten en spanningen bij een negatieve normaalkracht met knikcontrole.

### Dakligger

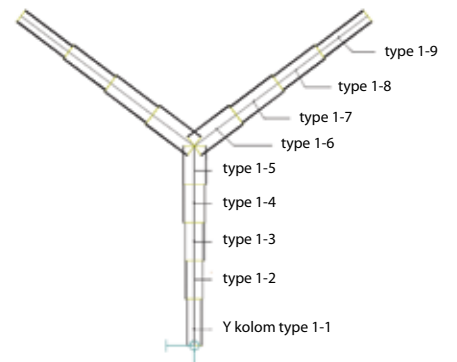
De dakligger tussen twee kolommen overspant 21,6 m. Met een hoogte van 1420 mm en een effectieve doorsnede van 67.700 mm<sup>2</sup> vormen de liggers een essentieel onderdeel van de hoofddragconstructie. Doordat de staalligger doorgaand is uitgevoerd, is de uitzetting in lengterichting bij  $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  maar liefst 110 mm. Dit is een reden om de Y-kolommen in oost-westrichting in mindere mate in te klemmen.

### Hout-staalverbinding

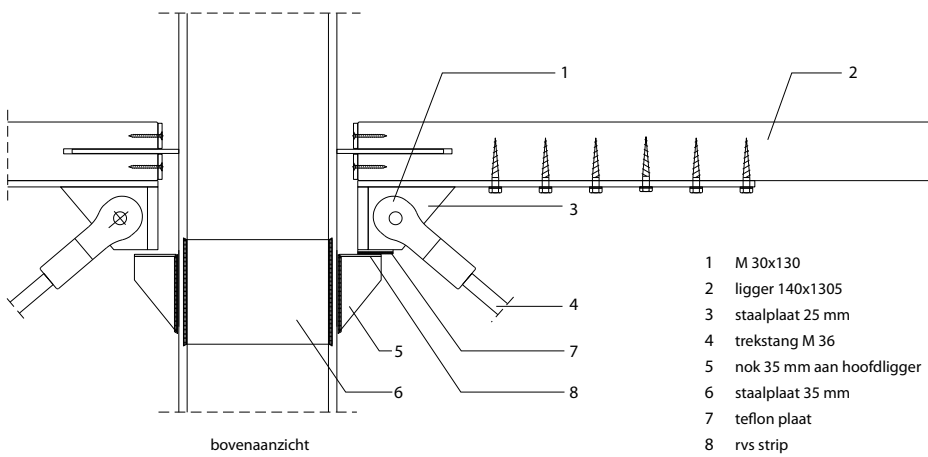
Aan de dakligger is iedere 2,7 m aan weerszijde een schetsplaat gelast. Deze platen steken in een inkeping in de kopse zijde van de gelamineerde liggers. Het resultaat is een zoveel mogelijk 'blinde' bevestiging tussen staal en hout. De bouten en moeren vallen om diezelfde reden in verdiepte zogeheten potgaten. Om de uitzetting van het hout te kunnen blijven garanderen zijn de bovenste gaten in de schetsplaten als verticale sleufgaten uitgevoerd. Tevens zijn er bij meerdere dakliggers horizontale sleufgaten toegepast om de maatafwijkingen tijdens de uitvoering op te kunnen vangen. Bij de schetsplaat worden normaal- en dwarskrachten uit de houten liggers in de staalconstructie geleid met zes M20 8.8-bouten. Omdat de dwarskracht in de liggers door het eigen gewicht van het glas en hout relatief groot is, is aan de onderzijde van de schetsplaat een oplegplaat voorzien. Krachten door opwaartse windstuwung kunnen ook niet in alle gevallen door de bouten



Schematisering Sporenkap.



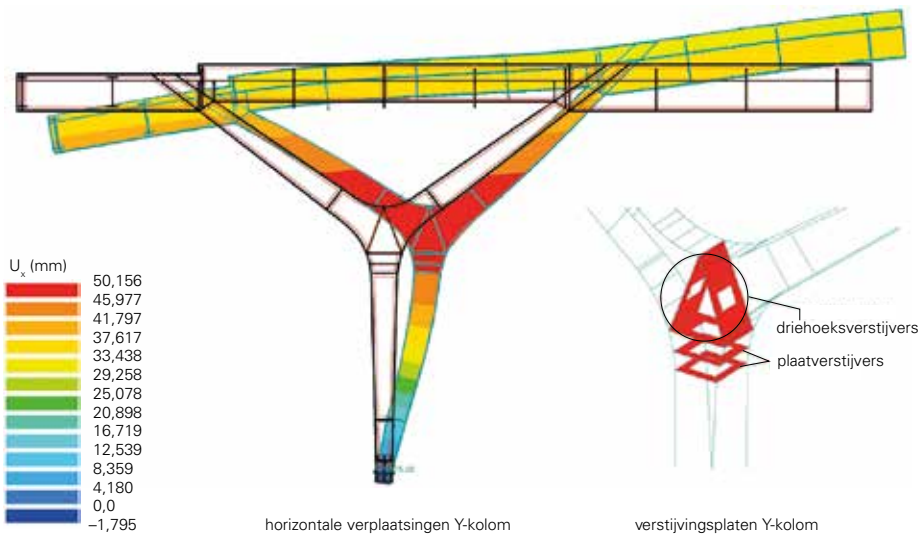
Schematisering kolom ESA-Prima.



Detail van de aansluiting van twee houten dakliggers met stabiliteitsverband.

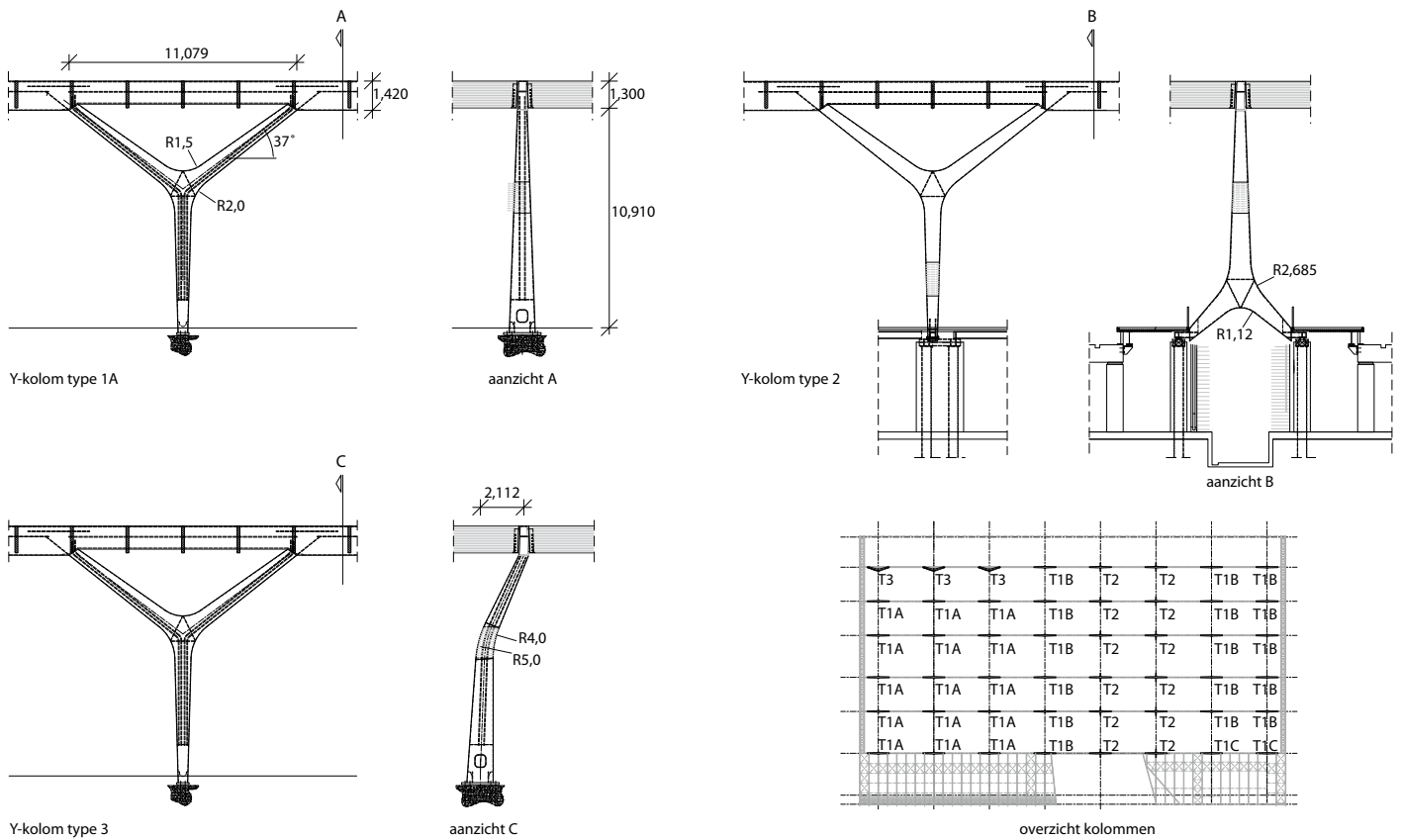


Sneeuwval 'belast' de constructie voor het eerst.



0,4° Hoekverdraaiing bij maximale windbelasting.





Overzicht van de drie kolomtypen en de opstelling.

#### Enkele (dominante) waarden voor krachten en spanningen in de kolommen

$N_d = 2429 \text{ kN}$	(druk)	$\rightarrow$	$\sigma_{ny} = N_d / A_\phi$	of	$\sigma_{ny} = 144,425 \text{ N/mm}^2$	
$V_y = 331 \text{ kN}$	en	$A_{wy} = A_{vy,K}$	$\rightarrow$	$\tau_y = 9V_y / 8A_{wy}$	of	$\tau_y = 10,546 \text{ N/mm}^2$
$V_z = 125 \text{ kN}$	en	$A_w = A_{vz,K}$	$\rightarrow$	$\tau = 9V_z / 8A_w$	of	$\tau = 5,716 \text{ N/mm}^2$
$M_y = 223 \text{ kNm}$	en	$W_y = W_{ely,K}$	$\rightarrow$	$\sigma_m = M_y / W_y$	of	$\sigma_m = 20,334 \text{ N/mm}^2$
$M_z = 4056 \text{ kNm}$	en	$W_z = W_{elz,K}$	$\rightarrow$	$\sigma_{mz} = M_z / W_z$	of	$\sigma_{mz} = 184,255 \text{ N/mm}^2$
$M_t = 48 \text{ kNm}$	en	$W_t = W_{\tau,K}$	$\rightarrow$	$\tau_t = M_t / W_t$	of	$\tau_t = 2,625 \text{ N/mm}^2$
$\sigma_e = \sqrt{(\sigma_n + \sigma_m + \sigma_{mz})^2 + 3(\tau + \tau_y + \tau_t)^2}$			of	$\sigma_e = 350,543 \text{ N/mm}^2 \leq f_{yd} = 355 \text{ N/mm}^2$		

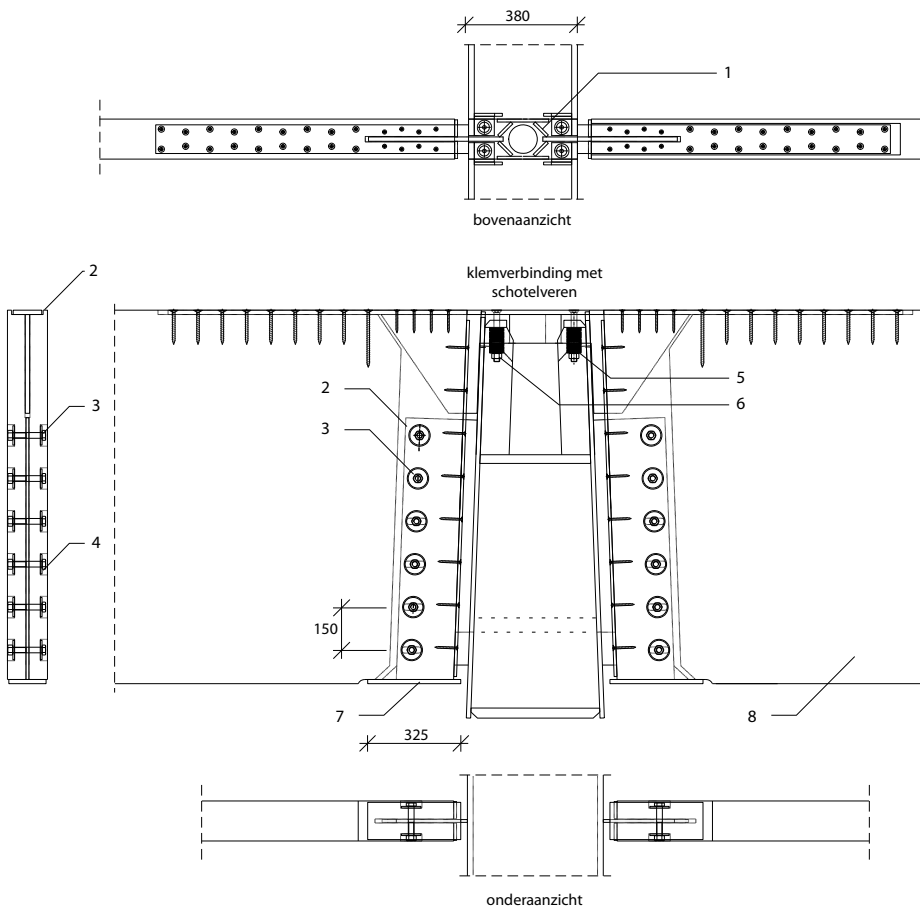
alleen opgenomen worden. Vooral aan de westzijde van de Sporenkap resulteert dat in extra T-stalen op de bovenzijde van de houten liggers. Een inklemming aan zowel de boven- als de onderzijde van de gelamineerde liggers betekent echter een ongewenste beperking ten aanzien van de uitzetting van het vurenhout. Door een verenpakket aan de bovenzijde is zowel krachtsafdracht als materiaaluitzetting mogelijk. Het pakket van 24 gestapelde schotelverringingen ken-

merkt zich door een nagenoeg lineaire indrukking van 1 mm per 10 kN, met een maximum van 5 mm.

#### Kipsteunen

De gelamineerde liggers zijn vanwege de slankheid (140x1305 mm) zijdelings gesteund door kipsteunen. De aan de boven- en onderzijde aangebrachte ronde kokers zijn uitgevoerd als trek-/drukstaaf. Om de diameters overal gelijk te houden is er gevarieerd in

wanddikte, afhankelijk van de maximale krachten. Doordat de houten liggers ieder zijdelings belast zullen worden door wind, treden er in de in elkaars verlengde liggende kokers steeds hogere normaalkrachten op. Deze krachten worden in de lengte van de Sporenkap op vier plaatsen afgedragen aan de staalconstructie. Dit gebeurt aan de oost- of westzijde in de stalen windverbanden of in één van beide windverbanden met trekankers tussen de houten liggers. •



- 1 koppel- en klem schoen
  - 2 slisplaat strip 250x10
  - 3 bovenste 2 bouten in ruime gaten  $\varnothing 50$
  - 4 onderste 4 bouten in horizontale sleufgaten  $\varnothing 22 \times 50$
  - 5 schotelveren
  - 6 2x 2M20
  - 7 oplegplaat strip 325x130x15 gelast aan slisplaat
  - 8 ligger 140x1305 GL24h
- } 6 stuks verdiepte bouten M 20x120 + volgving  $\varnothing 72 \times 6$

Hout-staalverbinding Sporenkap.



Windverbanden met trekankers.



# ROTTERDAM CENTRAAL (8): UITVOERING SPORENKAP

**ing. T. van Zwet**

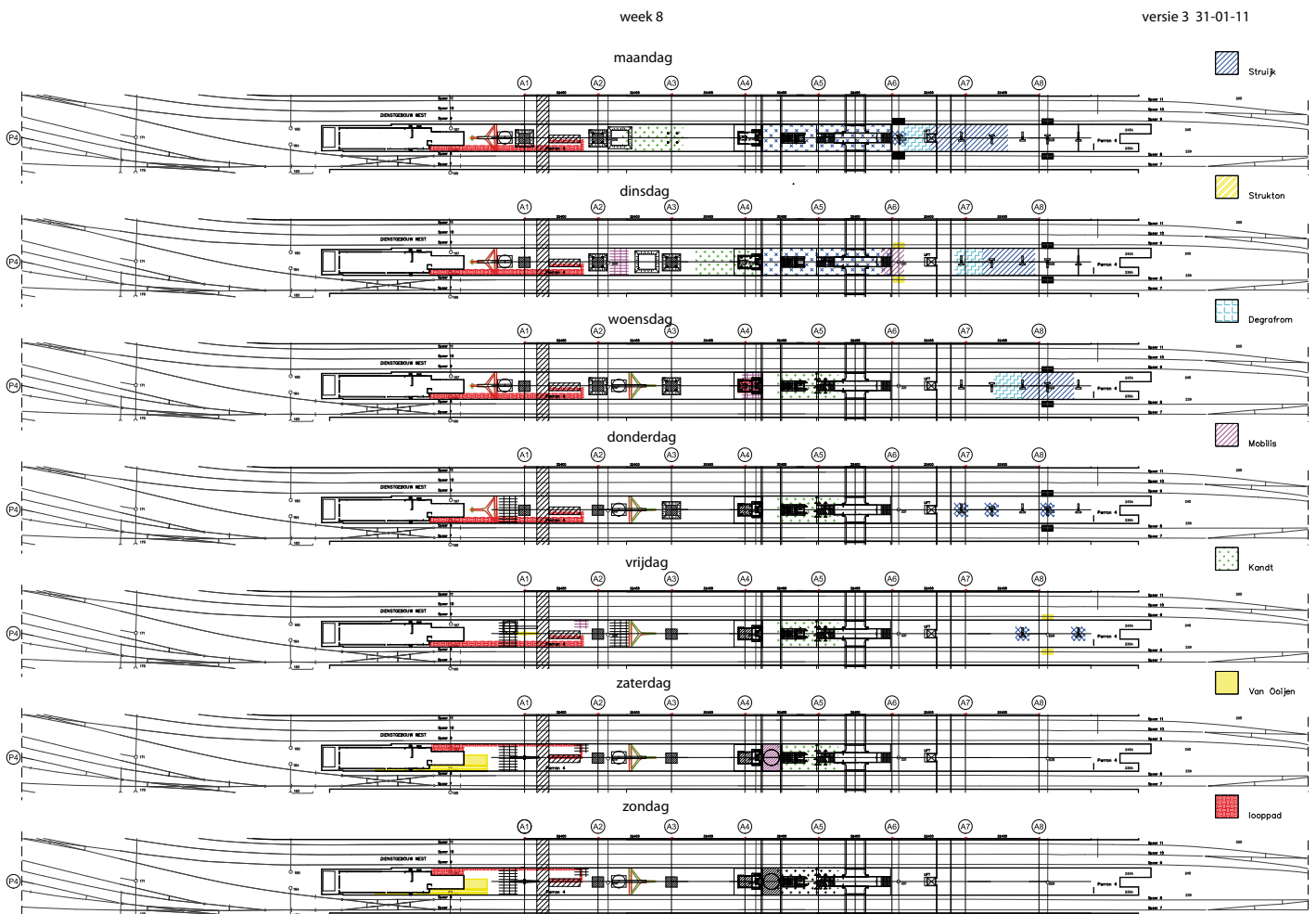
Tom van Zwet is civiel ingenieur en als zelfstandige werkzaam bij Mobilis, tijdens de realisatie van Rotterdam Centraal was hij verantwoordelijk voor de perronfase.



*Uitvoering perrons door Voormolen, midden jaren '50.*



*Verplaatsen kraan met ballast, september 2011.*



*De planning van de Sporenkap is eveneens volledig uitgewerkt op tekening.*

# Buiten dienst en binnen tijd

**De bouw van de perronoverkapping gebeurt volgens strikte planning op een krappe en drukbevolkte werkvloer. Aan- en afvoer vindt plaats via spoor, maar een lading vergeten is desastreus. De systematiek bestaat uit twee fasen. Na de hectiek van de perronfase volgt de bakfase.**

De perronoverkappingen van Sybold van Ravensteyn waren degelijk geconstrueerd. Ruim vijftig jaar hielden ze het uit. Aannemer Voormolen leverde het werk op in 1957. Een bedrijf met wortels in dit familiebedrijf zou de oude overkapping vervangen: Mobilis. De uitvoering van de volledige perronoverkapping neemt krap drieëneenhalf jaar tijd in beslag. Onder voorwaarde dat alleen gewerkt mag worden tijdens buitendienststellingen.

## Twee fasen

Dat impliceert een uitgeknipte planning. De perronoverkapping wordt daartoe opgeknipt in twee fasen: een perronfase (van 7 tot 8 weken) en een bakfase, van 12 tot 13 weken. De perronfase betekent: de oude kap slopen, poeren aanbrengen voor de nieuwe kap, het plaatsen van de kenmerkende Y-kolommen en dakliggers, en het totale perron voorzien van nieuwe keerwanden en bestrating. De bakfase bestaat uit het verwijderen van de sporen en de oude passage, het storten van de nieuwe Passage en het voorgespannen sporendek, het aanbrengen van de gelamineerde liggers tussen de Y-kolommen en het monteren van het glazen dak.

## Logistiek

De grootste opgave is logistiek van aard: hoe te werken in een krappe ruimte met minimale aanvoerlijnen? En in een tijdbestek waarvan elke minuut onwrikbaar vastligt. Alles luistert dus nauw. In de perronfase verloopt alle aan- en afvoer over het spoor, met slechts één transport per nacht. Een lading vergeten is desastreus. Minimaal zes dagen per week wordt in twee-ploegendiensten gewerkt. Een oponthoud door onvoorziene

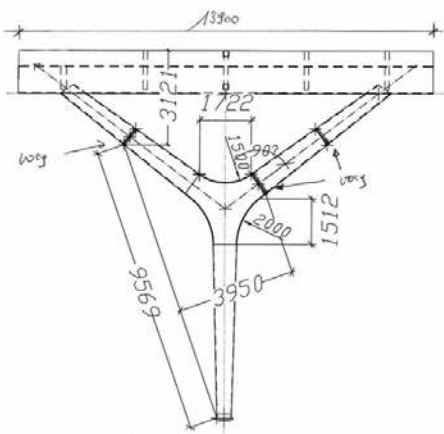
omstandigheden betekent doorwerken, desnoods een hele nacht. Vertragingen zijn namelijk niet in het scenario opgenomen. Een andere keuze is er niet; daarvoor zitten de opeenvolgende werkzaamheden te dicht op elkaar. En daarvoor is ook de ruimte te beperkt. De breedte van het werkterrein op het perron beslaat 12 m. Daar materiaal opslaan is niet mogelijk. Een goede grafische afbeelding komt dat goed van pas, zo blijkt. Die brengt de dagelijkse 'trein' aan werkzaamheden goed in beeld. In één blik is duidelijk wie er die dag wat, waar en wanneer gaat doen (zie *afbeelding* op p. 52).

## Transport

Een goede afstemming van de werkzaamheden is essentieel voor het welslagen van het project. Daarom zijn al in de dialoof fase gesprekken gevoerd met de onderaannemers voor de staalconstructie, gelamineerde liggers, glazen overkapping en loodgieterswerk. Voor het staalwerk is bindend ingeschreven met CSM. Vooraf goed nadenken over de aanpak blijkt ook hier de remedie tegen teleurstellingen achteraf. De aandacht gaat vooral uit naar vervoer en planning. Zo moeten de stalen onderdelen (over het spoor) passen in het profiel van de beschikbare vrije ruimte, waarmee de maximale afmeting vastligt. Met een stalen bok lukt het om de Y-kolom in drie delen te transporteren. Als de afmetingen en gewichten eenmaal bekend zijn, kan ook worden bepaald aan welke eisen de kraan moet voldoen. Vaststaat dat de bovenleidingportalen een obstakel vormen. Het is daarom onvermijdelijk de kraan vaak op- en af te moeten bouwen. Een spoorse kraan lijkt logisch, maar valt toch af. Een totaalgewicht van 25 ton is teveel voor een kraan, als ook het nevenspoor in dienst moet blijven. De keuze valt daarom op een LTR 1100-telescoop rupskraan. Deze biedt de flexibiliteit van een telekraan en de mobiliteit van een rupskraan. De kraan wordt verplaatst met een platte wagon (Salmmpns), die Defensie gebruikt voor het vervoer van zware gepantserde voertuigen.

## Kolommen

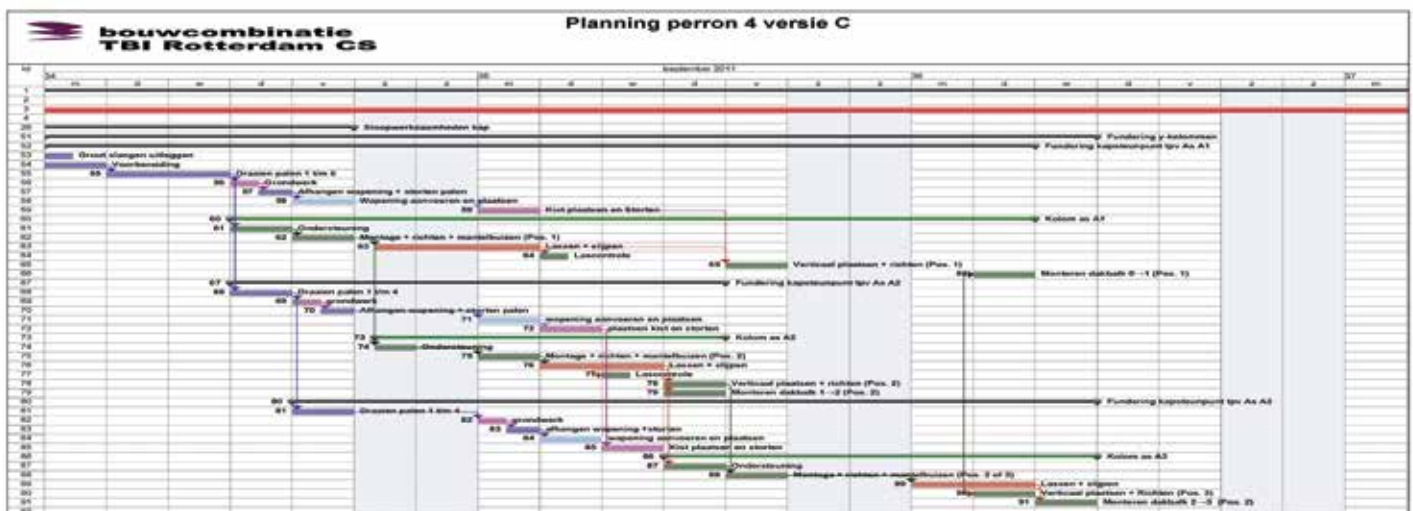
De werkzaamheden zijn zo gepland dat de verschillende onderaannemers van west naar oost over het perron bewegen. Van west naar oost schuiven zij steeds een stukje op. Zo kan binnen vijf dagen na het slopen van de kap een poer worden aangelegd, inclusief schroefinjectiepalen (Leka). Drie dagen later staat de iconische Y-kolom er al op. De spagaatkolommen boven de reizigersopgangen zijn minder eenvoudig. De twee kolommen kunnen pas na de plaatsing aan elkaar worden gelast. Er zijn twee hulptorens nodig om de kolom boven de spagaat te hangen. Daar komt nog bij dat de spagaat in de definitieve situatie op twee betonnen kolommen staat. Maar hoe te vermijden dat de kolom gaat 'dansen' op vier funderingspalen, als het beton in verband met de fasering pas twintig weken later kan worden gestort? De funderingspalen zijn dan nog niet voldoende stijf. De oplossing wordt gevonden in een hulpconstructie die gebruik maakt van twee palen, die anders alleen voor de vloer van de Passage zouden werken. Het aflassen van de dakliggers, die tussen de Y-kolommen liggen, gebeurt nadat de helft van de constructie is geplaatst. Door vanuit het midden te werken kan het uitzetten van de dakbalk worden gecontroleerd. Na zeven weken is de fundering voor de volgende fase gelegd. In deze fase is de aansturing van de onderaannemers een speciale opgave volgens de uitvoerder bij Mobilis. Desgevraagd verklaart hij: 'Doordat de staalbouwer meestal in de hoogte werkt, waren de perrons bezaaid met hoogwerkers en daarnaast nog met trappen, ondersteuningstorens, hijsbalken en andere hulpwerken. Er bleef daardoor weinig ruimte over voor de mensen die op de grond werkten; de timmermannen, stratenmakers, loodgieters en heiers. Het gestructureerd en veilig laten verlopen van alle werkzaamheden had een hoge prioriteit. Dat stond ook centraal in de dagelijks vergadering met de voormannen. Om te voorkomen dat er boven elkaar gewerkt zou worden, zijn alle werkzaamheden nauwkeurig ingetekend.'



- ① de kolom wordt verticaal op wagon geladen. CSB wordt op leg beladen.  
de kolom wordt horizontaal op vrachtwagen vangeland
- ② de ligger wordt horizontaal op vrachtwagen vangeland.  
kan bij Birkoul worden magewasagd of moedte van ca 32 horizontaal  
verward kan worden? Zouid wordt slib och verticaal op stuur beladen.

CSM nv  
 Boudewijnweg 103 - B-4630 HAMONT-ACHEL  
 Tel: (+32) 011 550 600 - Fax: (+32) 011 550 601  
 e-mail: info@csm.be - www.csm.be  
 BTW BE0416.505.231 - Registraie 10.23.13 - RPR Hasselt

De kolommen zijn in drieën opgedeeld.



Fragment van de planning voor de perronfase.

Soms week daarom een deel van de werkzaamheden uit naar de avonden. Dat versterkte overigens wel de teamspirit.

**Bakfase**

Na de hectiek van een perronfase volgt een minstens zo vol geplande bakfase. Bij het werken aan het nieuwe dak en nieuwe onderdoorgang wordt duidelijk dat in de vorige fase goed werk is afgeleverd. Alles past precies. Voor de gelamineerde houten dakliggers, tussen de kolommen op de perrons, is de tolerantie slechts 30 mm. De 24 m lange liggers worden aangevoerd met een wagon in combinatie met een schutwagon. De capaciteit per combinatie is vier liggers. Vanwege het bereik van de kraan worden er acht liggers geplaatst, waarna het glazen dak

dan tot de laatste ligger wordt aangelegd. Een mobiele bouwkraan had het werk overigens een stuk vergemakkelijkt, maar kon helaas niet via het spoor worden aangevoerd. Tijdens de perronfase is het verplaatsen van de kraan niet altijd even gemakkelijk en het op- en afbouwen kost veel tijd. De beslissing om de kraan haaks op de wagon met ballast te verplaatsen, heeft tot gevolg dat de rupsen in het nevenspoor en over het perron heen reiken. Om de kraan te laten passeren, moeten daardoor verschillende constructies op het perron worden aangepast. Ook moet het nevenspoor tijdelijk buitendienst worden gesteld. De Y-kolommen zijn met acht M80-ankers aan de betonnen poer verbonden. In de voorbereidende gesprekken blijkt al snel dat de tolerantie op de buitenste ankers +/- 1 mm

is. Een afwijking houdt in dat de buitendienststelling zal uitlopen. Door de ankerlagen van de voet van de Y-kolom te vergroten en deze na het stellen te vullen met Hilti Hit 500 voldoet deze constructief en is het risico naar een acceptabel niveau teruggebracht.

**Peulenschil**

Dirk Broeckx, uitvoerder van CSM, is eveneens onder de indruk van de gedetailleerde planning: 'Zes weken van te voren wist ik precies op welke dag en waar ik werkzaamheden zou hebben. In de eerste fase moest iedereen nog aan die strikte planning wennen, maar het had wel resultaat. Als iedereen zich inspant om volgens planning te werken, wordt een complex werk als dit bijna een peulenschil.'





*De 'loc' voor het transport.*



*Een LTR1100 rijdt de wagon af.*



*Montage van een houten ligger.*



*Hulptorens om 'dansen' te voorkomen.*



*Lasnaad tussen onder- en bovenstuk.*



*Invulling glaskap.*



*De kolomonderdelen worden horizontaal aangevoerd en vervolgens overeind geheesen.*



*Plaatsing bovendee van een spagaatkolom.*





## Alle windverbanden met een handomdraai op spanning

**Voordeel staalbouwer:** snellere montage en geen faalkosten of namontage.

**Voordeel constructeur:** eenvoudige detaillering en zekerheid van direct schorende werking.



Vlieter 7, 8321 WJ Urk • Tel.: +31 (0) 527 699 976 • E-mail: info@wyli.nl

[WWW.WYLI.NL](http://WWW.WYLI.NL)



## Oppervlaktekunnners

Zoekt u een oplossing voor welke klus dan ook: Coatinc heeft er alles voor in huis. Of het nu gaat om verpakking en logistiek, royale opslagcapaciteit, professionele advisering, poeder- en natlakken, of om een van onze tien technieken voor oppervlaktebehandeling (die we deels op locatie kunnen aanbrengen). Wij zorgen voor een complete service. Komt u eens langs en beleef het zelf!

The Coatinc Company - laat uw wensen in perfectie uitkomen



web | [www.peddinghaus.com](http://www.peddinghaus.com)  
email | [info@peddinghaus-pfp.de](mailto:info@peddinghaus-pfp.de)  
tel | +31 681 566 900

# DELTABEAM PORTAAL

Slanke brandwerende hoofdconstructies in staal-beton



- » Lichtgewicht hoedligger, in het werk volstorten met beton
- » Brandwerendheid Deltabeam mogelijk tot 180 minuten
- » Geen brandwerende bekleding nodig
- » Toepasbaar met alle type betonvloeren
- » Deltabeam is ook uitstekend te combineren met betonkolommen
- » Zeer geschikt voor hoge belastingen en grote overspanningen
- » Slank en strak ontwerp te realiseren
- » Snelle en eenvoudige montage
- » Uiterst flexibel in vormgeving en detaillering
- » Inclusief engineering
- » Voor ontwerpmogelijkheden, neem contact op met Peikko Benelux
- » Vele referentieprojecten

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

Peikko Benelux B.V.  
Leemansweg 51, 6827 BX Arnhem  
telefoon +31 (0)26 - 384 38 66  
info@peikko.nl

Peikko Group - Concrete Connections since 1965

## Staalplaat-betonvloeren Onderdeel van uitdagingen



ASB-ligger



ComFlor 46



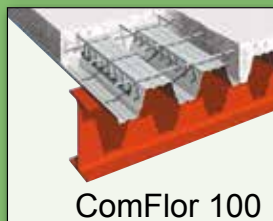
ComFlor 51



ComFlor 75



ComFlor 95



ComFlor 100



ComFlor 210



ComFlor 225

Ontwerpprogramma op onze website  
[www.dutchengineering.nl](http://www.dutchengineering.nl)



**FeNB2 Staalframebouw: de overtreffende trap  
in lichtgewicht vloeren, nieuwbouw én renovatie  
met de geupgrade Renovatievloer 2.0**



In verband met de groei in werkzaamheden zijn wij op zoek naar een enthousiaste en kundige

## Constructeur bouwconstructies (m/v)

- met minimaal drie jaar ervaring in het berekenen van bouwconstructies voor utiliteitsbouw en woningbouw.
- beheersing van de Eurocode is de basis, evenals Windows kantoorsoftware en Technosoft.
- kennis en ervaring van 3D-rekenprogrammatuur is een pré, evenals kennis van Revit tekensoftware.

Een vast contract behoort tot de mogelijkheden, door-groeimogelijkheden zijn er volop. Reijneveld Engineering heeft veel ervaring in huis dus ook intern valt er veel te leren, maar ook het volgen van opleidingen wordt gestimuleerd. Kwaliteit van het advies en klantvriendelijkheid staan hoog in het vaandel.

Sollicitaties met uw curriculum vitae kunnen per e-mail worden verstuurd naar [avr@reijneveld.nl](mailto:avr@reijneveld.nl), ter attentie van **André Verschoor**. Voor meer informatie kunt u met hem bellen op **06-24467920** (bij voorkeur buiten kantooruren).

*Acquisitie naar aanleiding van deze advertentie wordt niet op prijs gesteld.*



“Op  
Heuvelman  
kan ik  
bouwen”

Balkstaal, stafstaal, platen en buizen



**HEUVELMAN**

**Staat voor staal**

+31 (0)318 - 509 300 / [www.heuvelman.com](http://www.heuvelman.com)

# MASTER IN STRUCTURAL ENGINEERING

ALLROUND IN BETON-, STAAL-, HOUT- EN STEENCONSTRUCTIES  
BEHEERSING ONTWERPPROCES MET VOORTSCHRIDDEND INZICHT

- > Driejarige NVAO-geaccrediteerde MEng-opleiding tot Master in Structural Engineering
- > Voor hbo'ers Bouwkunde en Civiele Techniek met een bachelordiploma in de afstudeerrichting Constructie
- > Praktijkgerichte cases
- > Samenhangende eerste twee jaar worden gehonoreerd met een Post Graduate Diplom (PGDip)
- > College éénmaal per twee weken van 14.00 - 21.00 uur
- > De opleiding start eind september 2014

Meer informatie via [hva.nl/structuralengineering](http://hva.nl/structuralengineering) of  
neem contact op met ir. M.(Michiel) Horikx, [m.p.horikx@hva.nl](mailto:m.p.horikx@hva.nl)  
of ir. H.(Herman) Hensen, [h.hensen@hva.nl](mailto:h.hensen@hva.nl).

CREATING TOMORROW



HVA TECHNIEK

# OFFSHORE GRADES in stock 15 - 100 mm

- S355G10 +M acc. EN 10225 (NORSOK)
- S355G10 +N acc. EN 10225 <=200mm (NORSOK)
- API 2W-50
- S460G2 +M acc. EN 10225 (NORSOK)
- S420G2 +M acc. EN 10225

## Competitive competence in steel plates and flame cutting

Over 35.000 tonnes of  
quality plates in stock



### Flame cutting

- reliable highly experienced partner for heavy parts / high thicknesses
- thickness 6-300 mm: 5 oxy-fuel cutting machines; 2 plasma cutting machines
- authorised by DNV, LRS, TUV for transfer of markings (restamping)
- 150 x 6 meter cutting tables
- automatic two-sides deburring line
- bevelling robot, shotblasting / painting, additional tooling

### Steel plates

- over 35.000 tonnes in stock: 22.000 m<sup>2</sup> roofed surface
- offshore grades S355G10+M, S355G10+N, S460G2+M, S420G2+M acc. EN 10225
- high strength fine grained plates Dillimax 690 – 1100
- fine grained construction plates in S355NL acc. to EN 10025-3
- shipbuilding grades Gr.A LRS, DH36 LRS, EH36 LRS, NV D36, NV E36
- structural grades in S235JR, S355J2+N en S355K2+N acc. 10025-2
- pressure vessel grades: P265GH/P295GH/P355GH acc. EN 10028-2 P355NH/NL2, P460NH/NL2 acc. EN 10028-3; acc. ASME SA516 Gr. 60/Gr. 70
- exclusive worldwide HIC-resistant DICREST stockholder
- wear resistant plates Dillidur 400V/450V/500V, Dillidur Impact

### AncoferWaldram Steelplates bv:

Expertise, skills and true competence in heavy steel plate processing.

### Contact:

Joost van Dijk, e-mail: [joost.van.dijk@aws.dillinger.biz](mailto:joost.van.dijk@aws.dillinger.biz)



Structural strength in heavy steel plates



DILLINGER HÜTTE

AncoferWaldram Steelplates bv is a subsidiary of the Dillinger Hütte Group



**BRUGGEN  
SLUIZEN  
KRANENBOUW**

**OFFSHORE CONSTRUCTIES  
NOODBRUGGEN  
MACHINALE BEWERKINGEN**

**BSB**  
BSB Staalbouw



Postbus 4, 9250 AA Bergum | Solcamstraat 22, 9262 ND Suameer | Telefoon: +31 (0)511 462525 | E-mail: [bsb@bsbstaalbouw.nl](mailto:bsb@bsbstaalbouw.nl) | [www.bsbstaalbouw.nl](http://www.bsbstaalbouw.nl)



**FRIJNS  
INDUSTRIAL  
GROUP**

**WE CONSTRUCT YOUR STEEL**

De **FRIJNS INDUSTRIAL GROUP** is met meer dan 80 jaar ervaring een internationale staalbouwer en specialist op het gebied van *engineering, productie, conservering, montage, onderhoud, dak- en wandbeplating en project management* van staalconstructies en turn-key projecten voor de industrie.

Heeft u interesse in een vrijblijvende afspraak? Bel ons voor informatie of kijk op [www.frijnsindustrialgroup.com](http://www.frijnsindustrialgroup.com)

**FRIJNS INDUSTRIAL GROUP**

De Valkenberg 14  
6300 AD Valkenburg aan de Geul

**T** + 31(0) 43 601 0101

**F** + 31(0) 43 601 0102

**E** [info@frijnsindustrialgroup.com](mailto:info@frijnsindustrialgroup.com)

**W** [www.frijnsindustrialgroup.com](http://www.frijnsindustrialgroup.com)

**Vakspecialisten met een hart voor staal.**





Dejo ontwerpt en produceert custom made roosters voor speciale projecten en bedenkt totaaloplossingen voor elke branche.

meer ideeën  
meer mogelijkheden  
meer uitstraling

meer met roosters

Ambachtstraat 3 Wolvega | 0561 691 691 | info@dejo.nl

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

## Bouwen op expertise



Architect: Rudy Uytenhaak, auteur impressie: Cid/Cees van Giessen

Rijksuniversiteit Groningen



Ontwerpen, berekeningen, calculaties, overzicht- en productietekeningen, hoe complex ook, wij zorgen van visie tot uitvoering voor dé volkomen staalconstructie! Vertrouw op onze ervaring en bel ons: **+31 (0)26 3620352**

**EVR Anssems**  
staalconstructeurs  
[www.evr-anssems.nl](http://www.evr-anssems.nl)

08114 240  
**BOUWEN MET**  
vakblad over staal en staalconstructies  
**STAAL**

### ADVERTEERDERSINDEX

AncoferWaldram Steelplates	61	EVR Anssems Staalconstructeurs	63	Peddinghaus Anlagen & Maschinen	57
Andus Group	Cover 4	FeNB2 Staalframebouw Productie	57	Peikko Benelux	58
Bouwen met Staal	6 en 31	Frijns Industrial Group	62	Reijneveld Engineering	60
BSB Staalbouw	62	Wyli	57	ROTO	Cover 2
Construsoft	1	Heuvelman Staalhandel	60	The Coatinc Company	57
ConstruSteel	1	Hogeschool van Amsterdam	60	Willem's Anker	8
Dejo Metaalindustrie	63	International Paint Nederland	31	Zandleven Coatings	30
Dutch Engineering	58	Mobilis	Cover 3		

**Vraag & Antwoord staat onder verantwoording van:** ir. G.E. van Beek – Telford • dr.ir. A.F. Hamerlinck – Bouwen met Staal en Adviesbureau Hamerlinck • ing. J.T. van de Kerkhof – RijnDijk Construction • ir. P. Lagendijk – Aronsohn Constructies raadgevende ingenieurs • ing. M.B.J. van Odenhoven – Staalbouwkundig Adviesbureau van Odenhoven • ir. B. Potjes – Bouwen met Staal • dr.ir. N.P.M. Scholten – Stichting Expertisecentrum Regelgeving Bouw • ir. H.M.G.M. Steenberghe – TNO Bouw en Ondergrond • prof.ir. S.N.M. Wijte – Adviesbureau ir. J.G. Hageman en TU Eindhoven • ir. A. de Witte – Ingenieursburo Bartels.

**332 – Reductie brandwerendheidseis Bij de bouw van een kantoorgebouw kon de brandwerendheidseis voor de bouwconstructie, die oorspronkelijk 90 minuten bedroeg, dankzij een sprinklerinstallatie worden gereduceerd tot 30 minuten. De voorwaarde was echter dat de sprinklerinstallatie moest zijn gecertificeerd bij CIBV (Certificatie Instelling voor Beveiliging en Veiligheid). Is het terecht dat de brandwerendheidseis mag worden gereduceerd en is dat vastgelegd in het Bouwbesluit of anderszins?**

Het toepassen van sprinklers is een uiterst effectieve maatregel om de brandveiligheid te verhogen, met name in gebouwen met relatief veel brandbare materialen, zoals kantoren. De sprinklerinstallatie zorgt er voor dat de omvang van de brand beperkt blijft. De kans dat er (met enige vertraging) toch een volledig ontwikkelde brand ontstaat, is dankzij technische ontwikkelingen in sprinklerinstallaties zeer klein. Op basis van bijvoorbeeld een risicoanalyse moet worden vastgesteld of en in hoeverre reducties op prestatie-eisen van het Bouwbesluit 2012 verantwoord zijn. Zo moet bijvoorbeeld worden nagegaan wat de gevolgen zijn van het falen van de sprinklerinstallatie. De vraag moet beantwoord worden of een eis van 30 minuten toereikend is voor veilig vluchten en voor het veilig kunnen optreden van de brandweer. Het toepassen van een sprinklerinstallatie is een toepassing van het gelijkwaardigheidsbeginsel. Dat betekent dat de ontwerper aan moet tonen dat met de voorgestelde oplossing minimaal dezelfde veiligheid wordt bereikt. Het betekent verder dat het bevoegd gezag beslist over de onderbouwing van de oplossing en een eventuele reductie op de prestatie-eisen. Er bestaan hiervoor geen vaste regels. Het Bouwbesluit 2012 stelt bouwkundige eisen, zoals de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van de constructie en de weerstand tegen branddoorslag en brandoverstag (WBDBO) tussen ruimten. Deze bouwkundige eisen hebben betrekking op de compartimentering en de vluchtwegen. Het toepassen van alternatieve oplossingen, zoals sprinklers, om het geëiste brandveiligheidsniveau te halen, wordt echter in het Bouwbesluit 2012 niet uitgesloten. Het Bouwbesluit 2012 regelt ook andere zaken zoals de noodzaak van een certificaat in geval van toepassing van een sprinklerinstallatie (zie artikel 6.32).

**333 – Vaststellen uitvoeringsklasse In juni heeft NEN het amendement A1 op NEN-EN 1993-1-1 uitgebracht. In deze aanvulling op de Eurocode wordt, onder andere in bijlage C, voorgeschreven hoe de uitvoeringsklasse moet worden bepaald. Wat is de status van dit amendement en wat zijn de consequenties voor het dimensioneren van staalconstructies?**

Het amendement heeft de status van een officiële Nederlandse norm. De norm is Engelstalig, dit doet echter niets af aan het officiële karakter. De wijziging betekent dat het bepalen van de uitvoeringsklasse (execution class) van een staalconstructie nu normatief is geregeld in NEN-EN 1993-1-1. De informatieve bijlage B van NEN-EN 1090-2 mag dus niet langer worden gebruikt. Met de wijziging zijn ook de begrippen 'gebruikscategorie' en 'productie categorie' vervallen. De vaststelling van de uitvoeringsklasse hangt nu rechtstreeks samen met de betrouwbaarheidsklasse of gevolgklasse en het type belasting (statisch of gevoelig voor vermoeiing en/of aardbevingen). De staalconstructeur is, met de opdrachtgever, verantwoordelijk voor de keuze van de uitvoeringsklasse. Een andere gevolg is dat uitvoeringsklasse 4 niet meer rechtstreeks voorkomt in de tabel maar via een voetnoot wordt voorbehouden voor constructies met extreme gevolgen bij bezwijken. Dit betekent bijvoorbeeld dat een 'normale' brug niet meer automatisch in uitvoeringsklasse 4 valt.

Het uitgangspunt van het Bouwbesluit 2012 is dat constructies brandwerend moeten worden beschermd als het bezwijken ervan leidt tot bezwijken van constructies buiten het brandcompartiment. De constructeur zal moeten bepalen of de relevantie constructies, inclusief de stabiliteitsverbanden, een brand kunnen doorstaan van (in dit geval) 60 minuten. Voor de beoordeling van de brandwerendheid van stabiliteitsverbanden moet een toetsing plaatsvinden met de buitengewone belastingcombinatie volgens NEN-EN 1990. Deze combinatie schrijft voor dat slechts 20% van de windbelasting bij de fundamentele belastingcombinatie in rekening hoeft te worden gebracht. Verder geldt dat de partiële belastingfactoren op 1 kunnen worden gesteld en voor de combinatiefactor voor de veranderlijke vloerbelasting geldt  $\psi_2$ . De lagere windbelasting zorgt voor een hogere kritieke staaltemperatuur. Vervolgens moet worden beoordeeld of de windbelastingen nog opgenomen kunnen worden bij brand in elk brandcompartiment afzonderlijk. Als er op één bouwlaag maar één brandcompartiment is, dan warmen alle verbanden tegelijk op. Maar als er meerdere brandcompartimenten op dezelfde laag zijn en de schijfwerking van de vloeren is niet gescheiden, dan is dat niet het geval en kunnen de verbanden in de koude brandcompartimenten het overnemen. De stabiliteitsverbanden hoeven dan niet te worden beschermd mits uit een aanvullende controle voor de brandsituatie blijkt dat de schijfwerking van de vloer is verzekerd en de reacties naar de 'koude' stabiliteitsverbanden kunnen worden opgenomen. Als alle verbanden tegelijk opwarmen (alle in één brandcompartiment) dan gaat het nog goed zonder brandwerende bescherming als de temperatuur na 60 minuten lager is dan de kritieke staaltemperatuur. Dit zal uit berekening moeten blijken.

**334 – Brandwerende bescherming windverbanden**

**Een kantoor met een staalconstructie ontleent zijn stabiliteit aan stalen stabiliteitsverbanden in de gevel. De brandwerendheidseis is vastgesteld op 60 minuten en wordt gerealiseerd door brandwerende coating. Betekent dit dat de stabiliteitsverbanden ook brandwerend moeten worden beschermd?**

Het uitgangspunt van het Bouwbesluit 2012 is dat constructies brandwerend moeten worden beschermd als het bezwijken ervan leidt tot bezwijken van constructies buiten het brandcompartiment. De constructeur zal moeten bepalen of de relevantie constructies, inclusief de stabiliteitsverbanden, een brand kunnen doorstaan van (in dit geval) 60 minuten. Voor de beoordeling van de brandwerendheid van stabiliteitsverbanden moet een toetsing plaatsvinden met de buitengewone belastingcombinatie volgens NEN-EN 1990. Deze combinatie schrijft voor dat slechts 20% van de windbelasting bij de fundamentele belastingcombinatie in rekening hoeft te worden gebracht. Verder geldt dat de partiële belastingfactoren op 1 kunnen worden gesteld en voor de combinatiefactor voor de veranderlijke vloerbelasting geldt  $\psi_2$ . De lagere windbelasting zorgt voor een hogere kritieke staaltemperatuur. Vervolgens moet worden beoordeeld of de windbelastingen nog opgenomen kunnen worden bij brand in elk brandcompartiment afzonderlijk. Als er op één bouwlaag maar één brandcompartiment is, dan warmen alle verbanden tegelijk op. Maar als er meerdere brandcompartimenten op dezelfde laag zijn en de schijfwerking van de vloeren is niet gescheiden, dan is dat niet het geval en kunnen de verbanden in de koude brandcompartimenten het overnemen. De stabiliteitsverbanden hoeven dan niet te worden beschermd mits uit een aanvullende controle voor de brandsituatie blijkt dat de schijfwerking van de vloer is verzekerd en de reacties naar de 'koude' stabiliteitsverbanden kunnen worden opgenomen. Als alle verbanden tegelijk opwarmen (alle in één brandcompartiment) dan gaat het nog goed zonder brandwerende bescherming als de temperatuur na 60 minuten lager is dan de kritieke staaltemperatuur. Dit zal uit berekening moeten blijken.

- *NEN-EN 1993-1-1* (Eurocode 3. Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-1: Algemene regels voor gebouwen), 2006 + A1, 2014.
- *NEN-EN 1090-2* (Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies - Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies), 2008 + A1, 2011.
- *NEN-EN 1990* (Eurocode. Grondslagen van het constructief ontwerp), 2002 + A1, 2006 + C2, 2011 + NB, 2011.

# MAAK DE TOEKOMST



Rotterdam heeft een aantrekkelijk, dynamisch, goed functionerende openbaarvervoerterminal. Het nieuwe Rotterdam Centraal is een vervoersknooppunt van regionale en internationale betekenis. Met 110.000 reizigers per dag verwerkt het stationsgebied evenveel reizigers als luchthaven Schiphol. Naast de aansluiting op het Europese net van hogesnelheidstreinen (HSL-Zuid) heeft Rotterdam Centraal ook een aansluiting op de lightrailverbinding RandstadRail. Door de komst van de HSL-Zuid en RandstadRail is de verwachting dat het aantal reizigers op Rotterdam Centraal in 2025 zal zijn toegenomen tot zo'n 323.000 per dag. Mobilis bouwde dit moderne, duurzame station.

Mobilis is onderdeel van TBI, een groep van ondernemingen die onze leefomgeving op een duurzame manier vernieuwt, inricht en onderhoudt. **MAAK DE TOEKOMST**

RijnDijk Construction BV te Eindhoven, een zelfstandige opererende werkmaatschappij binnen Andus Group BV, realiseert wereldwijd multidisciplinaire constructieprojecten met name in de (petro)chemische industrie, zware industrie, energiemarkt en complexe utiliteitsbouw. De projecten worden gerealiseerd voor de top-500 opdrachtgevers over de gehele wereld. RijnDijk Construction werkt met eigen projectmanagement, engineering, productie en on-site installation. Jarenlange ervaring en een enorme kennis van de complexe staalbouw zijn het onderscheidend vermogen van de organisatie. Met een jaaromzet van € 35 miljoen en een team van circa 200 medewerkers is RijnDijk Construction een speler van formaat voor grootschalige, internationale projecten.

Wij zijn op zoek naar kandidaten voor de functies van:

## HOOFDCONSTRUCTEUR

ervaren specialist, gepassioneerd door het vak

Als hoofdconstructeur ben jij verantwoordelijk voor een succesvolle invulling van design- en constructieprojecten. Of het nu gaat om ontwerpen op basis van staal, beton en/of installaties: alles is mogelijk. Jij bent in staat de specifieke (staal)constructievraagstukken van onze klanten om te buigen naar praktische oplossingen. Door je er vanaf de calculatiefase in te verdiepen, weet jij projecten in de juiste en meest efficiënte richting te sturen. Je bent een echte probleemoplosser, hebt kennis van projectprocessen en bent bekend met de nieuwste ontwikkelingen op het constructieve vakgebied. Als specialist weet jij snel met de juiste oplossingen te komen voor ad hoc vraagstukken die horen bij de dynamiek van de internationale staalbouwwereld. Je voert besprekingen met klanten en adviseert ze op jouw vakgebied. Je bent gewend om als aanspreekpunt te fungeren en intern projectteams aan te sturen.

## MANAGER MONTAGE

ervaren leidinggevende voor interessante (staal)bouwprojecten

Wij zoeken daadkrachtige kandidaten die de verantwoordelijkheid nemen voor het montageteam, de planning, de kwaliteit en de veiligheid. Vanuit het kantoor te Eindhoven geef je leiding aan 35 eigen montagemedewerkers (bouwplaatsleiders, voormannen en monteurs) en een pool van flexibele medewerkers. In een vroeg stadium word jij door de projectleiders betrokken bij de voorbereiding van de montageprojecten. Verder zorg je dat contractuele verplichtingen, gerelateerd aan montage, tijdig en correct worden uitgevoerd. Je selecteert en onderhandelt met onderaannemers/leveranciers en sluit passende contracten af. Je rapporteert aan de directeur.

**Kijk op onze website [www.rijndijk.com](http://www.rijndijk.com) voor de uitgebreide functieprofielen.**

### Ons aanbod

- Werken bij een gerenommeerd bedrijf met een uitstekende reputatie
- Verantwoordelijke, zelfstandige functies met ruime doorgroeimogelijkheden
- Een dynamische, industriële omgeving met bijzondere projecten op het hoogste niveau
- Aandacht voor opleiding en training van medewerkers op alle niveaus
- Uitstekende primaire en secundaire arbeidsvoorwaarden

### Geïnteresseerd?

Dan ontvangen wij graag z.s.m. jouw schriftelijke sollicitatie (cv plus motivatie). Deze kun je richten aan RijnDijk Construction BV, t.a.v. dhr. A. van Wincoop, Beukenlaan 115, 5616 VC Eindhoven of [info@rijndijk.com](mailto:info@rijndijk.com). Voor meer informatie kun je vanaf maandag 4 augustus telefonisch contact opnemen met de heer A. van Wincoop (directeur), tel. 040 - 246 72 28.

*Acquisitie naar aanleiding van deze advertentie wordt niet op prijs gesteld.*