

ir. E. Geldof en ir. S. Kiefte

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



# Het oog wil ook wat

**Het EYE Filminstituut moet het gezicht worden van de Nederlandse filmcultuur. De nieuwbouw van de hand van Delugan Meissl Associated Architects sluit aan bij die ambitie. Maar de dwingende architectuur met aan weerszijden een overstek vraagt achter de schermen om veel constructief geweld. De speelruimte om de krachtsafdracht te realiseren is klein. Behalve een vijftal deels sterk hellende kolommen, die op de architect moesten worden bevochten, zijn uitsluitend de gesloten gevelvlakken beschikbaar voor de afdracht van belastingen. Voor de beheersbaarheid en vrijheid bij montage wordt het gebouw in drieën opgedeeld.**

Aan de Noordzijde van het IJ, direct achter Amsterdam CS, wordt het oude Shellterrein herontwikkeld (afb. 1).

In de eerste fase worden appartementen gerealiseerd en de nieuwe huisvesting voor EYE – in 2010 ontstaan uit een fusie tussen het Filmmuseum, Holland Film, het Nederlands Instituut voor Filmeducatie en de Filmbank. Later worden het markante gebouw ‘Overhoeks’ en het Grootlab gerenoveerd en is meer nieuwbouw voorzien. Zo wordt een nieuw hoofdstuk toegevoegd aan de lange, bewogen geschiedenis van dit gebied: van middeleeuws galgenveld, via havengebied en Shell Researchterrein tot woon-, werk- en recreëerwijk Overhoeks in Amsterdam. Met als blikvanger het beeldbepalende EYE-gebouw.

### Ontwerptraject

Voor de nieuwbouw is de Ontwikkelings-Combinatie Overhoeks (OCO) opgericht waarin ING Real Estate en Ymere participeren. Delugan Meissl Associated Architects (DMAA) uit Wenen won in 2005 de prijsvraag voor de nieuwe huisvesting van het Filmmuseum, inmiddels opgegaan in EYE. DMAA ontwierp eerder onder meer het Porsche-museum in Stuttgart. De bouwkundige planuitwerking is verzorgd door Bureau Bouwkunde Nederland (BBNL). In 2008 raakte Bouwbedrijf M.J. de Nijs en Zonen als bouwkundig hoofdaannemer betrokken, met Moeskops Staalbouw als onderaannemer voor de staalconstructie. Als adviseur constructies heeft ABT voor de sculpturale vorm het ontwerp van de draag-



1. Situatie.

constructie en van de fundering gemaakt. De taak was de dwingende architectuur mogelijk te maken, maar tegelijkertijd de communicatie over de grenzen van de technische en financiële haalbaarheid niet uit het oog te verliezen.

Tijdens de uitvoeringsfase heeft ABT de engineering van het in situ beton verzorgd en veel energie gestoken in de afstemming en in de controle van de detailengineering van het staal. Gedurende de fabricage zijn ook in de diverse productielocaties kwaliteitsinspecties uitgevoerd.

### Bouwkundig ontwerp

Als draaipunt in het gebouw speelt de centraal gelegen arena op de eerste verdieping een belangrijke rol. Enerzijds als venster naar

buiten, met panoramisch uitzicht over het IJ en het CS, anderzijds als toegang naar andere publieksruimtes (afb. 3). De arena heeft de functie van verblijfsruimte, als theater en ontmoetingsplek. Van hieruit zijn drie op de begane grond gelegen filmzalen (2x120 m en 80 stoelen) met dubbele verdiepinghoogte te bereiken (afb. 4). Bovenop deze zalen is de expositieruimte (1200 m<sup>2</sup>) gelegen, waar de arena-trappen in overlopen (afb. 5). De ruimte onder de trappen wordt ingenomen door de kantine en bedrijfsruimten. Vanuit de meest oostelijke arenatrap leidt een trap nog verder omhoog naar de grote filmzaal (300 stoelen) en de daarom omheen gelegen foyers en regie- en technische ruimten. Deze bevinden zich in een spectaculair overstek van ruim 30 m (afb. 6).

### Constructief ontwerp

De totale omvang is een bescheiden 8700 m<sup>2</sup> bvo, maar uit de benodigde hoeveelheid staal (meer dan 110 kg/m<sup>2</sup> voor de hoofddraagconstructie) blijkt dat dit geen alledaags gebouw is. Het gebouw oogt als een sculptuur zonder duidelijke voor- of achterkant. Het is opgebouwd uit rechte vlakken met scherpe vouwen, waardoor het iets wegheeft van een origami vouwwerk met Stealth-eigenschappen. De vorm is al vroeg in het ontwerpproces door de architect bepaald en gefixeerd. Alle programmatische en technische aanpassingen en uitwerkingen dienden binnen deze contouren te worden gerealiseerd. Zo ook de hoofddraagconstructie. Ook de gewenste grote vrije ruimte voor de expo en arena leverde constructieve spanningen.

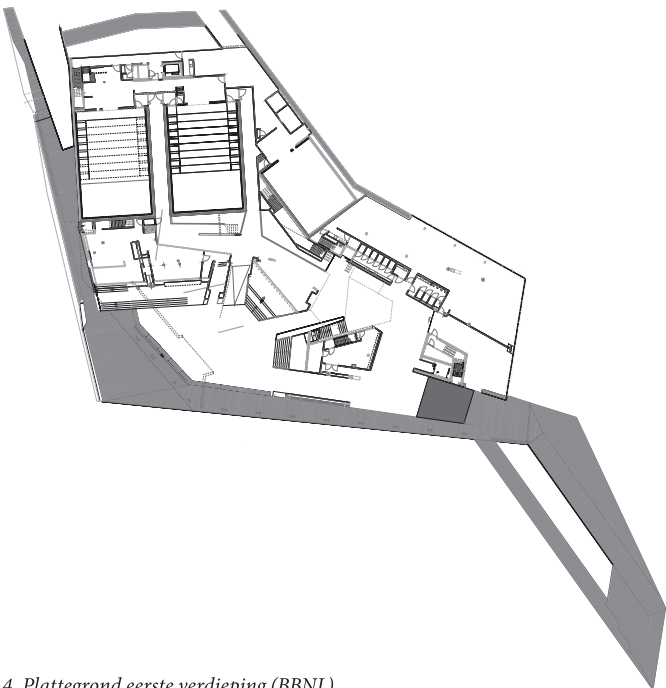




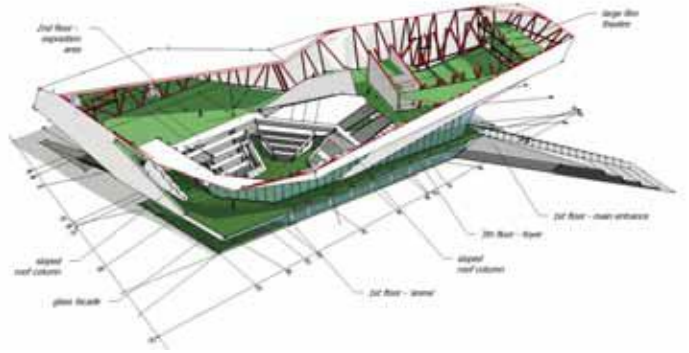
2. Zicht vanaf Centraal Station.



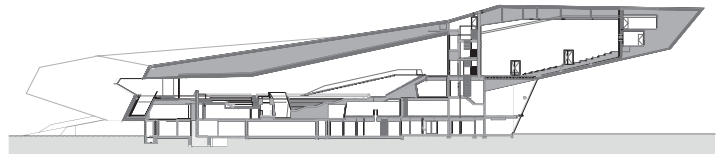
3. Interieur Arena en exterieur (DMAA).



4. Plattegrond eerste verdieping (BBNL).



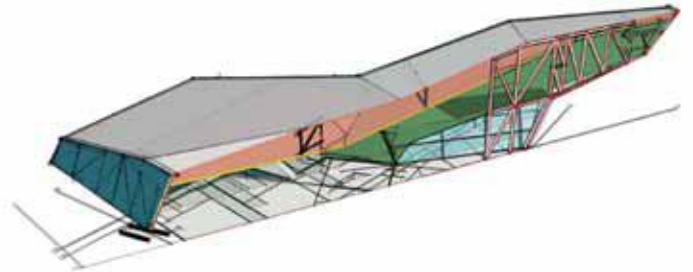
5. Opengewerkt perspectief.



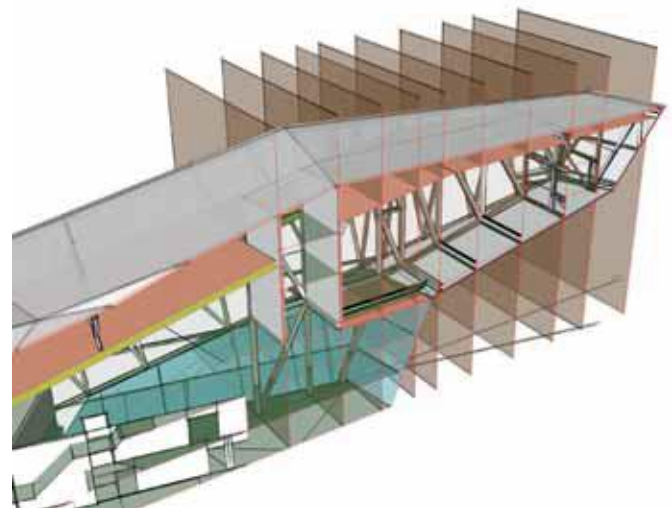
6. Doorsnede oostvleugel met de Arena en grote filmzaal (BBNL).



7. Doorsnede met containervlakken.



8. Hoofdvakwerk uitkraging in zijwand grote filmzaal.



9. Snedenmodel bij grote filmzaal.

De speelruimte om de krachtsafdracht te rationaliseren was beperkt. Bij de gegeven geometrie en de stapeling van functies over de verschillende lagen waren de mogelijke dragende elementen, die van dak tot fundering doorlopen, beperkt tot de twee stijpunten in het gebouw. Naast een vijftal, deels flink hellende kolommen in de expo en de arena, die moesten worden bevochten op de architect, zijn verder uitsluitend de gesloten gevelvlakken beschikbaar voor de afdracht van belastingen. Het uitzicht door de panoramische arenapui mocht niet worden belemmerd door constructieve elementen.

De gesloten gevelvlakken raken maar op enkele punten de fundering of onderbouw, waar de belasting kan worden afgegeven. Door de gevelvlakken als schijf uit te voeren zijn zij echter wel in staat de belasting in het gevelvlak te herleiden naar stijve punten in de bovenbouw. Dit leidt tot een indirecte belastingafdracht, wat gepaard gaat met de nodige domeffecten, grote overspanningen en vervormingen. Samen met de ruimtelijke effecten uit scheefstanden geeft dit veel constructief geweld.

### Containermodel

De complexe geometrie noodzaakte – meer nog dan gebruikelijk – tot goede en eenduidige afspraken tussen de verschillende partijen. Om de vorm en daarmee ook de beschikbare ruimte voor de constructie eenduidig vast te leggen is in het zogenaamde containermodel een aantal vlakken gedefinieerd. Dit betreft de buitengevels, de dakvlakken en de plafonds van publieke ruimten (afb. 7). Daarnaast volgen uit de functionele indeling constructieve randvoorwaarden, dan wel voorgeschreven posities voor constructieve elementen, zoals de filmzaalwanden en de hellende arenakolommen.

De vlakken definiëren de overgang van bouwkundig naar constructief pakket, zodat de tussenruimte beschikbaar is voor de constructie (zowel voor de profielen als de verbindingen): in de gevels is hiermee in de regel 30, soms 40 cm, beschikbaar. De constructieve ruimte tussen dak- en plafondvlak varieert van ongeveer 80 cm tot enkele meters. Gezien de overspanningen en overstekken zijn voor het merendeel vakwerken toegepast

(afb. 8). Constructief en uitvoeringstechnisch lag de keuze voor staal voor de hand. De grotere vakwerken zijn meer dan 70 m lang met een hoogte van meer dan 10 m.

### Piece of cake

In het containermodel is de beschikbare ruimte voor de constructie vastgelegd, in de vorm van vlakken. Een belangrijke volgende stap in het ontwerp was om binnen deze vlakken te komen tot een constructief logische en slimme uitwerking.

Voor de positionering van de constructieve elementen tussen de hoofdvakwerken (secundaire vakwerken en liggers) is de hoofdvorm in verticale vlakken doorgesneden. Hiertoe zijn verticale sneden in het gebouwmodel gemaakt, als ware het een cake. De tussenafstand varieert tussen de 5 à 7 m, afhankelijk van het containermodel, de geometrie en overige randvoorwaarden (afb. 9).

In de snijlijnen van deze plakjes met de vlakken uit het containermodel zijn de knopen van de hoofdvakwerken geplaatst. De secundaire vakwerken en liggers zijn eveneens in deze sneden gepositioneerd, zodat de krachten in de knopen van de hoofdvakwerken aangrijpen. Secundaire momenten en krachten in de vakwerken blijven zo beperkt.

### Hybride

Het streven naar een lichte constructie, een stempelloze uitvoering en akoestische eisen hebben geleid tot een hybride constructie (afb. 10). Als vloersysteem komen zowel in het werk gestorte vloeren voor (deels met vza of bekistingsplaat) als kanaalplaat- en staalplaatbetonvloeren. Voor de verticale elementen is beton (tot C53/65) en staal toegepast.

### Schematisering

De hoge mate van statische onbepaaldheid en aanhoudende wijzigingen in het statisch systeem tijdens de opbouw van de hoofdconstructie leidden tot complexe en omvangrijke schematiseringen en berekeningen. Hierbij is een balans gezocht tussen enerzijds een veilige maar ook weer niet onnodig conservatieve krachtsverdeling en anderzijds het streven om geen al te zware wissel te trekken op de uitvoering door constructieve beperkingen aan de montage.

### Drie bouwdelen

Om de krachtswerking beheersbaar te houden is het gebouw in drie bouwdelen opgedeeld: het overstek van de grote filmzaal 1 aan de oostzijde, het arenagebied met de hellende kolommen in het centrum en het overstek van de expositie achter filmzaal 2 en 3 aan de westzijde. Deze zijn als op zichzelf staande onderdelen doorgerekend op de volledige belasting.

Door deze principiële keuze in de schematisering is een relatief grote vrijheid voor de montage gecreëerd en kunnen de tijdelijke stempel- en schoorvoorzieningen beperkt blijven. Voor het bepalen van de krachtsverdeling is gebruik gemaakt van ESA-PW-modellen. De hoofdvakwerken zijn als losse 2D-elementen en als ruimtelijk samenstel in het betreffende bouwdeel doorgerekend. Op deze wijze is een goed inzicht verkregen in de (vereenvoudigde) krachtswerking en de optredende ruimtelijke effecten. De uiteindelijke staafcontroles zijn niet in het ESA-model uitgevoerd, maar met losse rekenroutines teneinde ook een gevoelsmatige beoordeling van de staafkrachten te waarborgen.

#### *Bouwdeel 1 – overstek oostzijde grote filmzaal*

De grote filmzaal wordt in de lucht gehouden door twee uitkragende spanten bij de filmzaalwanden (afb. 11). Beide spanten hebben een verschillende vorm en afmeting en werken volgens het principe van een (eenvoudig) trek/druksysteem. Eén van de spanten begint vanaf funderingsniveau, de ander vanaf een betonwand op niveau 3. Door een beperkter overstek reageert het spant op de betonwand stijver.

Door het verschil in stijfheid nemen beide spanten niet evenveel belasting op en vindt er een ruimtelijke herverdeling plaats die in de vormvaste constructie rondom de filmzaal wordt opgenomen. De horizontale krachten worden uiteindelijk door de stijve kern achter de filmzaal naar de fundering afgedragen. Behalve het beheersen van krachten speelt de beheersing van vervormingen een belangrijke rol bij overstekken van 16-32 m. De gevelspanten zijn met het oog hierop gebruikt als een 'teugel' die het uiteinde van de filmzaal aan oostzijde aan niveau 1 verbindt en aan de westzijde direct aan de fundering koppelt.

Hierdoor is de vervorming uiteindelijk aanzienlijk gereduceerd dan wanneer de constructie van filmzaal 1 alleen de stijfheid zou moeten leveren. Bovendien maken gevelspannen de eerder genoemde ruimtelijke herverdeling van krachten beter beheersbaar.

#### *Bouwdeel 2 - hellende kolommen arenagebied*

De golvende dakconstructie wordt bij de arena ondersteund door drie stalen kolommen die in verschillende richtingen onder verschillende hoeken zijn gepositioneerd (afb. 12). De twee grootste kolommen, aan de voorzijde van het gebouw, wijzen als het ware naar de grote glaspui die de verbinding van het gebouw met de omgeving vormt. Dit accent wordt extra benadrukt door een hellingshoek van ongeveer 50°. Beide kolommen zijn op niveau 1 verticaal ondersteund door een betonwand en zowel in het dak als op niveau 1 horizontaal gekoppeld. De portaalwerking die op deze manier kan ontstaan zorgt ervoor dat de vervormingen door variabele belasting en nazetting van de fundering zo beperkt mogelijk blijven. In de veiligheidsfilosofie voor het gehele gebouw is ervoor gekozen de kolommen ook op sterkte te dimensioneren op een schema van volledige uitkraging per kolom, zonder de portaalwerking.

#### *Bouwdeel 3 - overstek westzijde*

Voor het overstek aan westzijde geldt een soortgelijk principe als voor het overstek van de grote filmzaal (afb. 13). De binnenconstructie, in de vorm van een filmzaal, is hier echter afwezig, waardoor de krachtsafdracht naar de fundering met minder tussenstappen plaatsvindt. De basis wordt gevormd door een groot spant over de gehele breedte van het gebouw dat op drie punten op de onderliggende betonwand is opgelegd. De gevelspannen omsluiten, samen met vloer- en dakconstructie, de installatieruimte en delen van de expositieruimte op niveau 2. Ook aan deze zijde is sprake van een groot verschil in stijfheid tussen hoofdspant en opleggingen van de gevelspannen, waardoor horizontale krachten in de dakconstructie, niveau 2 en de fundering ontstaan. Met name aan de noordzijde, waar het hoofdspant 13 m uitsteekt om vervolgens een uitkraging van het gevelspant van 12 m op te vangen.

### **Gebouw als geheel**

Naast de indeling om de krachtswerking per onderdeel te beheersen is een ruimtelijke berekening onontbeerlijk om inzicht te krijgen in de werking van het gebouw als geheel (afb. 14). In deze berekening zijn vooral de gevolgen van de scheefstanden en van de variabele belastingen bepaald voor de dakconstructie en voor kritieke verbindingen in spanten en aan de fundering.

Uit de analyses blijkt dat de interactie tussen beide overstekken aan weerszijden van grote invloed is op de krachten in de dakconstructie. Daarbij wisselt in sommige spanten de staafkracht van teken ten opzichte van eerder bepaalde schema's, zoals eerder beschreven (trek wordt druk en andersom). Deze verbindingen en staven zijn ook op deze belastingcombinatie ontworpen.

Een inschatting van het deel van de belasting dat wordt afgedragen via dit totaalmodel is gebaseerd op een vroegtijdig met de uitvoerende partijen afgestemde montagewijze en volgorde. Behalve de veranderlijke belastingen betreft het ook een deel van de permanente belasting. Hierbij is de belasting op de losse modellen omgekeerd evenredig gereduceerd met de gerekende belasting op het totaalmodel. Na het superponeren van de staafkrachten uit de modellen van de losse bouwdelen en uit het totaalmodel is beoordeeld voor welke onderdelen dit maatgevend is boven de losse modellen met de volledige belasting. Door enige overlap in de belastingen aan te houden is een zekere overschatting van de krachten in de constructie, en daarmee een bovengrensbepaling, bewerkstelligd. Bij het bepalen van de belasting op het totaalmodel is rekening gehouden met de invloed van latere funderingszettingen en kruip in de betonnen onderconstructie. Door deze effecten wordt een deel van de oorspronkelijk via de losse modellen aangrijpende belasting herverdeeld via het totaalmodel. Om de invloed op de paalstijfheden van zettingen in de Eemkleilaag en van de op korte onderlinge afstand aangrijpende grote druk- en trekkrachten goed te modelleren, zijn in Plaxis vervormingsberekeningen gemaakt. De hieruit volgende langeduur paalstijfheden bedragen grofweg de helft van die voor de korteduur in de modellen van de losse bouwdelen.

### **Brandveiligheid**

De brandwerendheid van de hoofdconstructie moet volgens het Bouwbesluit 90 minuten bedragen. Gezien de bijdrage aan de totale krachtswerking behoort hiertoe ook de dakconstructie. In het bestek is aangegeven dat de staalconstructie voldoende brandwerend gemaakt moet worden door bekleden, coaten of 'inpakken' in brandwerend uitgevoerde bouwkundige wanden. Daarnaast is de mogelijkheid gegeven om de brandwerendheidseis te reduceren met 30 minuten bij aanwezigheid van een sprinklerinstallatie of vanwege een lage vuurbelasting, uiteraard in overleg en met toestemming van de bevoegde instanties.

Bij de verdere invulling is door de uitvoerende partijen gekozen voor een combinatie van bovengenoemde maatregelen. Zo is een inventarisatie gemaakt van de aanwezige bouwkundige (voorzet)wanden waaraan een bepaalde brandwerendheid kan worden ontleend. Ook is op basis van de aangeleverde doorrekening van de bijzondere belastingcombinatie 'brand' de kritieke staaltemperatuur bepaald teneinde de benodigde laagdikte voor de brandwerende coating te minimaliseren. •

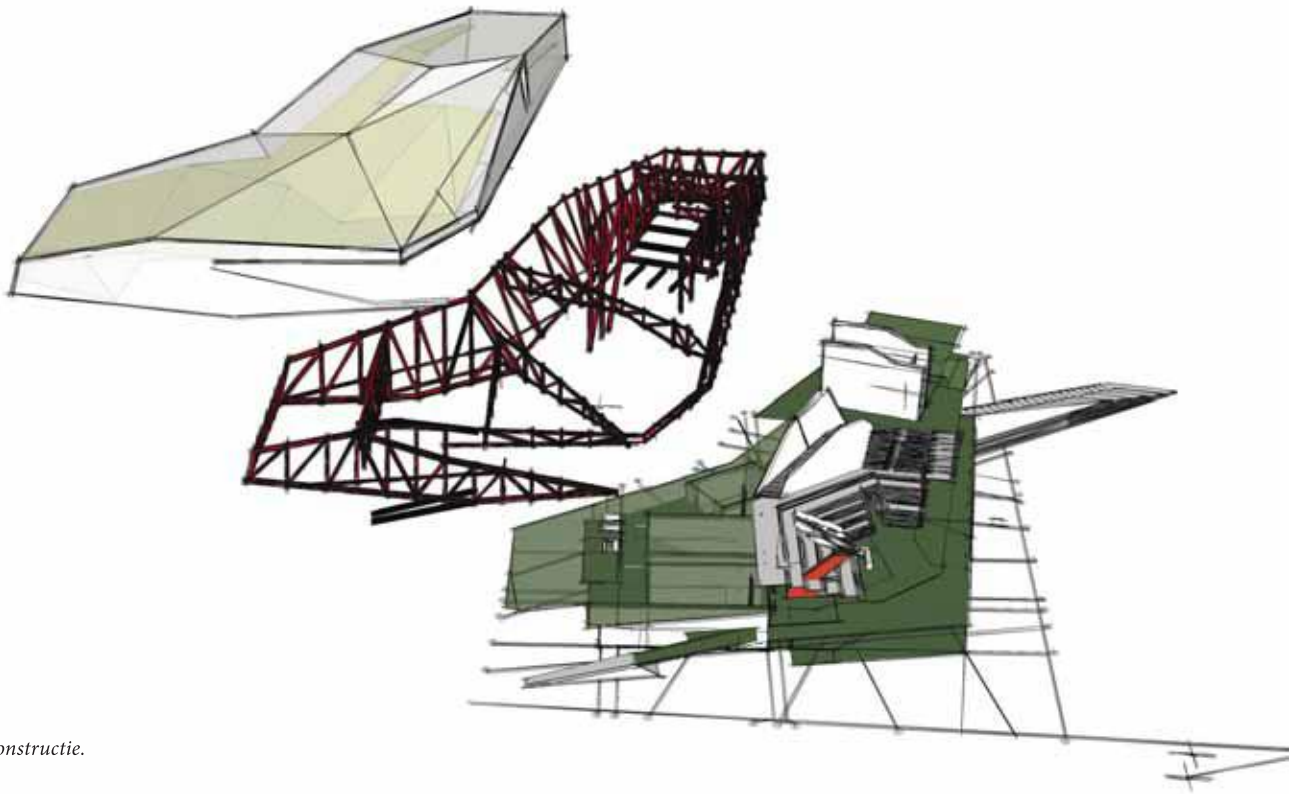
#### **Projectgegevens**

*Locatie* Overhoeks, Amsterdam • *Opdracht* OntwikkelingsCombinatie Overhoeks (OCO) • *Bouwdirectie* Rhijnleve Vastgoed, Bodegraven/Vermeent Bouw- en adviesburo, De Meern • *Architectuur* Delugan Meissl Associated Architects (DMAA), Wenen • *Bouwkundige planuitwerking* Bureau Bouwkunde (BBNL), Rotterdam • *Constructief ontwerp* ABT, Delft • *Adviseur installaties* Techniplan Adviseurs bv, Rotterdam • *Adviseur bouw fysica en akoestiek* Peutz, Zoetermeer • *Uitvoering* Bouwbedrijf de Nijs en Zonen, Warmenhuizen • *Staalconstructie* Moeskops Staalbouw, Bergeijk • *Data start bouw* juli 2009, oplevering eind 2011

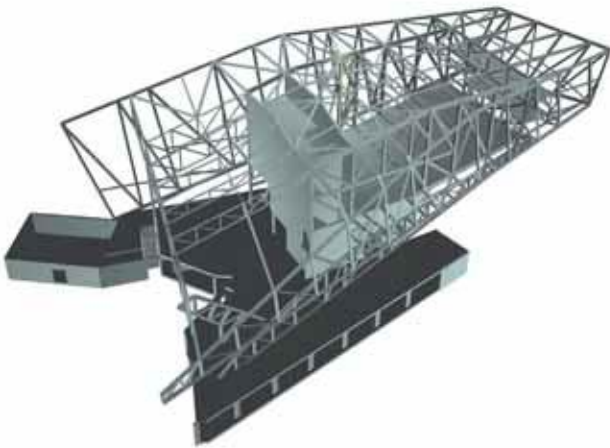
#### **Meer informatie**

[www.eyefilm.nl/nieuwehuisvesting](http://www.eyefilm.nl/nieuwehuisvesting) • [www.overhoeks.nl](http://www.overhoeks.nl) • [www.abt.eu](http://www.abt.eu) • [www.dearchitect.nl/nieuws/2010/10/04/vidoeverslag-bouwplaats-eyefilm-museum.html](http://www.dearchitect.nl/nieuws/2010/10/04/vidoeverslag-bouwplaats-eyefilm-museum.html)

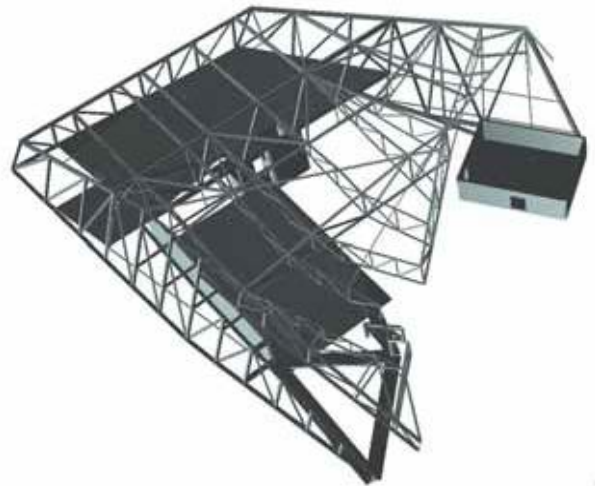




10. Hybride constructie.



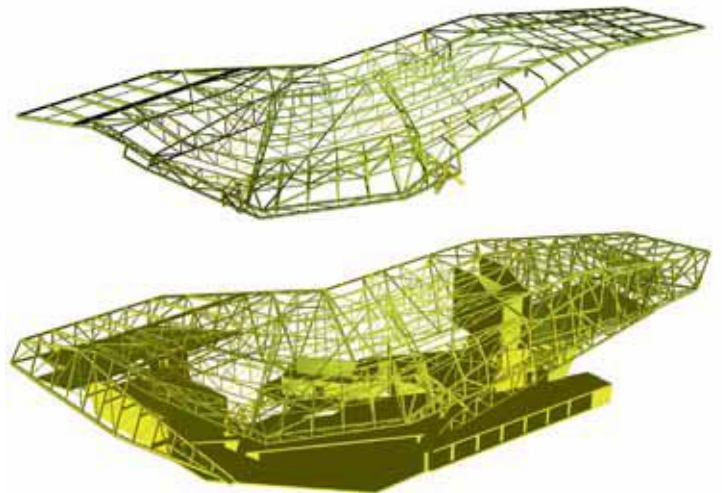
11. Constructie rond de grote filmzaal.



13. Constructie overstek westzijde.



12 Staalconstructie Arenadak.



14. Staalconstructie als geheel.