



# ‘s Werelds grootste roomdivider





#### Projectgegevens

Opdracht Havenbedrijf Rotterdam • Constructief ontwerp ENS engineers, Delft • Detailengineering Alcomtek, Maassluis  
• Uitvoering J.P. van Eesteren, Gouda • Werktekeningen, staalwerk en montage Blacon, Heinenoord • Fotografie Danny Cornelissen | Portpictures.nl

in Delft. Cees Pap is directievoerder Vastgoed en Markus Clarijs is project engineer, beiden bij Havenbedrijf Rotterdam. Hendrik Demmers is projectleider bij Blacon in Heinenoord. Anton Buitendijk was planvoorbereider bij J.P. van Eesteren | TBI in Gouda en is nu planvoorbereider bij Vrolijk Groep in Dordrecht. Laura Sniijders is tekenaar/constructor bij Alcomtek in Maassluis.

Langs de Nieuwe Maas, aan de zuidzijde van Rotterdam, liggen verschillende woonwijken die ooit een belangrijke rol speelden in de scheepvaart. De wijk Heijplaat is daar een mooi voorbeeld van. Mooi als in: aangenaam om te zien. Heijplaat is een arbeiderswijk met enkele villa's. Aan de ene kant liggen weilanden en akkers, aan de andere kant grenst de wijk aan een maritiem bedrijventerrein met een reeks grote monumentale loodsen: een bijzonder stukje industrieel erfgoed, bekend als het RDM-terrein (de voormalige Rotterdamse Droogdok Maatschappij). De intensieve scheepsbouwactiviteiten zijn inmiddels verplaatst. Voor de achtergebleven loodsen wordt al jarenlang gezocht naar passende nieuwe bestemmingen. Een geslaagd voorbeeld daarvan is de Onderzeebootloods, waar zelfs werd geëxperimenteerd met bolbliksems als mogelijke energiebron of -opslag. Dat experiment mislukte, maar tegenwoordig is de Onderzeebootloods een populaire evenementenlocatie. Het terrein telt nog vele andere loodsen; oud, robuust en doordrongen van historie.

#### Scheepsbouwdeur RDM-lasloods

De in *afbeelding 1* omlinnende Scheepsbouwloods werd in 1953 gebouwd als lasloods. Daar werden ingewikkelde scheepsonderdelen, variërend van klein tot zeer groot, in elkaar gezet. Voor deze uiteenlopende afmetingen was een enorme toegangsdeur van ongeveer 30x30 m nodig. Tot voor kort vervulde deze deur die functie nog. Tegenwoordig worden in de loods schepen onderhouden. Grote schepen kunnen in en uit worden gereden met speciaal ontwikkelde voertuigen, op een vloer die berekend is op grote belastingen. De deur moest daarvoor regelmatig worden geopend. Een klus van ongeveer vier dagen, zoals hierna wordt toegelicht. Maar eerst wat meer context. Naast dat het openen een grote klus was,

voldeed de deur ook niet meer aan de huidige veiligheidseisen. Daarom werd besloten de ingewikkelde deurconstructie te vervangen door een uitvoering die beter aansluit bij het huidige gebruik. Een klein probleem: de stalen havenloodsen zijn inmiddels tot industrieel erfgoed verklaard. Sinds de jaren '90 hebben de gebouwen op het terrein een monumentale status. En dat betekent doorgaans: ervan afblijven en niets eraan veranderen. Toch was dit, gezien de geplande economische activiteiten in de oude lasloods, geen werkbare optie. De Monumentencommissie begreep het dilemma en bood een alternatief: herstel de deur in ere op een andere locatie. En zo geschiedde.

#### Bestaande situatie

De Scheepsbouwloods is een gemeentelijk monument, geregistreerd onder nummer 0599/C-377b van de gemeente Rotterdam. Historische verkenningen zijn uitgevoerd door Crimson Architectural Historians en Flexus AWC.

De loodsdeur, ook wel scheepsbouwdeur genoemd, vormt een beeldbepalend element dat in deze onderzoeken als 'van hoge waarde' wordt aangemerkt, vanwege zijn afmetingen en karakteristieke uitstraling. Hij illustreert de glorie dagen van de scheepsbouw op het RDM-terrein, in combinatie met de imposante hal en de inmiddels verdwenen hellingen. Uit de historische verkenningen blijkt dat vooral de schaal, de staalconstructie en het gebruik bepalend zijn voor de monumentale waarde van het gebouw. Het hergebruik van de scheepshelling en de hallen voor scheepsbouwactiviteiten wordt gezien als een versterking van het monumentale karakter van zowel de hal als het omliggende gebied.

#### Werking vroeger en nu

De deur bestond oorspronkelijk (1953) uit drie afzonderlijke deurdelen die geopend konden worden, maar zonder doorgang op maaiveldniveau. De werkstukken uit de loods werden over deze delen heen naar buiten getild, richting het tasveld (*afb. 2*). Een recentere foto (vlak voordat de deur werd gedemonteerd) is te zien in *afbeelding 3*. In de loop der tijd is de deur verschillende keren aangepast. De gemetselde zijbeuken zijn in

**Zijn functie als scheepsbouwdeur was hij kwijt, maar als 'roomdivider' kreeg de monumentale stalen deur van de RDM-lasloods een waardige herbestemming. Hoe een kolos van 30x30 m en 30 ton veilig op zijn nieuwe positie komt.**

ir. P. Eigenraam, prof.ir. R. Nijssse, ir. A. Sniijder, C. Pap, M. Clarijs, H. Demmers, A. Buitendijk en ing. L. Sniijders  
Peter Eigenraam is constructeur en mede-oprichter, Rob Nijssse is constructeur en mede-oprichter en Ate Sniijder is constructeur en mede-oprichter, allen bij ENS engineers



1. Noordpunt van Heijplaat langs de Nieuwe Waterweg.



2. Origineel gebruik deuren en kraanbanen.



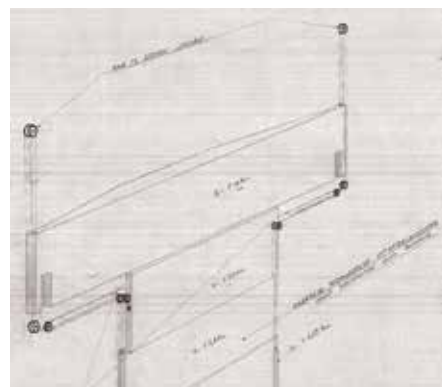
Bron: HbR/RDM Archief



3. Recent buiten- en binnenaanzicht deuren Scheepsbouwloods.



Foto's: HBR



Architectekeningen: HBR

4. Systeem van kabels en katrollen.

de jaren '70 vervangen door zijpanelen en er zijn verschillende kleine toegangsdeuren toegevoegd. Deze zijpanelen konden naar buiten scharnieren. Helaas waren deze panelen van relatief laagwaardige kwaliteit.

In die periode werd de hal vooral als een functioneel productiemiddel beschouwd, dat mocht worden aangepast aan de behoefte. Dit kwam echter niet ten goede aan de levensduur van verschillende onderdelen. De staalconstructie van meerdere deurdelen raakte in de loop der tijd aanzienlijk beschadigd. Vroeger kon voor het openen van de totale deur, de bovendeur omhoog worden gehesen. De onderdeuren konden naar beneden worden geparkeerd, waarna grote lasten over deze delen heen werden getild. Voor het hijsen en zakken van de deuren was een ingenieus systeem van kabels en katrollen ontworpen (afb. 4).

Omdat later wél een vrije doorgang nodig was, moesten de deuren ook worden weggehesen. Het demonteren van de volledige deur om de gehele sparing te kunnen benutten, vroeg de inzet van een grote, mobiele kraan en nam meerdere dagen in beslag. Voor incidentele transporten was dat nog uitvoerbaar, maar voor regelmatig gebruik met grote objecten was dit ondoenlijk. In tegenstelling tot de gewichten, die in afbeelding 4 zijn aangegeven, wegen onderdeur 1 (bovenste) en

onderdeur 2 (onderste) respectievelijk 8.500 en 6.900 kg. Onderdeur 2 hing aan onderdeur 1, en voor beide deuren was een geleidesysteem ontworpen waarmee ze gecontroleerd konden worden neergelaten. De bovendeur heeft een gewicht van 17.000 kg. Dit zijn de gewichten zoals gemeten tijdens het hijsen met de kraan.

#### Renovatie en herplaatsing

De afgelopen jaren hebben deze en andere loodsen een grondige renovatie ondergaan en zijn nu geschikt voor verhuur aan industrie, bedrijven en onderwijsinstellingen.

De Scheepsbouwloods, met een lengte van ongeveer 220 m, is momenteel verdeeld in twee gelijke delen. De helft aan de rivierzijde is in gebruik bij scheepsbouwbedrijf De Haas Shipyards, dat middelgrote schepen onderhoudt en repareert. De andere helft wordt gebruikt door Franklin Offshore Europe, producent van zware staalkabels. Tussen beide delen ligt een transportgang; een natuurlijke scheiding en een geschikte plek om de monumentale deuren in ere te herstellen. Vanaf die positie is er zicht op de oorspronkelijke locatie, en zijn de deuren nu zelfs van beide zijden goed zichtbaar. Ze vormen hier 's werelds grootste roomdivider.

De deuren moesten wel hoog genoeg worden opgehangen, zodat een vrachtwagen eronder-

door kan rijden, maar gezien de afmetingen van het gebouw vormde dat geen probleem.

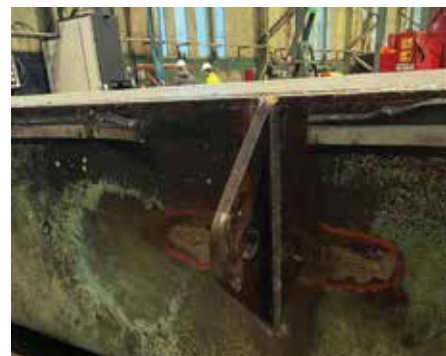
#### Ophanging

Daarmee was het moment gekomen om verder te denken over de volgende stap: hoe hangen we een monumentale, ongeveer 30 ton wegende deurconstructie op? De deuren hingen aan een speciaal daarvoor ontworpen constructie. Hoe konden deze deuren worden opgehangen op hun nieuwe positie midden in de voormalige lasloods? En vooral: hoe doen we dit veilig? Het Havenbedrijf Rotterdam had daar wel een idee over. In de loods bevinden zich namelijk ook (monumentale) bovenkranen. De originele kranen zijn echter al geruime tijd niet meer in gebruik geweest. Maar, na een grondige renovatie zouden deze nog prima kunnen functioneren om deze (statische) belasting te dragen.

#### Onderzoek

ENS engineers werd gevraagd hiervoor een plan te maken en voerde eerst een onderzoek uit naar de constructie van de scheepsbouwdur en de kranen. Oude, nog handgetekende bouwtekeningen werden uitgeplozen om de constructie te doorgronden en de krachtswerking te begrijpen. Ook werd de huidige staat van de deuren en de kranen nauwgezet onder-



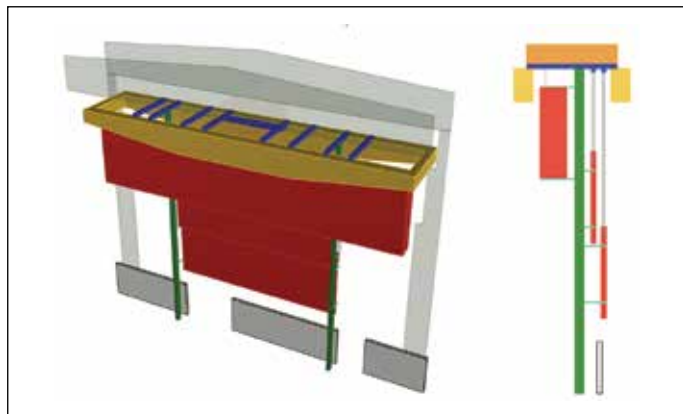


5. Verbogen hijsoog (links) en gescheurde las (rechts).

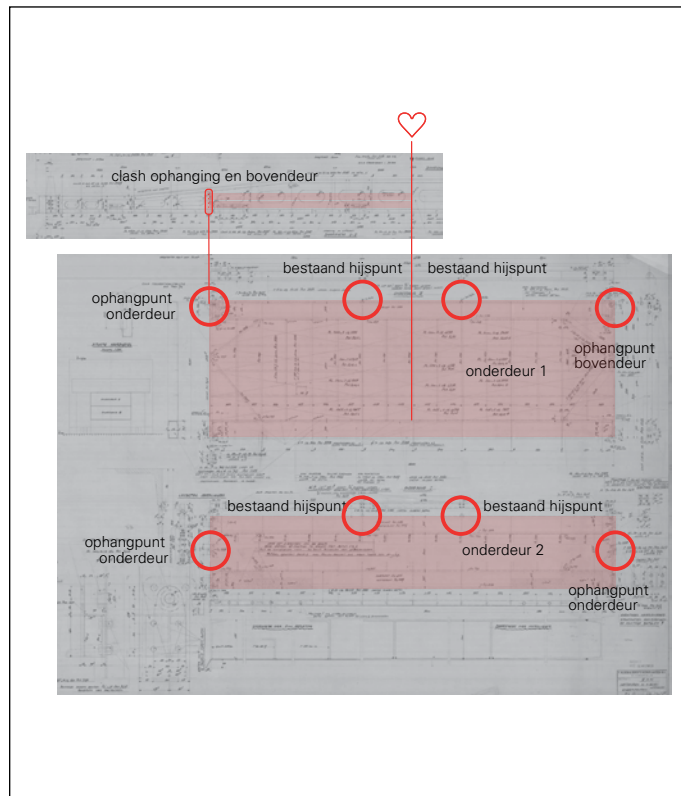
6. Hijsoog vervangen en daarbij 90° gedraaid.



7. Analyse op aanzicht bovendeur.



9. Schematisch overzicht (links) en doorsnede (rechts) deuren en constructie.



8. Analyses op aanzichten onderdeuren.

zocht en werden de omstandigheden waarin de deur zou komen te hangen in kaart gebracht. Uit dit onderzoek bleek dat het wenselijk en ook goed mogelijk was om de bestaande ophangpunten te hergebruiken. Wel waren er enkele serieuze constructieve aanpassingen nodig aan de scheepsbouwdeur. Gelukkig bleek het mogelijk om op dezelfde posities bevestigingspunten bovenin de kraan aan te brengen, waarbij rekening werd gehouden met de loopkat en de haken, waarover later meer.

Hoewel de deur in de loods komt te hangen, was het wenselijk om toch rekening te houden met een significante windbelasting. De nieuwe deuren van de loods zouden bij storm weliswaar gesloten kunnen worden, maar in de praktijk kan daar niet altijd van worden uitgegaan. De twee grote geveldeuren nabij de uiteinden en een deur in het midden zouden bijvoorbeeld in storing kunnen zijn en dat is niet zomaar even op te lossen. Minstens zo belangrijk in deze industriële

omgeving is dat er wordt gewerkt met groot materieel. Werkzaamheden worden maanden vooruit gepland en moeten doorgang vinden. Moet er een hele boot naar binnen op tijdstip X, dan gaat die op tijdstip X naar binnen, ook als het stevig waait. De midden in de loods hangende deuren mogen daarbij geen aanleiding zijn om de werkzaamheden stil te leggen.

### Kwalitatieve risicoanalyse

Bij alle werkzaamheden in en rondom Havenbedrijf Rotterdam wordt veel aandacht besteed aan de risico's en mogelijke gevolgen als het onverhoopt mis mocht gaan. In overleg met het havenbedrijf is daarom een kwalitatieve risicoanalyse opgesteld. De mogelijke gevolgen van het bezwijken van de ophangconstructie van de scheepsbouwdeur zijn:

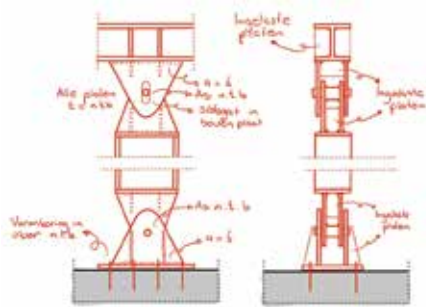
- schade aan de hoofddraagconstructie van de lasloods en kraanbanen;
- verlies van mensenlevens;
- fysieke schade aan dak, wanden en vloer

van de lasloods;

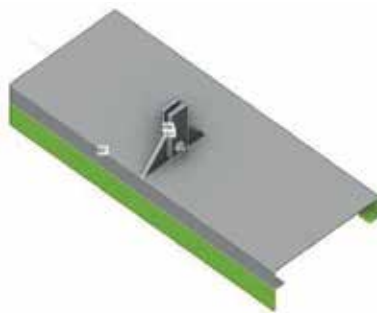
- fysieke en economische schade aan objecten in de loods en ernstige hinder voor de productie;
- economische schade door het mogelijk langdurig niet kunnen verhuren van de ruimten in de loods;
- grote schade aan de deuren zelf en hoge kosten voor herstel en het weer ophangen;
- ook is er veel tijd nodig om herstel voor te bereiden en uit te voeren.

Nast bezwijken kan ook merkbare beweging van de deuren kritische gevolgen hebben.

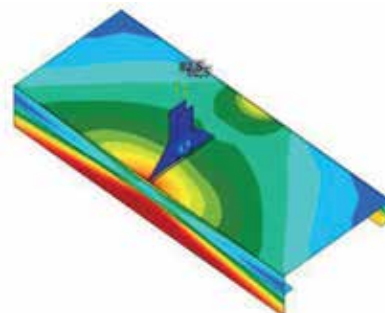
- Angstige reacties bij de mensen in de loods bij duidelijk zichtbare beweging.
- (Ook hier) schade aan de hoofddraagconstructie van de lasloods en kraanbanen.
- Introductie van buiging en torsie in onderdelen van de ophangconstructie, met mogelijk schade door vermoeiing of scheurvorming.



10. Detailontwerp staanders.



11. Detailberekening: model (links) en spanningen (rechts).



De classificatie 'veilig' is gebruikt, maar eigenlijk is dit niet correct volgens de Eurocode voor een gebouw als de Scheepsbouwloods. Uit de kwalitatieve risicoanalyse blijkt dat de ophangconstructie van de monumentale deuren 'robuust' moet zijn. Dit betekent dat er altijd een tweede draagweg moet zijn bij het bezwijken van de primaire draagweg, door welke oorzaak dan ook. In dit specifieke geval zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd.

- In plaats van twee ophangpunten per deur, het constructieve minimum, worden er vier aangebracht. Er moet voor gezorgd worden dat bij eventueel bezwijken van één ophangconstructie de resterende ophangpunten zonder merkbare vervormingen direct belast kunnen worden.
- Alle ophangconstructies moeten in de richting van de windbelasting scharnierend kunnen functioneren om ongewenste buigende momenten en torsie te voorkomen.
- Er worden constructieve maatregelen getroffen om grote bewegingen van de opgehangen deuren te voorkomen.
- De gehele ophangconstructie van de monumentale deuren wordt regelmatig geïnspecteerd.
- Voor het bepalen van de windbelasting wordt uitgegaan van een aan beide zijden openstaande deur, waardoor wind vrij spel kan hebben op de midden in de loods hangende deuren.

## Constructie

Op basis van de analyse is besloten de bestaande bovenkraan en kraanbaan te gebruiken als permanente ophangconstructie. Het constructieve concept is dat de verticale krachten volledig via Willemsankers naar de bovenkraan worden afgedragen. Deze ankers worden uitsluitend op trek belast en zijn instelbaar om toleranties op te vangen. De windbelasting wordt opgenomen door twee staanders die de horizontale krachten afdragen naar zowel de bovenkraan als de vloer van de Scheepsbouwloods. De staanders zijn zo ontworpen dat zij geen bijdrage leveren aan de verticale krachtafdracht. Het was noodzakelijk om de bovenkraan zelf eerst voldoende te verankeren, zodat de hori-

zontale krachten veilig konden worden overgebracht op de kraanbaan. Op de kraanbaan, waarover de kraan normaal gesproken kan rijden, zijn daarom permanente, voldoende sterke eindstoppen aangebracht.

## Demontage en ongelukje

Eerst moesten de deuren worden gedemonteerd en de deurconstructie aangepast en versterkt. Hiertoe werden de deuren met een grote kraan losgenomen van hun oorspronkelijke positie en naar beneden gebracht. Ondanks de grondige veiligheidsanalyse zit een ongeluk in een klein hoekje. Bij het op de grond neerzetten en kantelen naar horizontale positie, werden de hijsogen op buiging belast. De las waarmee het hijssoog aan de deur was bevestigd, scheurde in. Dit werd tijdens een inspectie ontdekt, waarop werd besloten dat het hijssoog niet meer geschikt was voor hergebruik. In afbeelding 5 is een hijssoog te zien. Op deze foto is de deur inmiddels weer omgedraaid om de deur te kunnen behandelen met een beschermende blanke coating. In overleg met de monumentencommissie zijn de oude verflagen daaronder bewust behouden.

## Aanpassen hijsogen

In goed overleg met alle betrokken partijen werd de las losgeslepen en het ophangpunt zelf vervangen. De positie van het hijssoog werd daarbij 90° gedraaid, zodat de platen bij het hijsen van de deur in de juiste richting worden belast en de ophanging ook scharnierend kan functioneren in de richting van de windbelasting. Afbeelding 6 toont het nieuwe hijssoog, met de oorspronkelijke positie nog zichtbaar.

Om het geheel robuust te maken zijn aan de bovenzijde van alle deuren ogen voor de extra ophangpunten gelast. De positie moest zorgvuldig worden gekozen. De ophangkrachten door de grote gewichten van de verschillende deuren moeten immers op evenwichtige wijze in de deurconstructie worden geleid, ook in het geval van het bezwijken van één ophangpunt. Daarom zijn de oude handtekeningen zorgvuldig bestudeerd (afb. 7 en 8). Na de aanpassingen zijn de deuren grondig gereinigd en van de eerder genoemde coating voorzien.

## Puzzel

Alle onderdelen moesten goed ten opzichte van elkaar worden uitgelijnd. Ophangpunten zijn ontworpen om liggers op de bovenkraan te plaatsen (afb. 9, blauw). Willemsankers hangen aan deze liggers. Niet overal kon zo maar een ligger geplaatst worden. Rekening moest worden gehouden met de loopkat die op de bovenkraan staat, en die is behoorlijk groot. Ook is rekening gehouden met hoe de deuren op de originele positie ten opzichte van elkaar hingen. Daarbij moest een vrachtwagen er onderdoor kunnen. Daarom zijn de deuren overlappend geplaatst. Voor de staanders is plek gevonden tussen de deuren.

## Berekening

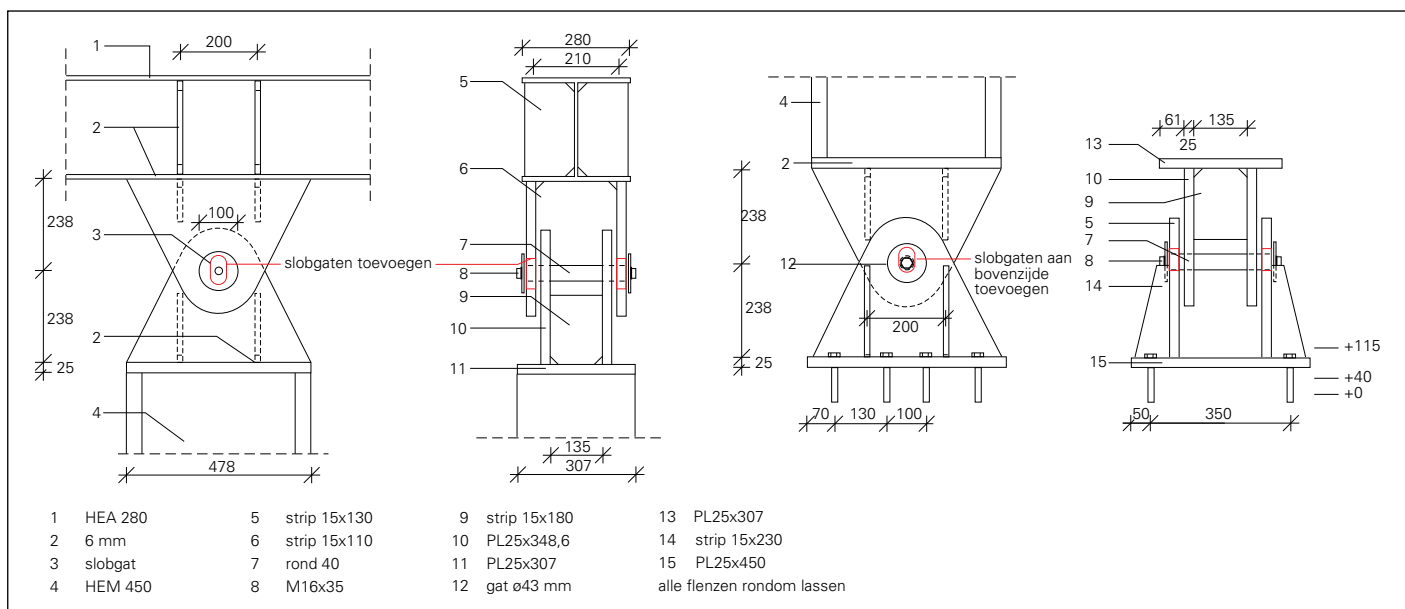
### Hoofddraagconstructie

Voor deze constructie zijn deels handmatig berekeningen uitgevoerd en deels met rekenprogramma's. De dimensionering van de Willemsankers is handmatig gedaan. Bij de dimensionering van de staalprofielen is gebruikgemaakt van een computerberekening. Opvallend is het benodigde profiel voor de staanders: een HEM 450. Door de combinatie van de aangenomen windbelasting en de grote ongesteunde lengte (19,5 m) is kipinstabiliteit maatgevend. Hoewel dit een fors profiel is, valt het in de schaal van het gebouw nauwelijks op.

Meer problematisch was het vaststellen van de grootte van de windbelasting op de hangende deur. In de risicoanalyse was al vastgesteld dat moest worden aangenomen dat de hal aan beide zijden open kan staan. Maar welke windbelasting levert deze nood situatie op? In de normen is deze specifieke situatie niet expliciet omschreven. Rekening houdend met de grootte van de deuren is in de Eurocode als meest realistische benadering gekozen voor het belastinggeval van een open overkapping.

### Detailberekeningen en uitvoering

Nu de hoofdberekeningen en -detailleringen gereed waren, kon het werk worden aanbesteed. Bouwbedrijf J.P. van Eesteren kreeg de hoofdpdracht. Blacon verzorgde de uitwerking, productie en montage van de nieuwe stalen constructie en het ophangen van de



12. Uitwerking boven- en onderophangdetail.

oude deuren midden in de loods.

Een belangrijk onderdeel van de voorbereiding was het maken van detailberekeningen van de zwaar uitgevoerde verbindingen in de deurconstructie. De hoofdconstructeur had de hoofddetails schetsmatig ontworpen. Een voorbeeld voor de staanders is weergegeven in *afbeelding 10*. Maar er bleven nog genoeg ingewikkelde details over om op productieniveau uit te werken. En vergeet ook niet de vele voorzieningen die nodig waren voor de montage van de deurconstructie.

Blacon heeft de verbindingen in detail uitgewerkt, waarna Alcomtek deze constructief doorrekende, in goed overleg met alle betrokken partijen. De detailengineering is uitgevoerd met Matrix Toolbox en IDEA StatiCa. Met deze software konden alle optredende spanningen en vervormingen in de ophangconstructie worden bepaald. In *afbeelding 11* is een voorbeeld weergegeven van het hijs oog, zoals eerder beschreven bij *afbeelding 6*.

## Montage

De montage was geen eenvoudige klus. De operatie is zorgvuldig voorbereid, onder andere door de beschikbare ruimte voor kranen en haken te bestuderen. De deuren moesten immers kort op elkaar worden gehangen. Daarbij bevinden de staanders zich tussen de deuren. De montagevolgorde en het te gebruiken materieel zijn tot in detail gepland. Onderdeel daarvan was het uitwerken van de geschetste details. Goede samenwerking onderling was nodig om alle uitgangspunten op elkaar af te stemmen. Een voorbeeld van een eerder getoond detail en de benodigde afstemming is weergegeven in *afbeelding 11*, waarbij onder meer rekening is gehouden met:

- doorzakken van de kraanbaan onder het gewicht van de deuren;

- vervorming van het pand;
- trillingen vanuit de kraanbaan waarover nog kranen rijden;
- verzakking van de vloer.

Voor het transport en de montage is een zorgvuldig montageplan ontwikkeld. Een combinatie van kranen en lieren maakte het mogelijk om in de beperkte ruimte boven de kraan de deurdelen gecontroleerd omhoog te krijgen.

Eerst werden de staanders en de nieuwe liggers op de kraanbaan geplaatst en voorlopig uitgelijnd. Vervolgens werden twee lieren op de kraan gemonteerd. Dat was noodzakelijk, omdat er boven de oude kraan onvoldoende ruimte was om de giek van een zware telescoopkraan te positioneren. De lieren werden met kleinere mobiele kranen nauwkeurig gepositioneerd.

Deze lieren wikkelden de hijskabel op een grote trommel, vergelijkbaar met een verlengsnoer op een haspel. Bij het in- en uitdraaien verschuift het hijspunt horizontaal. Zonder compensatie zou de haak bovenin dus niet op dezelfde positie staan als onderin, waardoor de deur aan het einde van het hijsen niet precies op de juiste plek zou komen te hangen en dus niet kon worden gemonteerd. Dankzij aandachtig inmeten kon de juiste positie worden bepaald. Nu konden de deuren, vanuit de tijdelijke opslag naast het pand, naar hun hijspositie worden gereden en daar worden uitgelijnd met de uitgerolde lieren en horizontaal verplaatste haken.

De deuren werden vervolgens met twee auto-laadkranen aan zowel de boven- als onderzijde gelijktijdig opgetild. Nieuw aangebrachte hijspunten boden hierbij een veilige bevestiging. Door een goede coördinatie werd de deur stap voor stap van een horizontale naar een verticale positie gedraaid, precies onder



13. Hijsen bovendeur met lieren.

de lieren, die daarna het volledige gewicht overnamen. De deur werd langzaam naar de eindpositie gehesen, waar hij, eenmaal boven aankomen, ook zijdelings exact op de juiste plek hing.

Omdat de deur met vier ophangpunten was ontworpen, konden de twee punten die niet werden gebruikt voor het hijsen nu worden bevestigd aan de kraan. Daarna werden de lieren uitgerold, zodat de nieuwe ophangpunten het gewicht overnamen. Vervolgens konden de lieren worden losgemaakt en de resterende verbindingen definitief worden bevestigd. Tijdens het hijsen en inhangen werd voortdurend gecontroleerd of alle verbindingen goed aansloten en of de gemeten vervormingen overeenkwamen met de vooraf berekende waarden. Het inhijzen van de deuren, en in het bijzonder de grote bovendeur (*afb. 13*), was een spannend moment waar letterlijk en figuurlijk alles samenkwam.

## Slot

Bij deze complexe klus verliepen het ontwerp en de montage op de nieuwe positie zonder noemenswaardige tegenslagen. Dat was het resultaat van een terdege voorbereiding, een aanbesteding die niet uitsluitend op de laagste prijs was gericht en een grondige controle van elkaars werk tijdens de uitvoering. Immers: 'vreemde ogen dwingen'.