

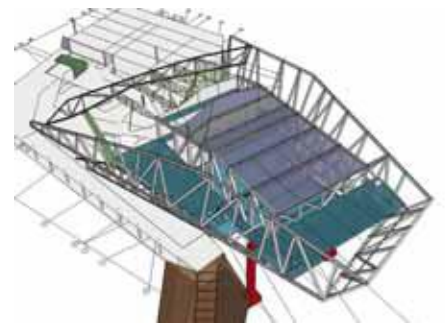
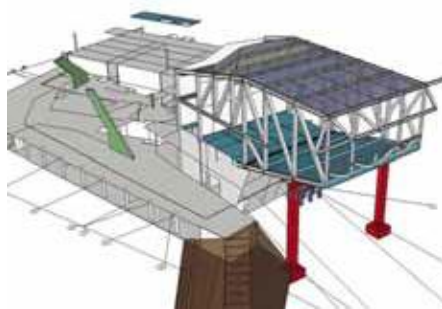
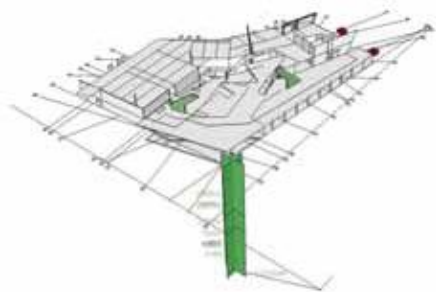
ir. S. Kiefte en ir. E. Geldof

Simon Kiefte is constructeur/projectleider en Erik Geldof adviseur bij ABT.

Vijf fasen in veertig stappen



1. Luchtfoto (foto: Moeskops).



2. Fase 1, onderbouw inclusief ondergedeelte vakwerk 1.1.

3. Eind fase 2, 'binnenconstructie' uitkraging oostzijde gereed (foto: Moeskops).

4. Eind fase 3, 'buitenconstructie' uitkraging oostzijde gereed (foto: Moeskops).

**De bouwmethodek en montagevolg-
orde van het Filminstituut vragen om
verregaande integratie en samen-
werking. Uitvoeringstechnisch zitten
nogal wat haken en ogen aan het
EYE. De vervormingen zijn van een
heel andere orde van grootte dan
doorgaans gebruikelijk: decimeters
in plaats van centimeters. De uitvoe-
ringswijze is bovendien van grote in-
vloed op het vervormingsgedrag, de
belastingafdracht en detaillering.**

In de ontwerpfase is voor een globale bouw-
methodek en montagevolg-
orde gekozen. Deze zijn met de uitvoerende partijen afge-
stemd en definitief vastgelegd, nog voor het
afronden van de hoofdberekeningen. Dit re-
sulteert in een montageplan in vijf fasen met
daarbinnen veertig bepalende stappen. Deze
stappen zijn met een ruimtelijk model in Sket-
chup, dat in de ontwerpfase gebruikt is als
ontwerp- en communicatietool, inzichtelijk
gemaakt.

De vijf fasen

In fase 1 wordt de betonnen onderbouw en het
daarin geïntegreerde ondergedeelte van vak-
werk 1.1 – een van de twee hoofdvakwerken
langs de grote filmzaal in de oostelijke uitkra-
ging – gerealiseerd (afb. 2).

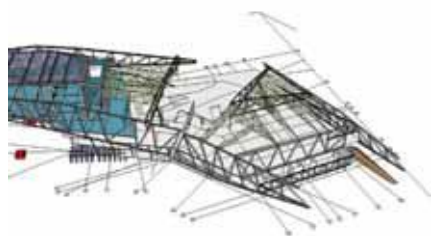
Fase 2 omvat de opbouw van de 'binnencon-
structie' van de oostelijke uitkraging rond de
grote filmzaal (afb. 3). Hiertoe behoren naast
het bovengedeelte van vakwerk 1.1 ook vak-
werk 1.2, vakwerk 1.3 op de kop van de grote
zaal, de hellende staalplaat-betonvloer en de
stalen dakconstructie. Samen vormen zij een
uitkragende stijve doos, verankerd in een ko-
kervormige betonnen kern. Tijdens het op-
bouwen wordt afgesteund op een juk (rood
aangegeven in afb. 3), voorzien van hydrauli-
sche vijzels. Aan het eind van deze fase wor-
den de vijzels afgelaten. Zo kan de constructie
zich zetten en de nu aanwezige belasting
wordt door een verticaal koppel direct naar de
fundering afgeleid. Vervolgens wordt de con-
structie weer gefixeerd door het 'handvast
aandraaien' van de vijzels.

In fase 3 wordt de 'buitenconstructie' rond
filmzaal 1 opgebouwd (afb. 4). Na het plaatsen

van de gevelvakwerken 1.4, 1.5 en 1.8 worden
de regieruimte en de technische ruimte ge-
maakt in de kop van het overstek. Daarna
worden de vijzels voor de tweede en laatste
maal afgelaten.

Hoewel constructief onafhankelijk wordt in
fase 4 grotendeels gelijktijdig begonnen met
optrekken van het westelijke overstek (afb. 5).
Beginnend met het aan twee zijden uitkragen-
de vakwerk 3.1, waartegen de twee doorste-
kende gevelvakwerken 3.2 en 3.3 worden ge-
monteerd, en eindigend met het vakwerk op
de kopskant van de uitkraging. Het plaatsen
van secundaire spanten en verbanden in het
dakvlak gebeurt gelijktijdig, zodat zij al met-
een steun geven aan de bovenregels van de
hoofdvakwerken. Vervolgens worden de vloer-
en (kanaalplaat en staalplaat-beton) aange-
bracht en afgestort. Tot nu toe wordt de schijf-
werking van de vloeren door tijdelijke
verbanden verzorgd.

De vijfde en laatste fase omvat het dichtleggen
van het dak boven de arena (afb. 6). Zoals bij
een gewelf na het plaatsen van de laatste ste-
nen de drukboog tot stand komt is nu een
trekkoppeling gerealiseerd tussen de beide



5. Fase 4 uitkraging westzijde na plaatsen gevelvakwerk 3.3 (foto: Moeskops).

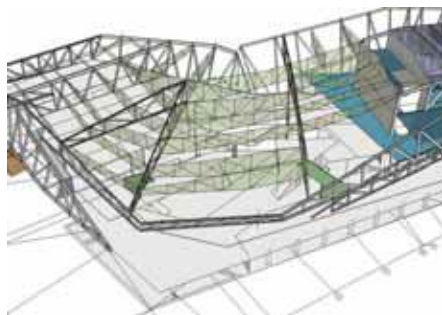
uitkragingen. De evenwicht makende drukkracht loopt via de vloeren in de onderconstructie.

De montagevolgorde, zoals die vanuit het ontwerptraject is bepaald, komt grotendeels overeen met de daadwerkelijke uitvoering.

Uit planningsoverwegingen zijn in fase 4 de vloeren echter gelijktijdig met het opbouwen van de staalconstructie uitgevoerd. Een aanvullende ondersteuning met hydraulische vijzels onder de gevelvakwerken is daarbij noodzakelijk omdat de staalconstructie zelf nog in opbouw is en daarmee onvoldoende sterk en stabiel.

Vervormingen

Het verloop van de optredende vervormingen is, net als het krachtsverloop, afhankelijk van het statisch systeem en het moment waarop de belasting wordt aangebracht. De voor sterkte aangehouden bovengrensbepaling, met de reeds beschreven deelmodellen, is voor het bepalen van de vervormingen vervangen door een realistische inschatting van de heersende belasting en geldende schematisering, één en ander conform de boven beschreven mont-



6. Fase 5, koppelen bouwdeelen en sluiten dak.

gevolgorde. De vervormingen door belasting uit de ruwbouw – staalconstructie, betonvloeren et cetera (ruim 60% van het totaal) – is bepaald met de modellen van de losse bouwdeelen.

In de planning is al snel duidelijk dat beide overstekken aan oost- en westzijde gelijktijdig zouden worden opgetrokken. Afbouw zou voornamelijk plaatsvinden als de staalconstructie als één geheel fungeert. De vervormingen door deze belasting (gevels, afwerkvloeren, plafonds, wanden) zijn bepaald met het complete gebouwmodel, dat veel stijver reageert dan de losse modellen. Hetzelfde geldt voor een beoordeling van de vervorming door variabele belasting.

Om de passing van de gevelspanten te waarborgen, zijn voor het oostelijke overstek na gereedkoming van filmzaal 1 en het aflaten van de vijzels (fase 2 van het montageplan) de vervormingen en oplegkrachten berekend. De berekening van deze tussenfase is tevens gebruikt als controlemoment voor de gehanteerde belastingen, schematisering en oplegcondities. Met name dit laatste punt – de stijfheid van de fundering – vormt de grootste onzekerheid in



7a. Aansluiting vakwerk 1.4 en 3.3.

de schematisering. Dit is echter wel het onderdeel met de grootste invloed op de mate waarin de constructie moet worden opgezet. De verhouding van overstek en arm in de fundering is 3:1 zodat een lichte rotatie van de fundering direct grote gevolgen heeft in het uiteinde van het overstek.

Uiteindelijk wordt gekozen voor de opzet van de gehele staalconstructie (op basis van rotatie van de fundering en onderliggende constructie) in combinatie met het zegen van diverse spanten (op basis van vervormingen van het betreffende spant). Bij de montage blijkt de fundering tijdens de relatief korte montageperiode stijver te reageren dan de theoretische berekening. Verwacht wordt dat de fundering onder invloed van de belasting in de tijd zal nazetten. Het verschil tussen de gewenste en gerealiseerde situatie is lokaal opgelost in de afwerking.

Gevelaansluiting

Een belangrijke detail waar deze aspecten samenkomen is bij de gevelaansluiting van vakwerk 1.4 en vakwerk 3.3, de aansluiting van de oostelijke en westelijke uitkraging (afb. 7a).

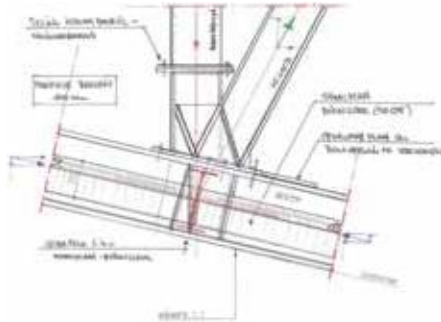


7b. Steiger voor gelaste knoop vakwerk 1.4 en 3.3.

Beide spanten zijn opgezet op basis van de verwachte rotatie in de betreffende funderingen en de vervorming van de spanten zelf met de aanwezige belasting. Daarnaast maken beide spandelen deel uit van gebouwdelen met een andere fasering. Samen met de onzekerheden van de funderingsstijfheid en de bouwtoerantie wordt een theoretische vervorming berekend met een grote spreiding. Bij het ontwerp is, samen met de staalconstructeur, in de aansluiting van deze spanten dan ook een detail ontwikkeld om verschillen tussen verwachting en werkelijkheid te kunnen ondervangen. Een massief blok staal is, na het maken van een houten dummy, pas gemaakt en tussen de spanten in het werk afgelast. Dit met een speciale stijger op 20 m hoogte, onder geconditioneerde omstandigheden (afb. 7b).

Principe standaardknoop

De locatie, direct aan het IJ, is zeer geschikt voor aanvoer van grote elementen over water. De afmetingen van de spanten zijn groot: de langste meet ruim 70 m. De bijbehorende krachten zijn in sommige knopen en staven aanzienlijk. Vanuit oogpunt van montage en



8. Principe standaardknoop.

incasseringsvermogen is het ontwerpuitgangspunt de spanten zelf volledig met gelaste knopen uit te voeren en voor de verbinding tussen spanten boutverbindingen toe te passen. Maar door de uitvoerende partijen wordt aangedrongen op boutverbindingen in de vakwerken: de productielocaties beperken de afvoer van dergelijke afmetingen. Ook de mogelijkheden om op het drukke IJ pontons af te meren zijn beperkt. Daarnaast kleven kwalitatieve en planningstechnische nadelen aan het samenstellen van de spanten met gelaste verbindingen op de bouwlocatie. Besloten wordt de knopen in de vakwerken zoveel mogelijk met boutverbindingen uit te voeren. Om voldoende incasseringsvermogen in de knopen te waarborgen zijn de boutverbindingen niet volledig uitgenut. Voor de standaardknoop in de hoofdvakwerken is het detailprincipe en de berekeningsmethode vooraf afgestemd tussen de hoofdconstructeur en het uitvoerend staalbedrijf en zijn constructeur (afb. 8). In de hoofdvakwerken zijn in het algemeen de getrokken wandstaven als HE-profiel uitgevoerd en de gedrukte als koker. De boven- en onderregel zijn



9. Vakwerk 1.1 in oostelijke uitkraging (boven).
10. Laswerk voor uit platen samengestelde kokers.

HE-profielen. De wandstaven zijn bij de K-vormige aansluiting op de onder- en bovenregel onderling verlast. De drukstaaf is met stuikverbindingen boven deze lasverbinding losgeknipt. Stuikverbindingen moeten, met verwaarlozing van de gunstig werkende normaalrukkraft, over een zekere momentcapaciteit beschikken. Bij het bepalen van de grootte van het op te nemen buigend moment is rekening gehouden met de relatief gunstige positie van de stuikverbinding nabij de knopen, zoals dit in de Britse normen wordt aangegeven. Dit resulteert in een lagere waarde dan de 25% van het grensmoment volgens artikel 11.4 van NEN 6772 en maakt een stuikverbinding met tweezijdige boutplaatsing in alle voorkomende situaties haalbaar. Rondom uitstekende kopplaten zijn op de meeste plaatsen niet mogelijk vanwege de ruimtelijke beperkingen uit het containermodel: ook de verbindingen moeten volledig tussen de vlakken blijven. De drukkracht in de verticaal maakt evenwicht met de verticale component in de getrokken diagonaal, zodat in de verbinding met



11. Ankers op hulpframe trekverankering vakwerk 1.1 (foto: de Nijs).

de randstaaf alleen een schuifkracht en het resterende moment van de staafmomenten moet worden overgebracht. Ook de excentriciteit van de schuifkracht ten opzichte van de randstaven en de in de knoop aangrijpende belasting is op de boutverbinding gerekend. Als extra borging is een stuijkplaat toegepast, die ook de vervorming in de verbinding door boutgatspeling beperkt.

Vakwerk 1.1

In vakwerk 1.1 (afb. 9) zijn de zwaarste belaste staven als dikwandige, warmgewalste kokers ontworpen. Vanwege de slechte verkrijgbaarheid zijn deze omgezet naar uit platen samengestelde gelaste kokers (afb. 10). De wanddikte is herberekend en voor een aantal staven gecorrigeerd vanwege de minder gunstige knikkromme voor samengestelde kolommen. De trekstaaf 400x50, gedimensioneerd op een trekkracht van ruim 20 MN, wordt in een 2,6 m dikke funderingspoer verankerd. Om de benodigde 38 M36 ankers nauwkeurig en plaatsvast te kunnen instorten zijn deze op een ingestort hulpframe gefixeerd (afb. 11). Bij montage zakt de 200 mm dikke voetplaat moeiteloos



12. Voetplaat trekverankering vakwerk 1.1 (foto: de Nijs).

over de ankers (afb. 12). In het betonblok wordt de trekkracht overgedragen aan zware ophangwapening die voor de verdere spreiding en afdracht zorgt. De drukpoot, uitgevoerd als een koker van 500x50, moet een kracht opnemen van 24 MN.

Bouwkundig detailleren

Zowel tijdens montage als gebruik zijn de vervormingen aanzienlijk. Door veranderlijke belasting, de laatste permanente belasting en nazetten van de fundering zal het uiterste punt van het overstek aan de oostzijde nog zo'n 6 cm nazakken. Voor de uitwerking van de bouwkundige aansluitdetails en voorzieningen zijn deze vervormingen in het ontwerp stadium inzichtelijk gemaakt. Zo rusten de gevels onder de grote filmzaal op de fundering en worden zij aan de bovenzijde gesteund door de grote gevelvakwerken in het oostelijke overstek.

Door het doorbuigen van de vakwerken zelf en het zakken van het oplegpunt in het overstek zal het aansluitdetail een vervorming van enkele centimeters moeten kunnen opnemen (afb. 14). Door pendelstaven tussen gevelstijl

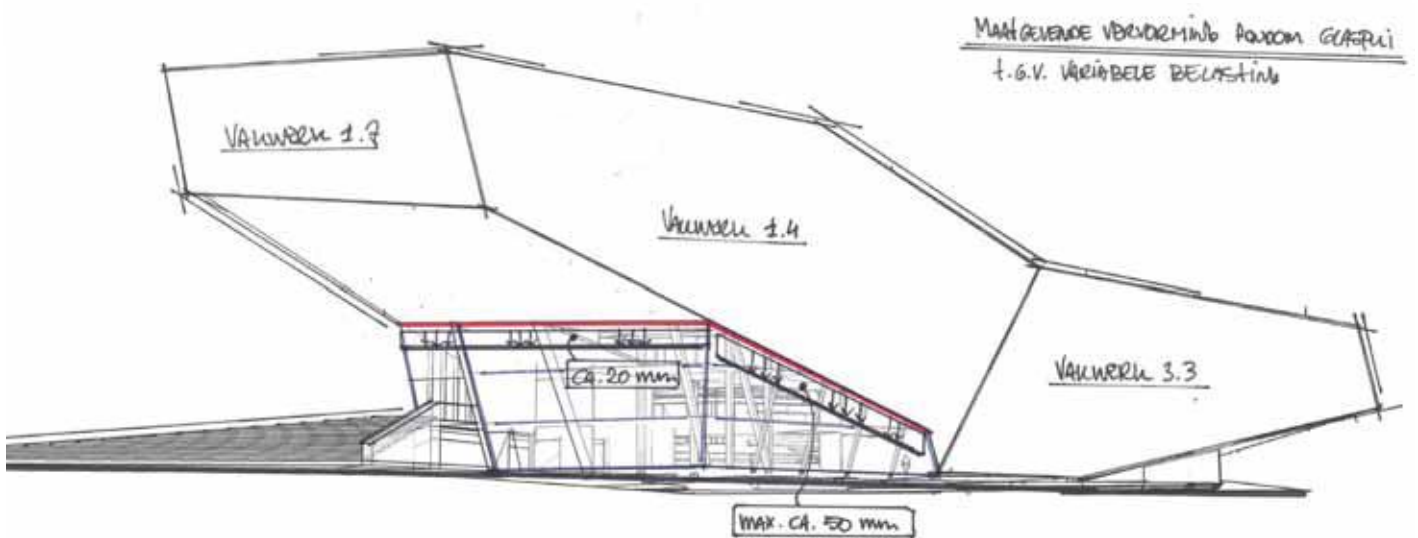
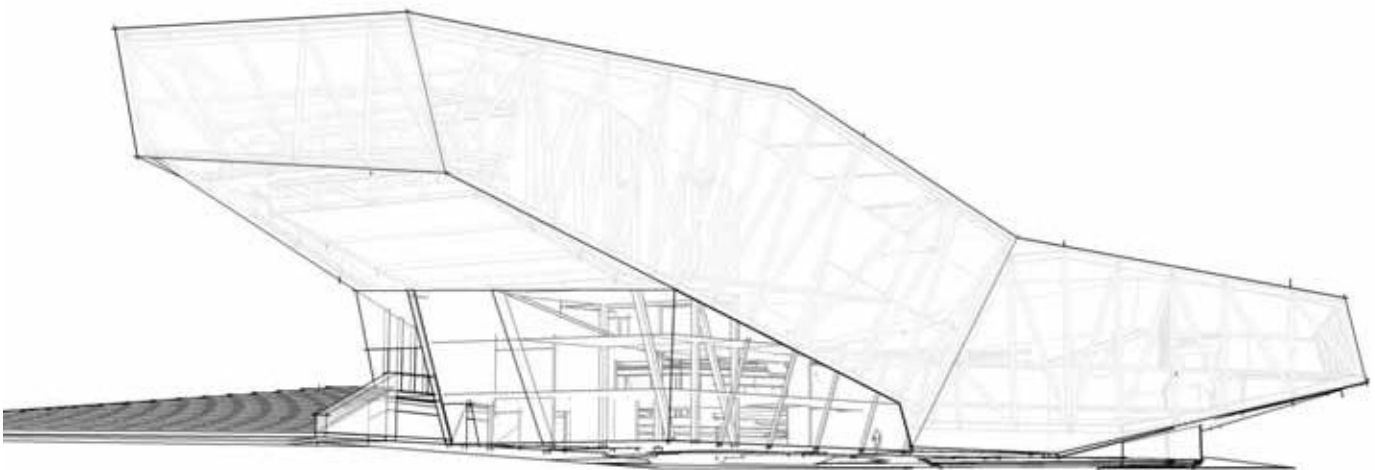


13. De staalconstructie wordt goeddeels aan het zicht onttrokken (foto: Erik Stekelenburg).

en achterliggende constructies kan deze vervorming spanningsvrij optreden.

Daadwerkelijke puzzel

Overhoeks is een stadsdeel in ontwikkeling en krijgt met het fraaie ontwerp van Delugan Meissl een echte blikvanger. Het programma van eisen en het ambitieniveau zetten de opgave voor alle betrokken disciplines direct op scherp. De stringente ontwerp-eisen met een complexe geometrie vragen om verregaande integratie en samenwerking. De daadwerkelijke puzzel zat dan ook in het mogelijk maken van deze integratie, in eerste instantie binnen het ontwerpteam en later met de uitvoerende partijen. De bereidheid om over de grenzen van het eigen werk en deelbelang heen te stappen is bij dit project, nog meer dan gebruikelijk, noodzakelijk gebleken. •



14. Vervormingen tijdens gebruik voor de detaillering van de gevelaansluiting.