
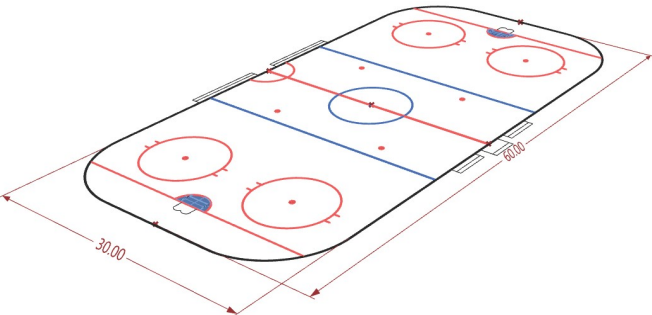



Hackathon@ Staalbouwdag: the case




Design the steel roofstructure for a hockey stadium located in the Netherlands. The steel structure must meet the underneath stated requirements. Both, the main bearing structure and the structural steel details will be judged on **efficiency**, **aesthetics** and **buildability**.



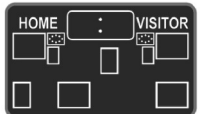
Transport dimensions: max 25 x 4 x 3 m



2000 seats



Scoreboard 50 kN



Hackathon time planning


Time	Activity
09:00	Start Hackathon (Intro, programme and case description)
09:15	Part 1
10:30	Concept presentation
10:45	Part 2
12:30	Lunch
13:30	Part 3
15:30	Prepare presentations
16:00	Presentations (4 min per group)
16:45	Juryverdict
17:15	Announcement and homage striking team

Presentation

Each team will give a 4 minute presentation (preferably in Dutch) about the design of their steel structure. Answer the following questions in your presentation:


- What did you vary in your model and how did this influence your final design?
- How are the structural details incorporated in your design, where in the structure are the bolted connections?
- How did collaboration improve your design?
- Which unique feature/method did you add to your model?

Min clearance height

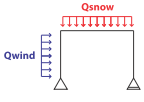



8 meter

Add unique feature



Load cases

Part	Abbreviation	Characteristic value
Selfweight	EG	Variable
Facade and roof cladding	G	1,00 kN/m ²
Scoreboard	SB	50 kN
Wind (Gebied 2, onbebouwd)	W	1,00 kN/m ²
Snow	S	0,56 kN/m ²

Load combinations

Combination name	Combination
SLS-1	(EG+G+SB)+W
SLS-2	(EG+G+SB)+S
ULS-1	1,35*(EG+G+SB)+1,65*W
ULS-2	1,35*(EG+G+SB)+1,65*S

IJshockeystadion in zes uur

Tijdens de Nationale Staalbouwdag 2019 gingen negen multidisciplinaire ontwerpteams de strijd aan in een parametrisch ontwerp. De opgave: ontwerp een optimale staalconstructie van een ijshockeystadion in zes uur tijd: Hackathon. Elk team bestond uit minimaal een architect, een constructeur en een detailengineer/staalbouwer. Het doel: behalve een effectieve en economische draagconstructie, vooral integrale samenwerking entameren waarin door juist en doelmatig schakelen tussen de verschillende disciplines efficiënt de ontwerpkeuzes kunnen worden gemaakt.

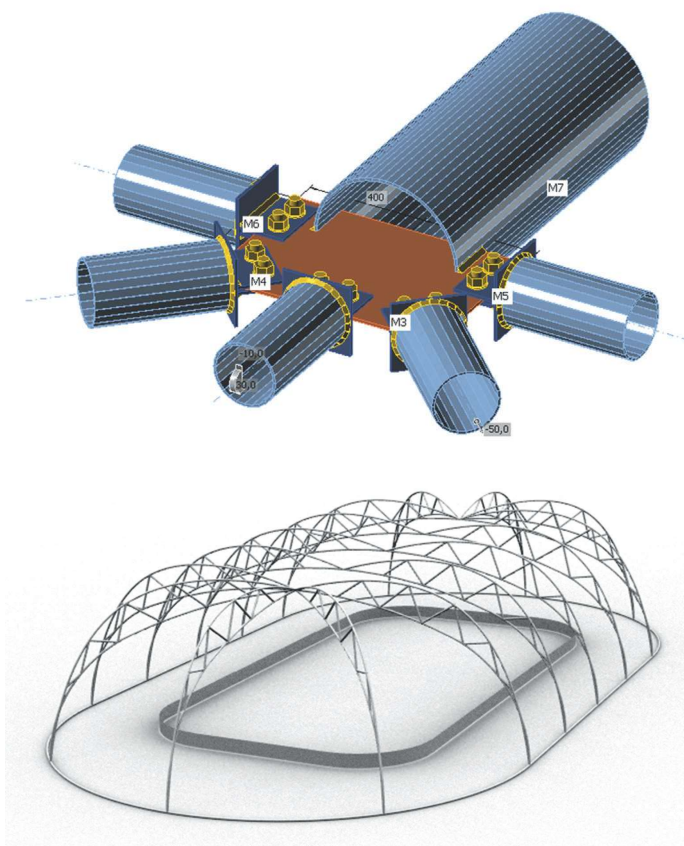
Van de redactie, met dank aan Rayaan Ajouz, constructeur bij ABT in Delft en projectleider van het onderzoek SMARTconnection.

De ontwerpmarathon telde vijf gemengde teams, met deelnemers vanuit verschillende bedrijven, en vier teams met deelnemers van hetzelfde bedrijf. Het stadion moest aan een aantal eisen voldoen, zoals aantal zitplaatsen, de montage van het scoreboard en gelimiteerde transportdimensies. Voor het programma van eisen: zie *afbeelding*. Het uiteindelijke ontwerp en de bijbehorende staaldetails werd door de jury beoordeeld op efficiëntie,

esthetiek en maakbaarheid. De wedstrijd was een activiteit in het kader van het lopende technisch 'SMARTconnection'- onderzoek van Bouwen met Staal en ABT, uitgevoerd door Rayaan Ajouz, tevens regisseur van de Hackathon. De redactie vroeg elk team hun bevindingen met de lezer te delen, waarvan hier de afzonderlijke verslagen en hun leermomenten.

Team 1.

Misha van der Willigen, Hollandia Infra (detailengineer) • Giorgio Ramsaroep, Voortman Steel Construction (detailengineer) • Lieuwe Thys Meekma, White Lioness Technologies (architect) • Lennart Wiltjer, Imd Raadgevende Ingenieurs (constructeur).

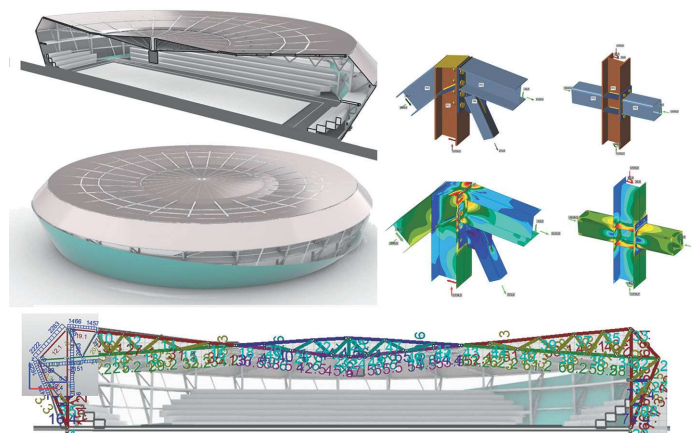


'Na kennismaking tussen de teamleden, hebben we de koppen bijeengestoken. Wie heeft welke expertise en ervaring en hoe kunnen we deze het best inzetten? We maakten de aanname dat de projectlocatie in regio Rotterdam was en zijn aan de slag gegaan. Een robuust, stoer, no-nonsense ontwerp met de mogelijkheid tot moderne uitingen in de gevel. Uiteindelijk viel de keus op een opzet uit een driescharnierspant om een simpele constructie na te streven. De parameters waren de spanthoogte, voor de VIP-tribunes hangend tussen de spanten, en de kromming (*curvature*) van het spant. We besloten de groep op te splitsen in twee teams van twee personen om sneller iteraties binnen het ontwerp en constructie te kunnen realiseren. Eén team was verantwoordelijk

voor het parametrisch ontwerp en het optimaliseren van de algehele constructie in Rhino/Grasshopper. Het andere team ontfermde zich over de uitwerking van twee typische knooppunten in IDEA Statica. Door outputs binnen de workflow vooraf vast te stellen konden er snel iteraties en optimalisaties worden uitgevoerd. Naast het maken van een parametrisch model en workflow voor een staalconstructie van een ijshockeyhal, was het proces van samenwerken tussen de teamleden boeiend. Na een korte introductie gingen we direct aan de bak, waarbij binnen een paar uur via parametrisch modelleren een mooi resultaat is geboekt. De hackathon heeft aangetoond dat een parametrische werkwijze een mooie en essentiële ontwikkeling is voor de bouwsector.'

Team 2. 'De Puck'.

Hanjo Hoogendoorn, Hollandia Infra (constructeur) • Anurag Bhattacharya, ZJA Zwartz & Jansma Architecten (architect) • Thijs Oerbekke, Thijs Staal Advies (detailengineer).



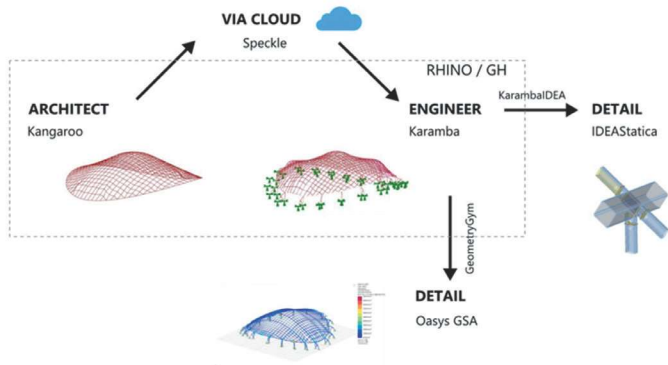
'In ons stadionontwerp staat de sport centraal, met een cirkelvormige stoelindeling die sfeer combineert met kijkervaring. Een scorebord van 360 graden hangt aan de dakconstructie, in het midden van het speelveld. Het robuuste gevelontwerp refereert aan wat zich binnen in afspeelt: beweging. Het cirkelvormige basisontwerp garandeert een optimaal zicht en is met een parametrisch ontwerp opgezet.

Het binnenvolume is vastgesteld om te voldoen aan het speelveld en aantal zitplaatsen. De maximale transportafmetingen, de h.o.h.-maten en de profielafmetingen zijn sturende parameters geweest voor het bepalen van de optimale constructie. Als eerste is een iteratief ontwerpproces gebruikt om meerdere spantvarianten door te rekenen om tot ideale spanafmeting en profielen te komen, hierbij zijn parallel een ontwerp- en rekenmodel gebruikt. Daarna zijn op basis van de krachtswerking de verbindingskrachten geëxporteerd en berekend in IDEA, waarbij door meerdere iteraties tussen IDEA en rekenmodel de profielafmetingen verder zijn geoptimaliseerd. Daarbij is de nadruk gelegd op de totaalkosten. Zo zijn de kolommen

verzwaard en is de bovenregel van het spant gewijzigd in een H-profiel om de verbinding te vereenvoudigen. Door een optimale afstemming tussen profielen en verbindingen zijn de totaalkosten lager. Het eindresultaat is een cirkelvormige ontwerp met regelmatige spantafstanden waarbij 26 identieke spanten zijn voorzien om de maakbaarheid van het ontwerp te vergroten. Repetitie zorgt immers voor kostenverlaging en foutreductie. Hierbij is rekening gehouden met de maximale transportafmetingen. De spanten zijn qua afmeting maximaal zodat normaalkrachten en daarmee profielafmetingen beperkt blijven. Ook zorgen de maximale afmetingen voor minder verbindingen op de bouwlocatie. We zijn 's ochtends als drie individuen bij elkaar gekomen, zonder iets te weten van het andere teamlid. Door de mix van disciplines en de intensieve samenwerking ontstond al snel een team met duidelijke taken, en uiteindelijk een fantastisch en leerzaam eindresultaat.'

Team 3.

Lennert van der Linden, ARUP (constructeur) • Maria Selkou, ZJA Zwarts & Jansma Architecten (architect) • Jort Winkel, Octatube (detailengineer).



Voor de spelbeleving zijn de zitplaatsen zo dicht mogelijk op het speelveld gepositioneerd. De gridschaal-constructie is omhoog gebracht om ruimte te maken voor functies en toegangsmogelijkheden. De vorm van de gridschaal is bepaald met een vormstudie gebaseerd op het hangende ketting-principe die Gaudí toepaste bij het ontwerp van de Sagrada Familia. Uitgangspunt hiervoor waren de rand van de tribunes en de puntlast in het midden van het dak voor het scorebord.

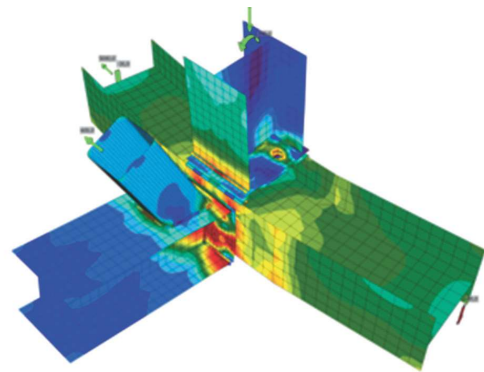
De gridschaal is een lichtgewicht constructie die bij juist gekozen dubbele kromming, uniforme verticale vlakbelastingen via normaalkrachten afdraagt. Buigende momenten worden hierdoor voorkomen waardoor constructiehoogtes beperkt kunnen blijven. Om deze schaal efficiënt te laten werken, is het belangrijk om de opleggingen zo star mogelijk te ontwerpen. De steunberen die de gridschaal draagt, zijn ontwikkeld via een topologie-optimalisatie, waarbij gezocht wordt naar een zo stijf mogelijke constructie bij aangebrachte randvoorwaarden en belastingen. Kritisch is het detail van de oplegging. In theorie kunnen deze scharnierend worden uitgevoerd. De constructie zal opgeknipt worden in 'ladders' waarbij het ontwerp van de aansluiting tussen de ladders belangrijk is om op de bouwplaats

de grote delen zo efficiënt mogelijk te kunnen verbinden. De verbindingen in de steunberen zullen zo veel mogelijk onder rechte hoeken aansluiten voor maakbaarheid. De afmetingen van de steunberen zijn zo gekozen dat deze als geheel vervoerd kunnen worden via wegtransport.

Het idee achter de structuur van de workflow was het verkrijgen van een optimale workflow. Het uitwisselen van data werkt pas goed wanneer van tevoren duidelijk afgesproken wordt welke data uitgewisseld gaat worden om met zo veel mogelijk met software onderling te kunnen 'praten'. Parametrisch gegenereerde geometrie met Kangaroo (door de architect) werd via Speckle (een live link met de cloud) direct ingeplugd in het eindige-elementenpakket Karamba in een separaat model van de constructeur. Zo kon bijvoorbeeld met de input van de detailingenieur de maaswijdte worden geoptimaliseerd, zodat de afmetingen van de ladders binnen de maximaal vervoerbare afmetingen vielen. Via de plug-in GeometryGym is deze, tot dan toe, volledig parametrische werkwijze direct te versturen naar uitgebreide pakketten zoals Oasys GSA. Via de Karamba IDEA-link is het potentieel mogelijk om in een vroeg ontwerpstadium knopen direct te exporteren naar IDEA Statica Connection.

Team 4. | WINNAAR

Joey Janssen, Octatube (constructeur) • Rick Bruins, abtWassenaar (constructeur) • Alexander van Beelen, Oostingh Staalbouw (detailengineer) • Mick de Haan, AIP partners (architect).



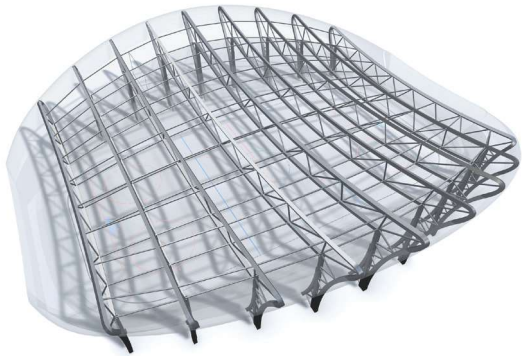
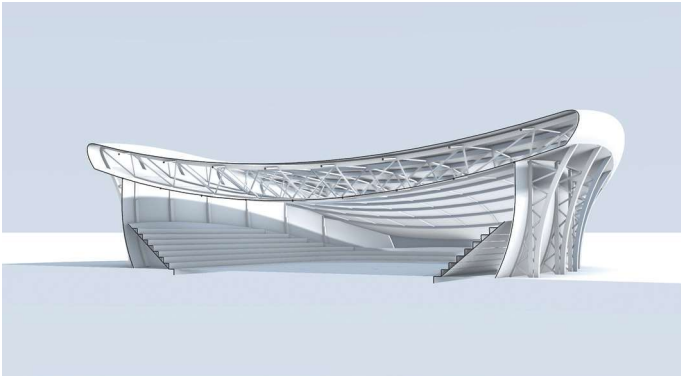
'Nadat we om 9 uur waren ontvangen door de organisatie, ontmoeten we elkaar als teamgenoten voor het eerst. Het doel van de dag wordt meteen is stuk duidelijker: een integraal ontwerp ontwikkelen met verschillende rollen aan één tafel.

De case is duidelijk. Het eerste uur denken we vooral na over het concept waarbij verschillende ontwerp-eisen van de ijshockeystadion bij elkaar moeten komen; de transport-eisen, de vorm van het hockeyveld, genoeg zitplekken en natuurlijk het scorebord. Los van elkaar schetsen we wat en bespreken de verschillende ideeën. We komen tot het idee om een dak te maken als een soort "fietswiel-constructie", waarbij we de zitplaatsen verwerken in de overgang van een rechthoekig veld naar een cirkel- of ellipsvormig dak. De feature van het ontwerp wordt de verwerking van het scorebord in de binnencirkel

van dakconstructie. Dit bepaalt ook direct waar in het stadion zitplekken mogelijk zijn en waar je het veld en het scherm kan zien. Dan gaan we in tweetallen parallel verder. De architect en constructeur vertalen het concept in een constructief ontwerp. En een constructeur en detail constructeur gaan een rekenmodel opzetten. Hierbij werken we naar elkaar toe, met als overgangspunt een lijnmodel (ontwerp lijnmodel/rekenmodel). Dit wordt tussendoor een aantal keer getest en resulteert uiteindelijk in een volledig parametrisch model, met de afmetingen (hoogte en ellipsradii) van het stadion en aantal "spaken" in het fietswiel als variabelen. Als laatste wordt nog snel een 4-minutenpresentatie in elkaar gezet die we presenteren aan de vakjury en alle andere geïnteresseerden. Na lang beraad bepaalt jury dat ons ontwerp en proces de eerste plek verdiend.'

Team 5.

Sander Lamping, IMd Raadgevende Ingenieurs (constructeur) • Eron Estrado, ASK Romein (detailengineer) • Kamran Helmand, GS Staalwerken Groep (detailengineer) • Lex Meijer, abtWassenaar (constructeur).

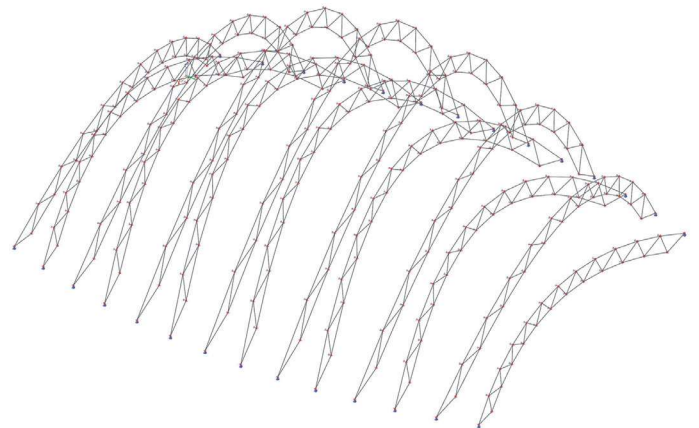
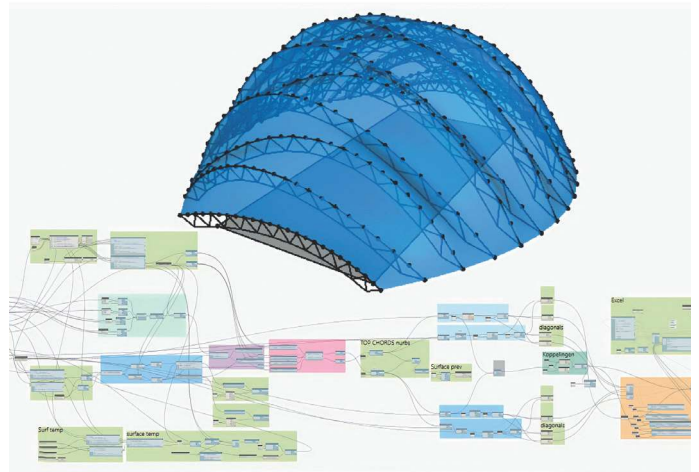


‘De doelstelling van team 5: plezier beleven aan het integraal ontwerp van een gebouw dat we zelf graag zouden willen bezoeken. Het ontwerp kenmerkt zich door zijn bijzondere vorm van het dak. Het ontwerp is integraal van de grond gekomen, waarbij er intensief is meege gedacht door architect, constructeur en detailengineer. Naast de vorm was een ander belangrijk uitgangspunt, de functionaliteit. De kijkhoeken en afstand tot de middencirkel zijn geoptimaliseerd waardoor het grootste aantal zitplaatsen aan de lange zijden zijn gepositioneerd. De tribunes langs de zijlijn zijn het hoogst en in de hoeken zijn de zitplaatsen beperkt. Bovenstaande uitgangspunten leiden tot een dak met dubbele kromming dat wordt gedragen door gekromde vakwerken die naast een dragende functie ook direct het architectonische beeld weergeven. De samenwerking

tussen vorm en kracht is het best zichtbaar in de constructie aan de zijkanen. De verticale dragers worden voor de stabiliteit van het geheel bijgestaan door gekromde vakwerken. Het model is integraal opgebouwd in Grasshopper, met een visualisatie in Rhino, berekeningen in Karamba en een export naar IDEA Statica voor de berekening van verbindingen. Op deze manier was iedereen direct bij elke keuze betrokken en werd er een ideale vorm gegenereerd. De vorm werd geoptimaliseerd op het gebied van: het aantal vakwerken, de hoogte van de vakwerken, verdeling van de vakwerken, staalprofielen, piekspanningen in verbindingen, de kromming van het dak met betrekking tot sneeuwophoping en wateraccumulatie. Hoewel we niet met de overwinning naar huis gingen, in de doelstelling zijn we zeker geslaagd.’

Team 6.

Alexander Nagui, ASK Romein (detailengineer) • Vladimir Skoric, ASK Romein (detailengineer) • Marcin Staszczuk, ASK Romein (architect) • Mohamed Adil, TU Eindhoven (constructeur).

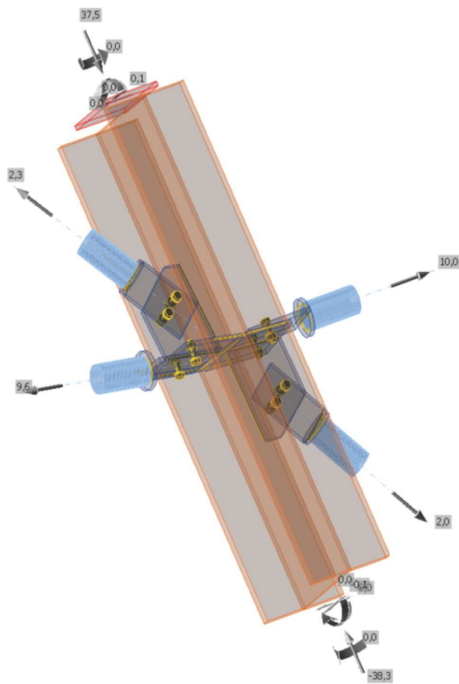


‘Als uitgangspunt kozen we voor een boogconstructie uit spanten. Om de constructie architectonisch aantrekkelijk en interessant te maken, besloot het team om de structuur asymmetrisch uit te voeren in de dwarsdoorsnede en in lengterichting. De variabele parameters waren: hoogte van de spanten, bocht van de spanten, h.o.h.-afstand tussen hoofdspanten en type profielen. Om dit soort input parametrisch te realiseren, maakten we gebruik van het softwarepakket Dynamo. Hierdoor konden we met de geometrie van het stadion spelen. De geometrie werd geëxporteerd naar Scia Engineer waarmee

de hoofddragconstructie was doorgerekend. Hiermee was gekeken of de constructie voldeed aan de Eurocode's. Vervolgens werden een aantal knoppen naar IDEA Statica geëxporteerd met de standaardkoppeling tussen twee rekenprogramma's, om te kijken of de constructie optimaal was op het verbindingniveau. De output van twee softwarepakketten zou nog verder uitgezocht kunnen worden met parameters zoals constructiegewicht, aantal bouten, lasvolume, aantal bewerkingen, et cetera. De Hackathon hebben we als heel positief ervaren. De volgende editie zouden we graag weer mee willen doen.’

Team 7.

Daria Safonova (architect), Damy van den Bergen (constructeur) en Jeroen Koeken (detailengineer), allen van IV-Consult.



‘Since we are a team of structural engineers, we decided first to sketch individually three concept variants, discuss them and decide which one has the most potential in terms of structural efficiency, aesthetics and which enables us an interesting case in terms of Hackathon topic. We mutually chose arch/dome structure as the most interesting in the given case: parametric geometry variability, overall shape aesthetics, interesting connections.

The dome is supported by the columns (only the roof structure is designed) and the dome roof is built up from arches going to several directions, so the rhombus or triangles are in between the crossing arches. Since the thrust forces from the arches can be very significant and very large forces will be subjected to the columns, the outer compression ring can eliminate these loads.

The following concept design gives the opportunity for several parametric freedom which in the end can help to find the balance of aesthetics, structural efficiency and life-cycle costs optimization. The most influential parameters

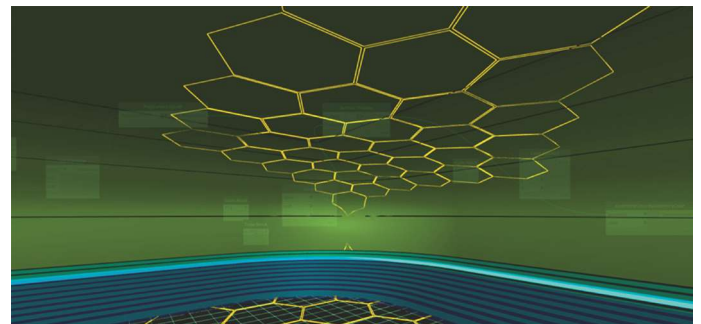
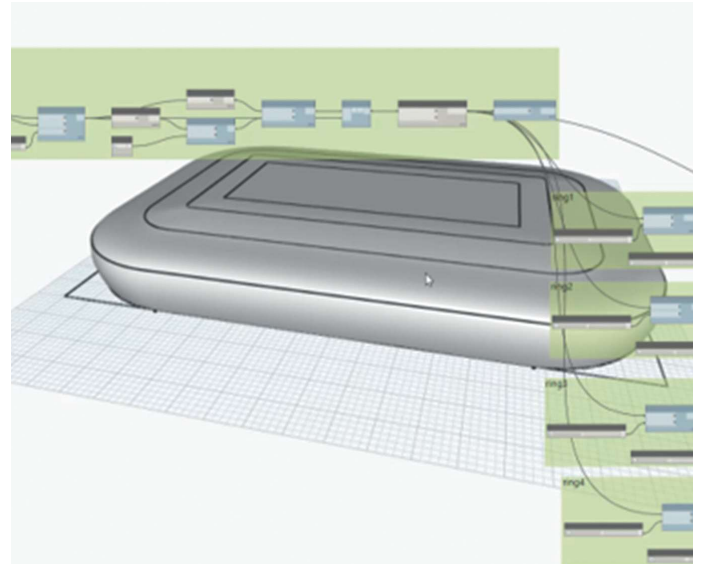
considered are height of the structure, curvature of the dome, offset of the compression ring, number of columns, number and orientation of the dome arches.

The development of the final design is done in the following parametric cycle. First, the geometry and corresponding parameters are developed in Grasshopper. It can be also initially verified and optimized using Karamba3D and Galapagos (if required). Secondly, with the use of CS script, geometry and cross-sections, load input (incl. load panels, point loads and distributed loads), supports and joints are transferred to XML file, which is readable in SCIA Engineer. The extensive structural verifications according required code are done by using SCIA Engineer.

Tekla live-link is used to get a BIM model and further input in IDEA Statica for connection design. Internal loads from SCIA or Karamba3D are used for connection design. Furthermore, Grasshopper and Rhino can be used for renders productions and Tekla software can be used for technical 2D and 3D drawings.’

Team 8.

Michael van Telgen (detailengineer), Ashwin Ganesh Kumar (constructeur), Joop Zuur (architect) en Tulay Bilici (architect), allen van Arcadis.



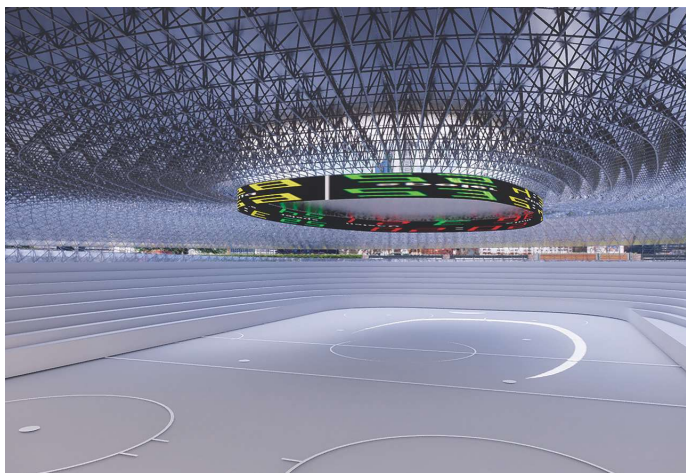
‘Rekening houdend met esthetiek, efficiëntie en maakbaarheid, hebben we gekozen voor een gridconstructie opgebouwd uit hexagonalen, omdat dit eenvoudig in modules te maken is en op een efficiënte manier krachten in de draagconstructie overdraagt. We hebben dit benaderd door de vorm van de dakconstructie parametrisch te ontwikkelen in Dynamo. Met een eigen ontwikkelde tool hebben we vervolgens dit model overgebracht naar RFEM, een eindig-elementenpakket om een globale berekening uit te voeren op de dakconstructie. RFEM biedt een directe plug-in voor IDEA Statica, die we gebruikten om de stalen verbindingen voor de zeshoekige panelen te ontwerpen. Het doel was om de grootte van deze

zeshoekige panelen te optimaliseren op basis van de resultaten uit RFEM en IDEA Statica.

We hadden een efficiënte workflow waardoor we het ontwerp in verschillende fasen konden aanpassen. De probleemstelling was lastig, waardoor we geen rekening konden houden met alle beoordelingscriteria. We waren een dynamisch team dat bestond uit architecten, een bouwkundig ingenieur en een detailgericht bouwkundig ingenieur. De duur van de Hackathon was kort, maar ondanks dat hebben we veel geleerd en enorm veel plezier gehad in het samenwerken. Ook van de andere teams hebben we veel geleerd omdat iedereen de kans kreeg om zijn werk te presenteren.’

Team 9. 'The Oyster'.

Pieter Schreurs (architect), Merijn de Leur (constructeur) en Simon Cox (detailengineer), allen van Royal HaskoningDHV.



'Met ons ontwerp, "The Oyster", hebben we beoogd een monoliet object te maken dat zich naar één richting opent als een schelp, om zo het dynamische spektakel dat zich binnen afspeelt zichtbaar te maken. Het ontwerp omvat met één dynamische beweging en één doorlopende draagstructuur het speelveld en de tribunes. De hoofdvorm van het gebouw wordt gedreven door de positionering van de tribunes, die met een parametrisch model zijn uitgezet om een optimaal zicht op de ijsbaan te garanderen. De sturende parameter hierbij is de c-waarde, de vrije ruimte in millimeters tussen de zichtlijn van een toeschouwer op het veld en die van de persoon ervoor.

Op basis van de vorm van de tribune is het onderste deel van de staalconstructie gegeneerd, dat is opgebouwd als een ruimtelijk vakwerk en als een schaal de tribunes ondersteund. Aan de bovenrand van de tribunes vormt het ruimtelijk vakwerk een trekking, die – afhankelijk van de krachtswerking – parametrisch in hoogte kan variëren. De opening van de schelp verloopt met de vorm van deze trekking mee. De bovenzijde van de vorm verloopt geleidelijk naar de minimale vrije hoogte van acht meter en wordt constructief naadloos voortgezet

als ruimtelijk vakwerk vanuit de trekking. Boven het centrum van de ijsvloer vormt de constructie uiteindelijk een drukring, waar aan de binnenzijde het scorebord op wordt geprojecteerd.

Zowel de hoofdvorm als de hoofdconstructie zijn volledig parametrisch opgezet in twee afzonderlijke Grasshopper-scripts, die met datakoppelingen real-time kunnen communiceren. Met het constructieve script wordt de constructie geanalyseerd op vervormingen en utilisatie, waarna geautomatiseerd de hoofdvorm kan worden aangepast om tot een geoptimaliseerd ontwerp te komen.

De constructie wordt geheel opgebouwd met één parametrische constructieve knoop, waarmee alle aanwezige configuraties te maken zijn. Uitgangspunt van deze knoop is dat deze via massaproductie-technieken, aangestuurd vanuit computermodellen, als uniek object te maken is. Ook deze knoop is gedefinieerd met een Grasshopper-script, dat data ontvangt vanuit het constructieve model en via een eigen ontwikkelde tool een rekenmodel voor SCIA Engineer genereert, zodat er detailberekeningen op de knoop kunnen worden gedaan.'

HACKATHON 2019

