



KUNST IN BETON

Musea uitgevoerd in schoonbeton

3	INTRODUCTIE KUNST IN BETON
5	GEMODELLEERDE ROTSFORMATIE VICTORIA & ALBERT MUSEUM IN DUNDEE KENGO KUMA & ASSOCIATES
13	KUNST IN BETON ZEITZ MOCAA, KAAPSTAD HEATHERWICK STUDIO, LONDEN
23	KIJKEN, VOELLEN EN BELEVEN DRENTS MUSEUM IN ASSEN DESIGNED BY ERICK VAN EGERAAT, ROTTERDAM
35	ONTDEKKINGSREIS IN BETON GROTKUNSTCENTRUM LASCAUX IV, MONTIGNAC SNØHETTA, OSLO
43	INTERVIEW MET ROMAIN RICCIOTTI
47	MINERALE EXPRESSIE AAN DE MEDITERRANE KUST MUCEM J4, MARSEILLE RUDY RICCIOTTI ARCHITECTE, BANDOL
56	TEKTONIEK



KUNST IN BETON



Een museum moet de neutrale achtergrond geven waarin kunst of artefacten geheel tot hun recht komen. Vanwege de serene strakke afwerking aan de binnenzijde die neutraal maar niet saai is, blijft het ontwerpen van een museum een uitdaging. Aan de buitenzijde mag een museum juist expressief aanwezig zijn, de bezoekers intrigeren en naar binnen trekken. De vijf musea in deze uitgave laten zien dat beton voor beide uitstralingen uitermate goed toegepast kan worden. Of het nu hagelwit beton is, strak grijs of grillig gevormd met slank hogesterkebeton, beton geeft de mogelijkheid om tegelijkertijd neutraal en expressief te zijn.

Deze foto van het museum Beelden aan Zee in Scheveningen is nog zo'n mooi voorbeeld. In deze publicatie zijn vijf andere musea opgenomen. Foto Marcel van Kerckhoven

'A VISIONARY BALANCE BETWEEN ANALYSIS, CONTEXT AND BEAUTY'

ERICK VAN EGERAAT

TEKTONIEK

V&A Dundee Museum, Dundee

KENGO KUMA & ASSOCIATES

V&A Dundee Museum

KENGO KUMA & ASSOCIATES



GEMODELLEERDE ROTSFORMATIE

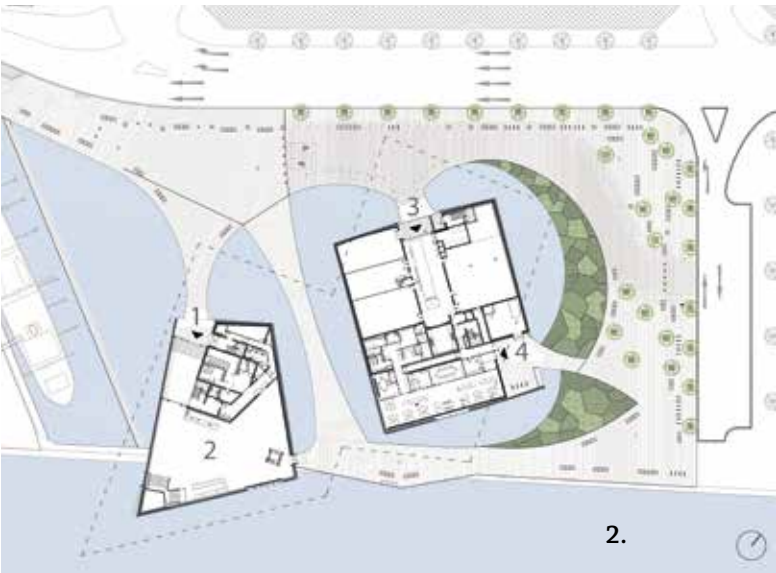
Op de grens tussen land en water staat het Victoria & Albert Museum in Dundee, een stad in het noorden van Schotland. Het ontwerp van Kengo Kuma & Associates heeft overhellende gevels, opgebouwd uit vlakken die steeds onder een andere hoek staan. Horizontale banden van geprefabriceerd beton benadrukken de complexe contouren van het museum. Het volume krijgt zodoende een gelaagdheid die doet denken aan uitgesleten krijtrotsen. De circa 1.000 verschillende panelen, benodigd voor het volgen van deze vorm, zijn gemaakt met verstelbare stalen mallen.

Project	V&A Dundee Museum, Schotland
Opdrachtgever	Dundee, Scotland UK
Gebruiker	V&A Dundee Museum
Architect	Kengo Kuma & Associates
Constructeur	Arup
Aannemer	BAM construction
Uitvoering beton	Carey
Gevelbouwer	Techrete
Totaal vloeroppervlak	8900 m² bruto
Periode	ontwerp 2010 start bouw 2015 oplevering 2018

Schotland is met circa 65 inwoners per km één van de dunstbevolkte gebieden in Europa. Dundee is met ongeveer 141.000 inwoners de op drie na grootste stad van het land. Het merendeel van de Schotse bevolking (ongeveer 80%) woont in het centrale laagland, in de industriële driehoek Dundee, Edinburgh, Glasgow. Het nieuwe design-museum is het eerste V&A museum buiten Londen en heeft als doel de cultuur van het land te promoten. De vorm van het gebouw is dan ook geïnspireerd op de ruige schoonheid van de Schotse kliffen.

1. Het museum is geïnspireerd op de ruige schoonheid van de Schotse kliffen. Foto van Hufton Crow i.o.v. V&A Dundee, Schotland.

2. Situatietekening: 1. Hoofdentree publiek
2. Grote zaal
3. Afgifte goederen
4. Personeelsingang





3.

3. Bevestigen betonnen panelen op RVS-haken.

4. Het oppervlak is gestraald waardoor het toeslagmateriaal bloot is komen te liggen.

5. De panelen variëren in lengte en gewicht.



4.



5.

REVITALISEREN HAVEN

Het nieuwe museum maakt deel uit van een herontwikkelingsplan van 240 ha grond langs 8 km kade van de rivier. Het traject zal ongeveer dertig jaar in beslag nemen en is gestart in 2001. Naast het museum is een nieuw park aangelegd Slessor Gardens, waar onder meer live muziek en evenementen plaats vinden. Ook ligt het ontdekkingsschip Discovery naast het museum voor anker. De driemaster, gebouwd in Dundee, is beroemd door haar tochten naar Antarctisch gebied met de Britse marineofficier en ontdekkingsreiziger Robert Falcon Scott (1868 – 1912).

GEGROND OP DE OORSPRONG

Het gebouw als scheepsromp refereert aan de ontstaansgeschiedenis van Dundee. De stad is begonnen als nederzetting langs de belangrijke handelsader, de rivier de Tay, die uitmondt in de Noordzee. Het museum staat nu op de plek waar vroeger het bruisende hart van de havenactiviteiten was en waar schepen werden gebouwd. Door het gebouw te omringen met water, is deze verwijzing versterkt. Het gebouw bestaat uit twee bouwdelen die naar boven toe verbreden en op de bovenste verdieping met elkaar versmelten. Op de onderste verdiepingen ontstaat zodoende, midden tussen deze volumes, een boog. De boog kadert het zicht op de rivier vanuit de stad in. Het is mogelijk om hier als voetganger onderdoor te lopen. Het is een knipoog naar de Royal Arch, in 1844 gebouwd om koningin Victoria en prins Albert te verwelkomen in de stad. De boog is later gesloopt omdat deze plaats moest maken voor de Tay Road Bridge.

FACILITEITEN

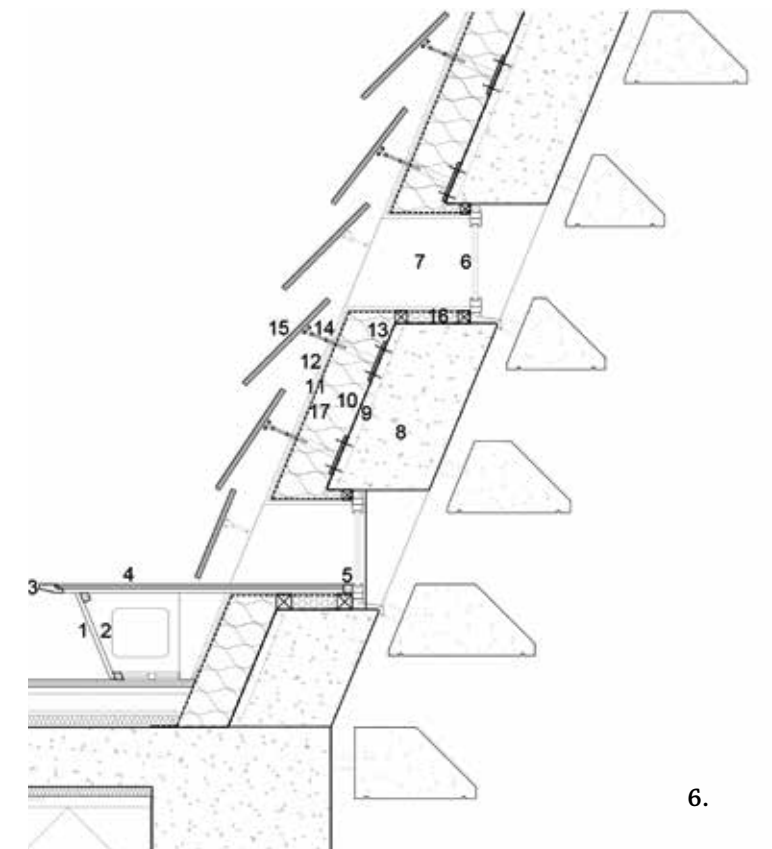
Het museum biedt een scala aan tentoonstellingsruimten, een auditorium, een learning centre, ontwerpstudio's, een winkel, een café en een restaurant met uitzicht over de rivier. Zowel fysiek als functioneel is het gebouw op de begane grond in tweeën gesplitst. In het ene bouwdeel is het publieke programma ondergebracht. Het andere bouwdeel is op deze verdieping alleen toegankelijk voor personeel, met daarin onder andere ruimte voor de toe- en afvoer van goederen en voor werk aan de collectie. De bovenste verdieping van het gebouw, waar de volumes zijn samengevoegd, vormt een grote aangesloten galerieruimte.

ORIGAMI

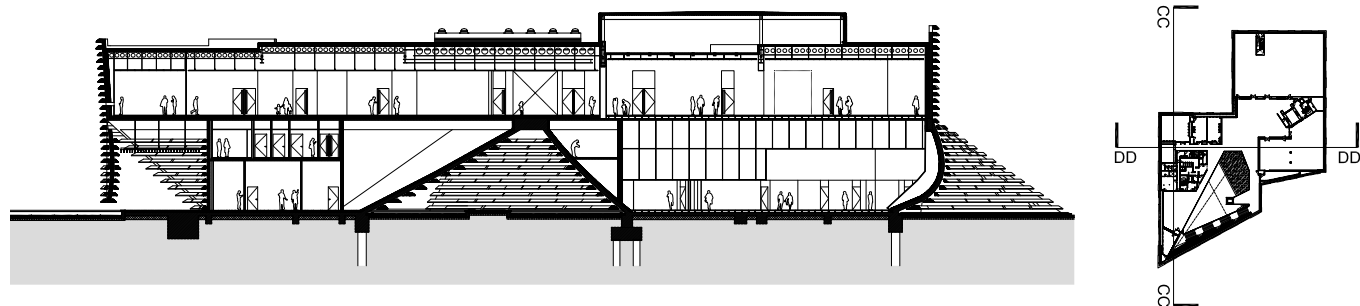
Al vanaf de start van de Europese aanbesteding is er een nauwe samenwerking tussen de teams van de architect, de constructeur en de aannemer. De partijen werkten met een integraal 3D-model. De initiële plannen waren voorzien van 600 mm dikke wanden en een heel zware stalen draagconstructie. Met behulp van 3D-modellen en rekenprogramma's kon de uiteindelijke dikte van de buitenwanden worden gehalveerd en is het stalen skelet opgebouwd uit veel slankere liggers. Al is het gebouw op de lagere verdiepingen in tweeën gesplitst, de contour van het gebouw werkt als één schaal dankzij de verbinding van de volumes op de bovenste verdiepingen. De 'vouwen' in de wanden zijn zo geplaatst dat zij, net als bij de vouwen in het papier van origami, het geheel stijver maken. De overhellende gevels hebben overstekten tot wel 19,8 m. Ze zijn via stalen vakwerken verbonden met betonnen stabiliteitskernen.

6. Detailtekening buitenwand - vloer

1. Black laminate to MDF lipped to bottom edge
2. MDF support formers
3. Oak hardwood bench edging,
4. Veneered bench panel
5. Oak hardwood removable infill panel
6. Window
7. Render finish to window cill, head and jamb
8. RC wall
9. Liquid DPM coating to face of RC facade wall
10. Thermal insulation mechanically fixed to RC wall
11. Stainless steel welded wire mesh
12. Render finish to face of insulation
13. Thermal break pad
14. Bespoke mild steel adjustable support brackets
15. MDF Veneer panels
16. Insulation
17. Vapour control layer



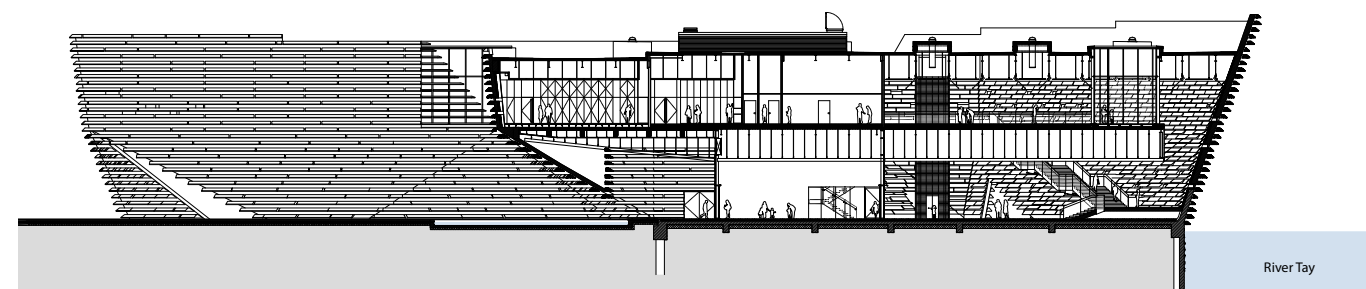
6.



7.

7. Doorsnede D - D

Tekening 7 en 8 van Kengo Kuma & Associates.



8.

8. Doorsnede C - C

9. Voetgangers kunnen via een poort onder het gebouw door naar de rivier Tay wandelen.

MAATGEVING GEVEL

De benodigde maattoleranties zijn gebruikt als vormgevend element in de uitwerking van de gevel. Zo variëren de geprefabriceerde betonnen gevelpanelen in diepte. Dit maakt het gevelbeeld minder statisch en zorgt ervoor dat eventuele maatafwijkingen minder opvallen. Tussen naast elkaar geplaatste betonelementen zit een flinke ruimte, het voorkomt problemen door zettingen en vergemakkelijkt het plaatsen. Net als bij metselwerk liggen deze verticale ‘voegen’ versprongen ten opzichte van elkaar. De panelen variëren in lengte en gewicht, met een maximaal gewicht tot twee ton en een maximale lengte van vier meter.

WITTE KLIF

Er is een zorgvuldige afweging gemaakt voor het bepalen van het betonmengsel van de gevelpanelen, met de grillige kliffen in gedachte. In plaats van een glad oppervlak was daarom een robuuste textuur in een lichte kleur gewenst. Meerdere mock-ups zijn hiervoor beoordeeld. Uiteindelijk is gekozen voor wit cement met hergebruikt, wit granulaat en zand als toeslagmateriaal. Dit gaf het betonmengsel haar kleur. Het beton is verdicht door de mallen te laten vibreren. Er is een vertrager toegevoegd om de hydratatiereactie te vertragen, zodat er voldoende tijd was het oppervlak uit te wassen om het granulaat bloot te leggen.

BOUWPUZZEL

De bouw van het museum heeft ongeveer drie jaar in beslag genomen. Eerst is een deel van de rivierbedding droog gelegd met de aanleg van een tijdelijke kofferdam van 12.500 ton steen, zo ontstond een dok. Daarna is een toegangsweg gebouwd rondom de rooiliijn van het gebouw, werd de fundering aangebracht en zijn de twee betonnen

stabiliteitskernen gestort. Vervolgens zijn de stalen binnenwanden opgericht, die de overhellende buitenwanden verbinden met deze kernen. Hierna is gestart met de bouw van een zeer complexe structuur van tijdelijke ondersteuning voor de bekisting. De gevels van beton, achterconstructie van de geprefabriceerde panelen, zouden namelijk pas zelfdragend zijn als het geheel was uitgehard en de stalen constructie van het dak was afgerond.

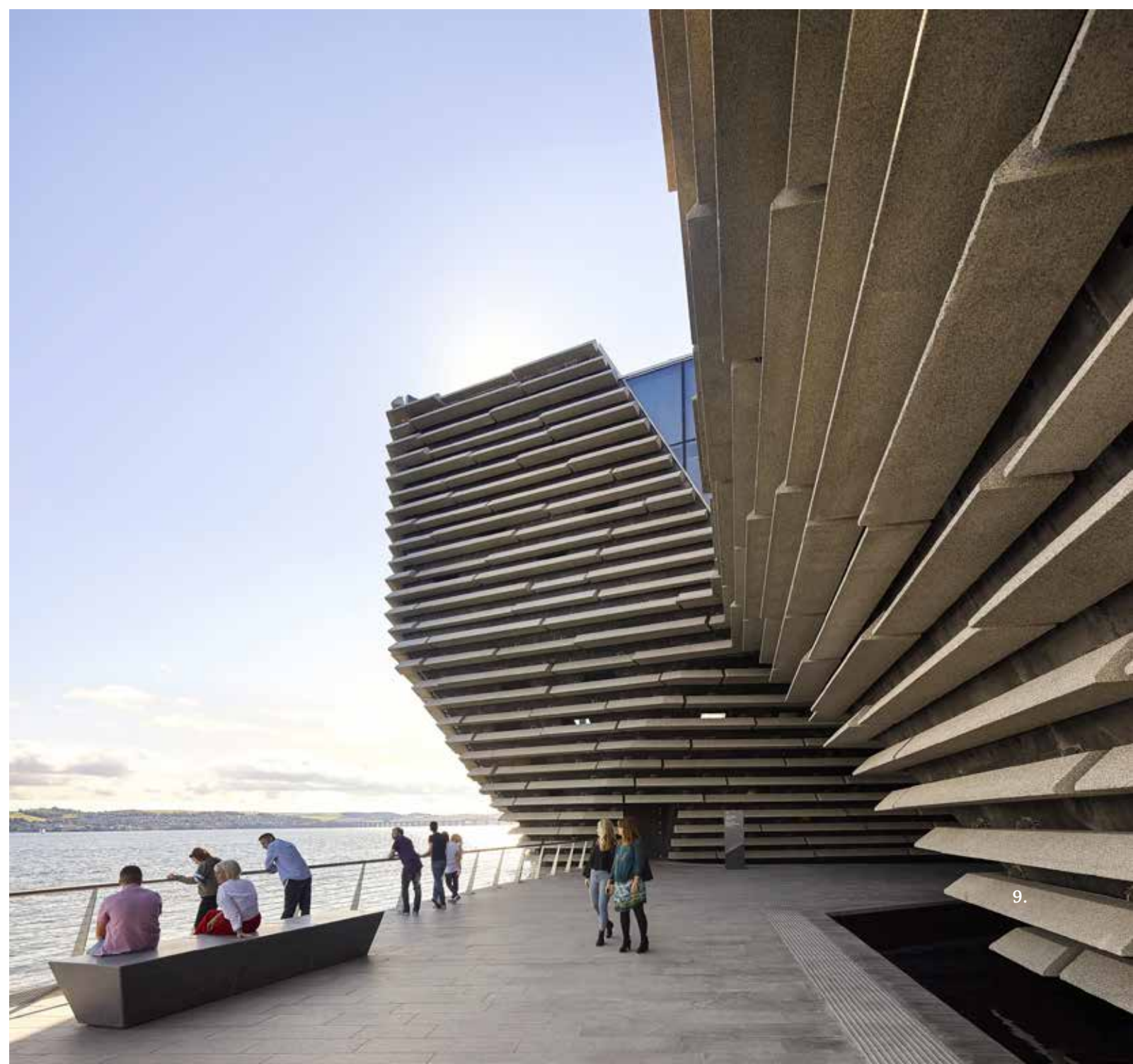
FRESEN, STORTEN, HILJSEN

De betonplex bekisting van de in het werk gestorte gevels is met CNC-machines uitgefreesd op basis van de gegevens uit het 3D-model. De bekisting is in delen geproduceerd op vijf verschillende vestigingen van de leverancier. In de wanden zijn vervolgens kanalen ingegoten ten behoeve van de bevestiging van de prefab gevelelementen. Voor de fabricage van de 2.429 betonnen gevelpanelen is een efficiënte bekisting op maat gemaakt. De achterzijde van de betonnen gevelelementen loopt overal evenwijdig aan de gevel. Aangezien de hoek van de gevel flink varieert, is er dus ook een groot aantal verschillende gevelpanelen. Daarom zijn stalen, aanpasbare mallen gemaakt, waarbij de achterzijde van de mal kon worden versteld in iedere gewenste hoek. Op deze manier is de hoeveelheid bekistingsmateriaal tot een minimum beperkt. Een voor dit project ontworpen bevestigingssysteem met roestvast stalen haken maakte een hoge bouwsnelheid mogelijk. De gevel is twaalf weken eerder opgeleverd dan gepland. Het monteren van de gevelpanelen duurde in totaal ongeveer zeven maanden.

Barbara Heijl

Coverfoto en foto 9 van Hufton Crow i.o.v. V&A Dundee, Schotland.
Foto's 3, 4, 5 van Techrete.

Tekeningen van Kengo Kuma & Associates



9.



BETONNEN RANDELEMENTEN IN EEN TAKKENSTRUCTUUR
Arcadis | Het viaduct Station Lansingerland in Zoetermeer is voorzien van randelementen, vervaardigd uit zeer-hogesterktebeton, uitgevoerd in een takkenstructuur.



COMPACT, ROBUUST EN SPEELBESTENDIG
Ark Architecten | Scouts in het Belgische Mollem hebben onderdak gekregen in nagelnieuwe lokalen in een gebouw van beton, glas en hout.



ROBUUST HOLLANDS EN VERFUIND OOSTERS
Nourdin Alou, Theo Verburg Architecten | Het Islamitisch Cultureel Centrum Lansingerland heeft een bijzondere gebouwschil, opgebouwd uit betonnen sierelementen.



ISOLERENDE STEEN IN ZILT LANDSCHAP
Rink Tilanus architecten | Regiokantoor Natuurmonumenten in Zierikzee, gebouwd met het innovatieve materiaal warmbeton.



TORENHOGE BOMEN
Boeri Studio | Vijf jaar na oplevering is Bosco Verticale, het woonbos op hoogte met betonnen drager, groener dan ooit.



ESTHETIEK VAN TOEVALLIGHEID
Hilberinkbosch architecten | Met eigen materiaal en oude technieken is een nieuwe schuur gebouwd. Het beton 'aardt' het gebouw en tilt de houten constructie boven de vochtige grond.

LEES DEZE ONDERWERPEN EN MEER OP WWW.TEKTONIEK.NL

TEKTONIEK



TEKTONIEK

Zeitz MOCAA, Kaapstad

HEATHERWICK STUDIO, LONDEN

Een monumentale, betonnen graansilo in het havengebied van Kaapstad in Zuid-Afrika is getransformeerd van een kozijnloos pakhuis naar een spectaculair museum voor moderne Afrikaanse kunst; Zeitz MOCAA. De binnenzijde van het gebouw was gevuld met betonnen opslagkokers van wel tien verdiepingen hoog. Uit deze kokers is een fabelachtig, bolvormig atrium gehakt, dat nu aansluit op negen verdiepingen galerieruimte. In de gevel is de originele draagstructuur blootgelegd en zijn caleidoscopisch gevormde raampartijen toegevoegd. Door onconventioneel gebruik van de historische structuur is een buitengewoon gebouw ontstaan.



Project	Zeitz MOCAA
Opdrachtgever	Victoria & Alfred Waterfront Holdings (Pty)
Gebruiker	Zeitz MOCAA, Museum of Contemporary Art Africa
Architect	Heatherwick Studio, Londen, Lokale architect VDMMA, RBA en JPA, Kaapstad
Constructeur	Arup, Londen en Sutherland, Kaapstad
Aannemer	WBHO, Johannesburg
Uitvoering beton	Afrisam, Kaapstad
Totaal vloeroppervlak	9.500 m² bruto
Periode	ontwerp: 2012 start bouw: 2014 oplevering: 2017

De graansilo uit 1920 herinnert aan het industriële verleden van Kaapstad. Ooit was het complex, opgericht voor het sorteren van mais, het hoogste gebouw in Zuid-Afrika. In 1990 raakte het gebouw buiten gebruik. Het havengebied rond de graansilo was destijds in slechte staat en fungeerde voornamelijk als parkeerterrein. Het Zuid-Afrikaanse architectenbureau VDMMA (Van Der Merwe Miszewski Architects) maakte een masterplan voor de herontwikkeling van het gebied. In 2010 is gestart met de uitvoering van de plannen en zijn appartementen, kantoren, horecagelegenheden en een sportschool gebouwd. Ook een belangrijke culturele instelling was gewenst voor de herinrichting van het gebied. Op hetzelfde moment zocht de Zeitz Foundation naar een nieuwe permanente locatie om de collectie onder te brengen. Zo werd besloten het museum voor Afrikaanse moderne kunst in de graansilo te huisvesten. Zeitz Museum of Contemporary Art Africa (Zeitz MOCAA) is het grootste museum ter wereld voor Afrikaanse moderne kunst en de verspreiding daarvan.



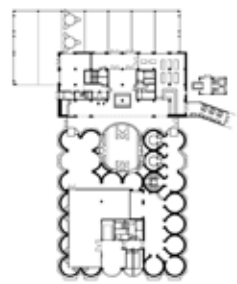
1.*Een spectaculair atrium is gehakt uit de betonnen opslagkokers van een monumentale graansilo.*

2. Situatietekening

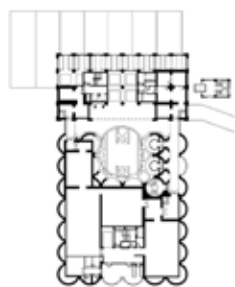


3.

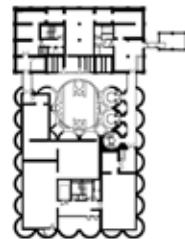
3. Doorsnede .



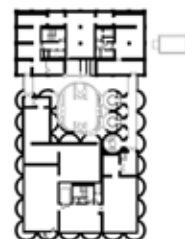
begane grond



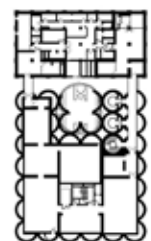
verdieping 1



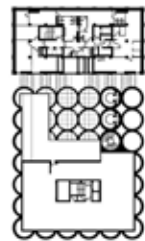
verdieping 2



verdieping 3



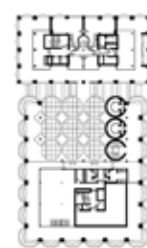
verdieping 4



verdieping 5



verdieping beeldentuin



tussenverdieping

4. Plattegronden

4.



5.



6.

VAN OPSLAG NAAR EXPO

Voor het ontwerp van de herbestemming van de statige graansilo is Heatherwick Studio uit Londen gevraagd. Het oorspronkelijke complex bestond uit twee bouwdelen; enerzijds de sorteertoren en anderzijds een ruimte gevormd door 42 betonnen kokers van tien verdiepingen hoog en 6 m in diameter, bestemd voor de opslag en overslag van mais. De grootste ontwerpuitdaging was het inpassen van expositieruimte in de ruimte van betonnen kokers, met behoud van de historische context. Om dit te realiseren is een atrium van 27 m hoog gehakt uit een deel van de kokers, dat nu het hart van het museum vormt. Via het atrium zijn negen verdiepingen expositieruimte met elkaar verbonden. De vorm van het atrium is gebaseerd op een extreem uitvergroete maiskorrel. De kokers van het atrium zijn afgedekt met beloopbaar glas. Zo dringt daglicht het atrium binnen en is het dakvlak bovendien bruikbaar als beeldentuin.

METAMORFOSE

Om 6.500 m² tentoonstellingsruimte te kunnen maken, zijn de overige kokers binnenin verwijderd. De kokers aan de buitenrand van het gebouw zijn wel behouden, maar zijn aan de binnenzijde afgeknot. Aan de buitenzijde is het beton van de bestaande kokers gerestaureerd. Het originele beton was ongeveer dertig jaar geleden gestuukt en beschilderd. Nu is het historische beton weer blootgelegd. De historische uitstraling van de gevel, gevormd door kokers, is op deze manier hersteld. Het interieur is, met gebruikmaking van de oude structuur, volledig gewijzigd. Nu bevat het gebouw honderd galerieruimtes, geavanceerde opslag- en conserveringsruimten, een boekhandel, een restaurant, een bar en leeszalen. Zelfs ondergrondse tunnels zijn geschikt gemaakt als werkplaatsen voor kunstenaars.

5. Historische foto van het oorspronkelijke gebouw.

6. De huidige situatie.

SPRANKELENDE TOREN

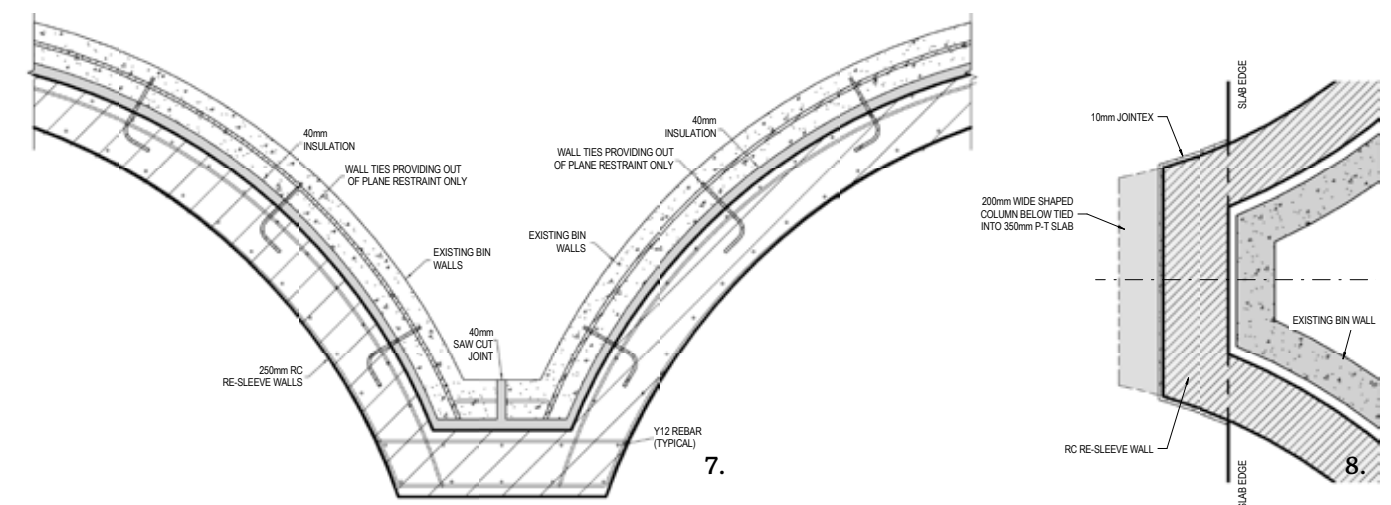
De voormalige sorteertoren heeft van origine een zelfstandige hybride draagconstructie van staal en beton. Op de zes bovenste verdiepingen in de toren is een hotel gevestigd. Hier is de gevel gestript tot op het raster van stalen liggers en kolommen bekleed met beton. De structuur is ingevuld met speciaal voor dit gebouw ontworpen kozijnen, geïnspireerd op de uitpuilende, geglaazuurde textuur van een Venetiaanse lamp. Om bollend glas na te bootsen, is een slank, stalen frame ontwikkeld dat is ingevuld met driehoekig, constructief glas dat is gefixeerd met aluminium roedes. Wisselende kleuren door weerspiegeling van de beglazing creëert onregelmatige, sprankelende patronen en biedt verreikende uitzichten. 's Nachts functioneert het gebouw als een lichtbaken voor de haven en de stad erachter.

STABILITEIT

Het was technisch gezien zeer uitdagend om het ontwerp te realiseren. Veel van de betonnen kokers waren in slechte staat. Bovendien verleenden de kokers hun stabiliteit aan de onderlinge aaneenschakeling. Er kon dus niet lukraak worden gestart met slopen, zonder het risico dat het geheel als een kaartenhuis in elkaar zou zakken. In de aanloop naar de bouw zijn daarom vele uren overleg gepleegd met constructeurs en bekistingsspecialisten, om het beste plan van aanpak te maken. Mede omdat de huidige bouwregelgeving veel strengere eisen stelt aan de draagconstructie dan de voorschriften ten tijde van de bouw van de graansilo, is ervoor gekozen beide bouwdelen een nieuwe hoofdconstructie te geven. De historische bouwdelen zijn nu slechts zelfdragend. Trappenhuizen en liftschachten zijn uitgevoerd als betonnen kernen die de stabiliteit van het gebouw waarborgen. Aan de binnenzijde van de gevel is een tweede laag gewapend beton toegevoegd, verbonden met stalen ankers aan de bestaande gevel.

7. Detail van de huidige opbouw van de buitenwand.

8. Op de overgangen tussen de kokers zijn schijven aangestort, waarna de wand één geheel vormde.





GECURVDE KIST

Het nieuwe betonnen binnenspouwblad volgt de curves van de buitenwand. Bij aanvang van de bouw is eerst de hele gevel in de steigers gezet en gestut. Om werkruimte te maken, zijn vervolgens stukje bij beetje, van boven naar beneden, een aantal kokers uit het midden weggebroken. Op de begane grond was een kleine opening gemaakt om het puin af te voeren. Een deel van het puin is vermalen en hergebruikt. Zodoende konden de kokers aan de gevel beter worden bereikt. Met de kokers nog intact, is eerst een laag van 40 mm purschuim aangebracht. Toen zijn stalen ankers bevestigd in het bestaande beton. Vervolgens is handmatig vlechtwerk van stalen wapening aangebracht. Daarna is de bekisting gebouwd die de ronding van de wand volgt. De bekisting bestaat uit gebogen multiplex, gefixeerd met stalen beugels en staven. De bekisting werd meerdere malen hergebruikt. Om deze werkzaamheden te kunnen verrichten werden werknemers, materiaal en materieel met een hijskraan in en uit de koker gehesen.

GEVELRONDINGEN

Er is gekozen voor een traditionele betonsamenstelling. Het betonmengsel is in de fabriek samengesteld en met betonwagens op de bouwplaats geleverd. Daar werd het tien verdiepingen omhoog gepompt, om het te kunnen storten in de kokers. Het is gegoten in lagen van 3 m per stort en is vervolgens verdicht met een trilnaald. Het gebruik van een stalen wig maakte het makkelijker om de kist te lossen na het uitharden van het beton. Zo is het deel van de kokers dat aan de buitenlucht grensde voorzien van een tweede laag beton. Vervolgens is, met beleid, de helft van de originele betonnen kokers gesloopt. Het nieuwe beton vormde toen

nog geen aaneengesloten wand, er zaten nog openingen op de overgangen tussen de kokers. Op deze plaatsen zijn schijven aangestort, waarna de wand één geheel vormde.

UITZETTEN

Het atrium was de grootste uitdaging voor de uitvoering. Het broze beton van de bestaande kokers had maar een dikte van 170 mm. Voordat zij gedeeltelijk konden worden gesloopt, moesten eerst verstevigende binnenkokers worden aangebracht. Om de belijning van het atrium uit te zetten, is een uitgebreid 3D-model getekend. Hierin konden, van elke koker in het atrium, twintig verschillende doorsnedes worden bekeken. Op deze manier zijn de coördinaten nauwkeurig bepaald. De organische vorm van het atrium loopt vloeiend door van de ene naar de andere koker. Omdat de lijn steeds binnen in een koker werd uitgezet, was het niet mogelijk even te kijken of de lijn goed aansloot bij de koker ernaast. Dit maakte het zeer secuur en tijdrovend werk. Uiteindelijk is de lijn van de bekisting uitgezet met spijkers. Vervolgens is met het spannen van touw tussen de punten bekeken of de lijn vloeiend genoeg was.

9. De kokers van de buitengevel zijn nog intact, terwijl de bekisting wordt opgebouwd.

10. Bovenaanzicht van de betonnen kokers in originele staat.

11. Nieuwe trappenhuizen en liftschachten zijn uitgevoerd als betonnen kernen die de stabiliteit van het gebouw waarborgen.

12. In vier kokers is een gecompliceerde bekisting gebouwd met een meervoudig gekromd bodemvlak.



BOOGCONSTRUCTIE

In de kokers van het atrium die doorlopen tot op de begane grond, werden steigers opgebouwd vanaf de bodem. Van daaruit werd de bekisting opgebouwd. Echter, bij vier kokers moest de bekisting bovenin worden gebouwd, omdat het deel eronder zou worden gesloopt. Boven het hoogste punt in het atrium zit namelijk nog maar ongeveer 4 m beton. Voor deze vier binnenkokers was ook een bodembekisting nodig. Omdat het atrium organisch is van vorm, was het bodemvlak van de kist meervoudig gekromd. Deze gecompliceerde bekisting werd gemaakt vanuit een hangende steiger op grote hoogte. De bekisting bestaat uit een gebogen oppervlak van



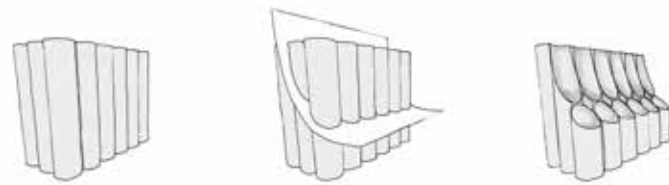
gelamineerd hout, verstevigd met houten ribben, stalen beugels en stangen.

Voordat het betonmengel werd gegoten, zijn sparringen gemaakt in de bestaande kokers zodat het beton kon doorvloeien naar de aanpalende kokers. Het is nu onzichtbaar, maar het nieuwe beton in het atrium vormt dus een geheel. Het werkt daarom constructief gezien als een gewelfde boog. Met de binnenkoker samen is de doorsnede van een kokerwand in het atrium nu 420 mm. De aansluiting tussen de houten panelen van de bekisting tekent zich af als horizontale belijning in het nieuwe beton. De overgang tussen verschillende storts valt daardoor niet op.



HAKKEN EN ZAGEN

Na het uitharden van de binnenkokers zijn de oude kokers gedeeltelijk verwijderd om het atrium te maken. Het nieuwe beton bakende de snijlijn af. Eerst zijn snedes gemaakt op enige afstand van het beton dat behouden moest blijven. Op kokers die toch zouden worden gesloopt is getest wat de beste zaagtechnieken zouden zijn. Er zijn verscheidene hulpmiddelen gebruikt om de bestaande betonnen kokers in de juiste vorm te zagen. Waar mogelijk zijn grote zaagschijven gebruikt van 600 mm, 1,2 m en 1,8 m in diameter. Deze bladen konden het beton in één keer doorzagen. Voor de veiligheid werden de schijven met een rail geleid. Dit had als nadeel dat zij alleen rechte snedes konden maken. Ook zijn haakse slijpers gebruikt voor het maken van moeilijk uitvoerbare zaaglijnen. Omdat deze manueel werden bediend, konden gebogen zaagsnedes worden gemaakt. De snedes van deze machines waren wel minder diep, daarom werden ze nabewerkt met drillboren en breekijzers. Op sommige plaatsen is een diamantkabel gebruikt. De kabel werd heen en weer bewogen door een machine en sneed het beton door middel van frictie. Het is een erg langzame methode, maar op deze



13.



14.

manier kon een meervoudig gecurvde lijn worden gevolgd. Nadat de zaaglijn gemaakt was, werd het te slopen deel van de koker verwijderd. Vervolgens zijn steeds fijnere slijpers met 400 mm, 300 mm en 100 mm schijven gebruikt om de snede preciezer te maken. Toen het oude beton uitlijnde met het nieuwe beton, is het oppervlak van beide samen geschuurd en gepolijst. Op een beperkt aantal plaatsen was het oude beton een beetje beschadigd, vooral op oude stortlijnen. Ze zijn gerepareerd met een epoxymortel die de kleur van het beton zo goed mogelijk benadert.

Met onorthodoxe ingrepen is de functie van het gebouw compleet veranderd. Het eindresultaat is sprookjesachtig. Het atrium, gehakt uit reusachtige graankokers, herinnert aan de geschiedenis en vormt het 'hart' van het museum. De ruimte nodigt uit tot veelzijdig gebruik, zo zijn hier bijvoorbeeld klassieke concerten gehouden. Het gebouw wordt breed gewaardeerd en heeft onlangs de prestigieuze prijs 'Best Cultural Building Of The Year 2017' gewonnen van de 'Arch Daily Building Of The Year Award'.

Barbara Heijl

Foto's cover, 1, 6 en 16 van Iwan Baan in opdracht van Heatherwick studio.

Tekening 2 van VDMMA.

Tekeningen 3, 4, 13 en foto 15 van Heatherwick studio.

Foto 5 van Hilton Teper.

Tekening 7 en 8 van Sutherland.

Foto 9 van V+A Waterfront en Navigator Films.

Foto's 10, 11, 12 en 14 van Navigator Films.

13. Principeschets voor het doorsnijden van de kokers.

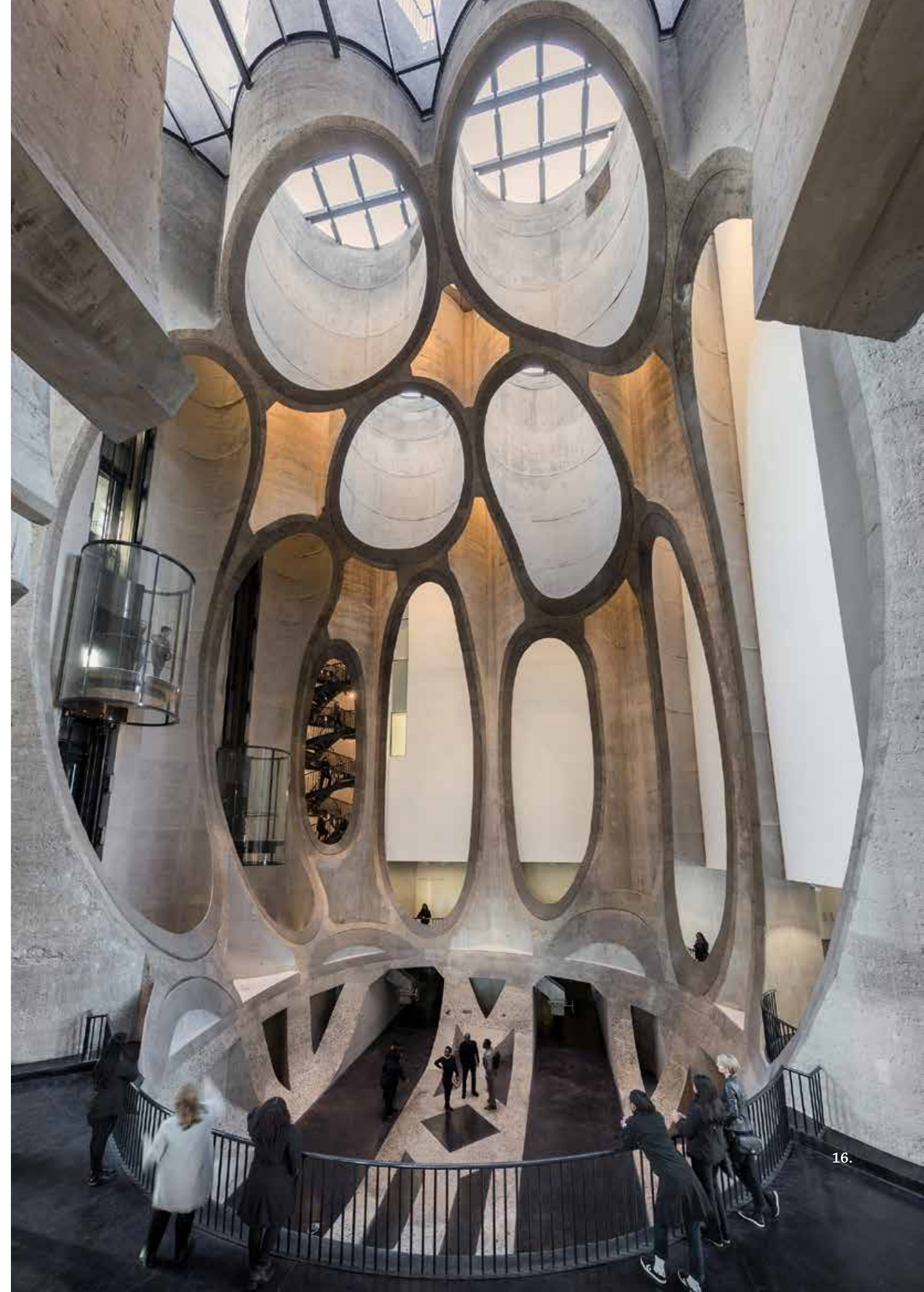
14. Het oude en het nieuwe beton is samen gepolijst.

15. De conceptmaquette van het atrium.

16. Het atrium vormt het 'hart' van het museum en verbindt negen verdiepingen.



15.



16.



TEKTONIEK UNIVERSITY

Tektoniek, het kennisnetwerk voor architectuur in beton, biedt informatie en inspiratie voor zowel de huidige professional als die van morgen!



CONCRETE DESIGN COMPETITION

De Internationale Concrete Design Competition voor studenten van opleidingen bouwkunde en civiele techniek is een tweejaarlijkse ideeën- en ontwerprijvraag.



TEKTONIEK HANDS-ON BETON-WORKSHOPS

Speciaal voor TU-studenten Architecture en Structural Design / Structural Engineering biedt Tektoniek betonworkshops aan waar studenten kennismaken met het materiaal beton.



COMPLEX PROJECTS

De leerstoel Complex Projects (TU-Delft fac. architectuur) heeft een jaarlijks terugkerende module waarin studenten fysiek aan de slag gaan met het experimenteren met beton.



FRENCH CONCRETENESS

De Master-studenten Architecture van de TU Eindhoven hebben de kenmerken van de Franse betonarchitectuur bestudeerd en gingen daarnaast zelf aan de slag met het ontwerpen van een watertoren.



BRUTALISME

Aan de hand van de Public Condensor op de Saclay Universiteit in Parijs presenteert architect Muoto zijn manier van werken aan dit spraakmakende gebouw.

LEES DEZE ONDERWERPEN EN MEER OP WWW.TEKTONIEK.NL

TEKTONIEK

Drents Museum, Assen

DESIGNED BY ERICK VAN EGERAAT, ROTTERDAM

Drents Museum, Assen

DESIGNED BY ERICK VAN EGERAAT, ROTTERDAM



1.

KIJKEN, VOELEN EN BELEVEN

Het Drents Museum in Assen is gerenoveerd en uitgebreid met een deels ondergrondse vleugel met sculpturaal gevormde constructie-elementen.

Het idee van Erick van Egeraat werd unaniem omarmd door de selectiecommissie voor de architect van de uitbreiding van het Drents Museum. Met een eenvoudige schets liet hij zien hoe een ondergrondse vleugel voor het museum een grotere en blijvende impact zou kunnen hebben voor de beleving van het cultureel erfgoed in Assen. Met een ongebruikelijke bescheidenheid en respectvolle vormtaal toont Van Egeraat dat architectuur niet alleen een kwestie is van zien, maar ook zeker van voelen en beleven.



2.

opdrachtgever	Provincie Drente
gebruiker	Drents Museum, Assen
architect	designed by Erick van Egeraat, Rotterdam
constructeur	Ingenieursbureau Wassenaar
hoofdaannemer	Geveke Bouw, Eelde
aannemer	betonwerk BSA Vloeren, Assen
leverancier bekistingsmallen	NOE Betonvormgeving
adviseur E/W	Grontmij, Drachten
adviseur bouwfysica	Peutz, Mook
adviseur security	DPM advies & management, Den Haag
W-installaties	Wolter & Dros, Groningen
E-installaties	Croon Elektrotechniek, Groningen

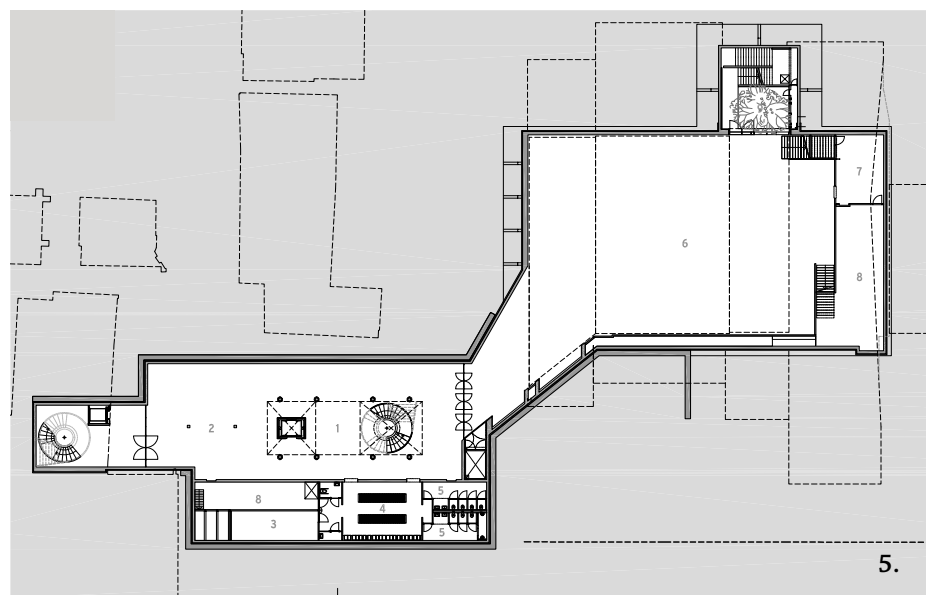


3.

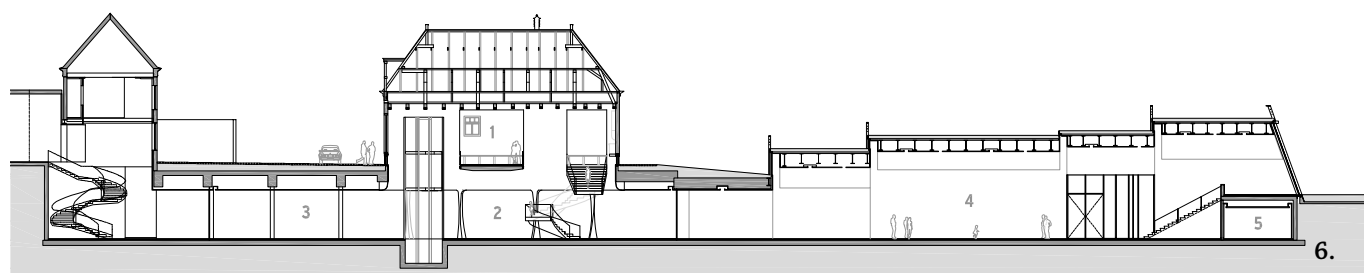
1. Zicht op de entree en de doorgaande route die zicht onder het maaiveld bevindt. De sculpturale betonnen kolommen begeleiden de bezoeker naar de verschillende exposities.
2. Luchtfoto van de bouwlocatie in Assen met onderlangs de singel en het koetshuis (de hoofdentree) linksboven.
3. De hoofdentree bevindt zich in het koetshuis (rechts), dat op een glazen plint van een meter is geplaatst.



4.



5.



6.

4. Interieur van de nieuwe, ondergrondse expositieruimte.
5. Vloerniveau -1 met rechts de nieuwe expositieruimte en links de entree en verbinding naar de bestaande gebouwen.
6. Langsdoorsnede museum. Rechts de nieuwe expositieruimten, links de entree en expositie in de bestaande bebouwing.
7. De ondergrondse expositieruimte is voorzien van betonnen wanden en een zadeldak met stalen liggers.



7.

ONTRAFELLEN

Voor het proces is het belangrijk geweest dat de opdrachtgevende partijen (het Drents Museum en de provincie Drente) vanaf die eerste penningstreek pal achter het plan zijn gaan staan. Want zo eenvoudig als het idee klinkt, zo complex is de uitvoering ervan. De bovengrondse, centrale entree van het museum werd verplaatst naar het monumentale koetshuis, dat hiertoe een meter werd opgetild en op een glazen plint is geplaatst. Om de voorbereidingen voor deze ingreep te kunnen treffen, is het koetshuis tijdelijk 'geparkeerd' op een andere locatie op het terrein. Vervolgens is in fasen en met verschillende technieken de ruimte voor de ondergrondse expositie ontgraven. Frank Huibers: "De afstand tot de monumentale gebouwen was hierin bepalend en dat had alles te maken met de toegestane trillingen. Dicht bij de gebouwen zijn dus wat 'chiquere' funderings- en damwandmethoden gebruikt, zoals soilmix wanden, jetgrout machines en silent pilers), terwijl verder op het terrein een traditionele bouwput met stalen wanden is gemaakt. Tussen de bestaande bebouwing en de nieuwbouw is tijdelijk een diepwand gemaakt, zodat de bouwprocessen onafhankelijk van elkaar konden verlopen. Die wand was constructief niet nodig, maar bleek voor de gemoedsrust van de aannemende partijen, en dus voortgang van het bouwproces, een gouden greep."

VLOEIEND WIT

Het trots opgetilde koetshuis vormt nu het knooppunt in de logistiek van het museum en verleidt de bezoeker naar het nieuwe grondniveau, dat zes meter onder Assens peil ligt. Een majestueuze wenteltrap is de spil van deze verleiding: riante bordessen en een zwerige beweging maken de afdaling een avontuur. Eenmaal beneden is er een nieuwe wereld van zachte en vloeiende vormen in eenduidig wit, met statige, sculpturale kolommen van massief beton. De bezoeker staat nu voor de keuze om naar de vaste collectie (in de monumentale gebouwen) te lopen, of naar de tijdelijke expositie in de nieuwe vleugel.

Door de plint van het koetshuis valt het daglicht op de benedenvloer. "Licht is een heel belangrijke factor in het ontwerp", vertelt Huibers. "Voor de oriëntatie en de relatie binnen-buiten is daglicht gedoseerd ingezet. Bijvoorbeeld met de lichtstroken in het dak van de expositieruimte. Daartoe is het dak opgebouwd als vier zadeldaken met ongelijke zijden, waarbij de nokken ten opzichte van elkaar zijn verschoven en de hoogte oploopt in de richting vanaf de entree. Zo beweegt de bezoeker altijd naar het licht toe."

VOELBARE ORNAMENTIEK

De monumentale panden zijn in nauwe samenspraak met de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed gerestaureerd en teruggebracht naar de oorspronkelijke stijlperiode.



8.



10.

De panden zijn rijk geornamenteerd, zowel aan het exterieur als in het interieur. Deze vorm van uitbundige ornamentiek is te zien in recent werk van Erick van Egeraat, maar dan vertaald naar een eigentijdse beeldentaal. In de nieuwbouw van het Drents Museum lijkt deze te ontbreken.

Wat de architect in dit ontwerp heeft geïntroduceerd, is een voelbare ornamentiek, juist door alle details uit het zicht te laten. Huibers beaamt deze strategie: “Er is ontzettend veel energie gestopt in de details. De detaillering aan de buitenzijde is heel zichtbaar en bijna rustiek te noemen. Daarmee past het in de omgeving. Aan de binnenzijde is juist alles wit, nieuw en vloeiend, comfortabel en licht, zonder zichtbare overgangen.” Vanuit de gladde vloeren lijken de kolommen te groeien richting het golvende plafond. De draagstructuur oogt ongewoon natuurlijk. “Al voor de aanbesteding hebben we de details voor de verschillende constructie-elementen vastgelegd”, vertelt Huibers. “Daarbij is ook aangegeven hoe we de overgangen wilden vormgeven. Bij de aansluiting van de kolommen op het plafond is bijvoorbeeld gewerkt met enorme stukken polystyreen, die op onze aanwijzingen in CAD zijn gefreesd en als vuling zijn gebruikt. De stukadoor heeft er vervolgens één geheel van gemaakt. En ja, daar zitten we dan bovenop.”



9.

8. Zicht op de entree en de doorgaande route die zich onder het maaiveld bevindt. De sculpturale betonnen kolommen begeleiden de bezoeker naar de verschillende exposities.

9. Rendering van de nieuwe situatie, met de uitbreiding op de voorgrond.

MAAKBAARHEID

Vloeiende kolommen

In de open ruimte onder het koetshuis bepalen de acht sculpturaal gevormde kolommen het karakter. De kolommen zijn ter plaatste gestort. Grillig gevormd, als boomstammen die uit de aarde spruiten en vertakken naar de vloer, zijn de acht kolommen onder het koetshuis de blikvanger van deze doorgangsruiimte. De kolommen zijn in het werk gestort met behulp van een gesegmenteerde bekisting van polyester. In de eerste tekeningen is uitgegaan van een buiskolom met een schaal eromheen. De architect had echter liever een massieve kolom, die bij aanraking geen holte kan verraden.

De gewenste vorm is door het architectenbureau uitgetekend in een 3D-model. Hierop is een mal gemaakt in negen segmenten. De diameter van de kolommen is

10. Zicht van bovenaf in de nieuwe ondergrondse ruimte met glazen lift.

11. Op de bouwfoto is goed te zien dat de kolommen zijn gestort tot het niveau van het verlaagd plafond. De aansluiting van de kolom op de vloeren is vloeiend gemaakt met polystyreen vulstukken. Uiteindelijk is alles gestuct.



11.

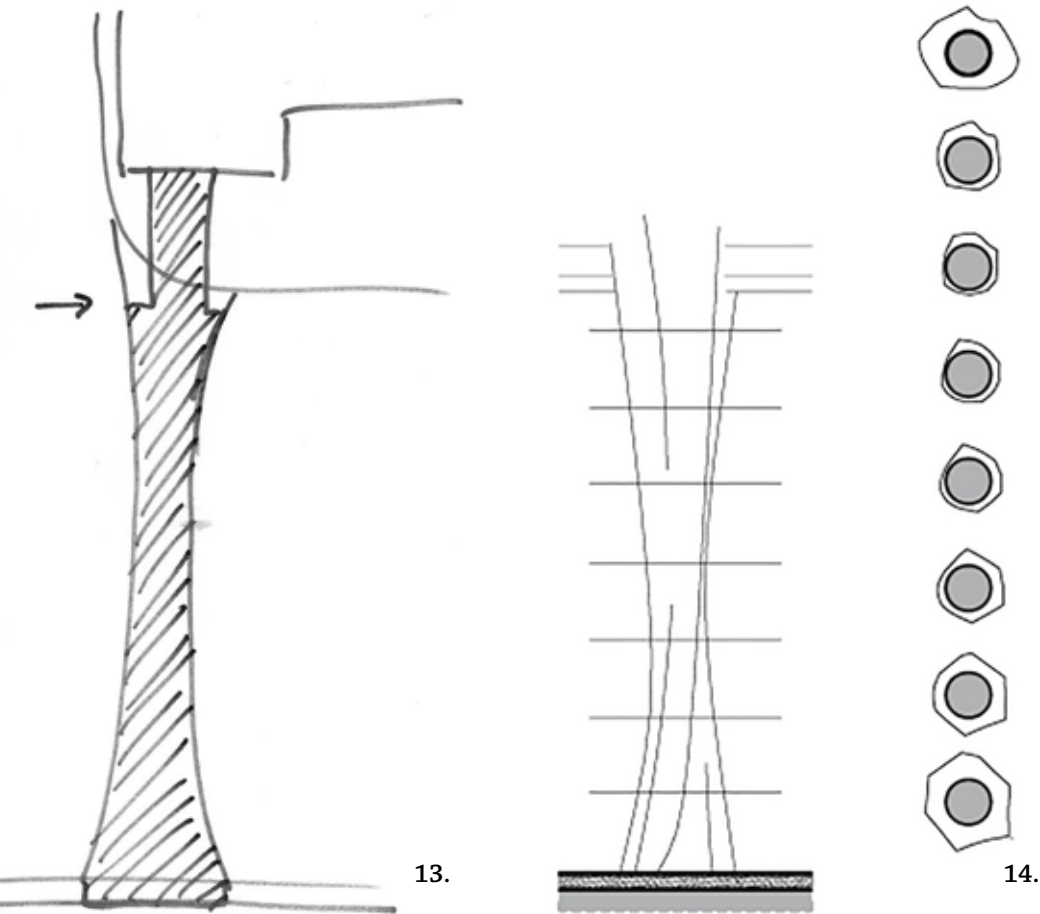
circa 300 mm. Over de volledige lengte van de kolom is een kooiwapening toegepast. In het betonmengsel zijn polypropyleenvezels toegevoegd om haarscheuring aan het oppervlak te voorkomen.

Met de mallen zijn de kolommen gestort tot het niveau van het (verlaagde) plafond. De vloeiende vorm tot aan de vloer is gemaakt met polystyreen blokken, waarna het geheel egaal is gestuct.

12. De sculpturale betonnen kolommen begeleiden de bezoeker naar de verschillende exposities.
13-14. Links een schets uit de ontwerpfase, waarin onder meer de plaats voor dilatatie is aangegeven. Daarnaast een uitwerking van de vorm; de bekisting houdt goeddeels dezelfde segmentering aan. Het architectenbureau werkte de gewenste vorm in een 3D-model uit.



12.



13.

14.

MAAKBAARHEID

Funderingstechnieken



15.

Dicht bij de monumentale gebouwen zijn de meest geavanceerde technieken voor fundering en ontgraving gebruikt. Waar het kon is een traditionele bouwput gemaakt.

Om de restauratie en nieuwbouw logistiek en fysiek van elkaar te scheiden, is een extra damwand geslagen. Constructief had deze geen toegevoegde waarde, maar voor de gemoedsrust van de uitvoerende partijen bleek de wand van grote betekenis.

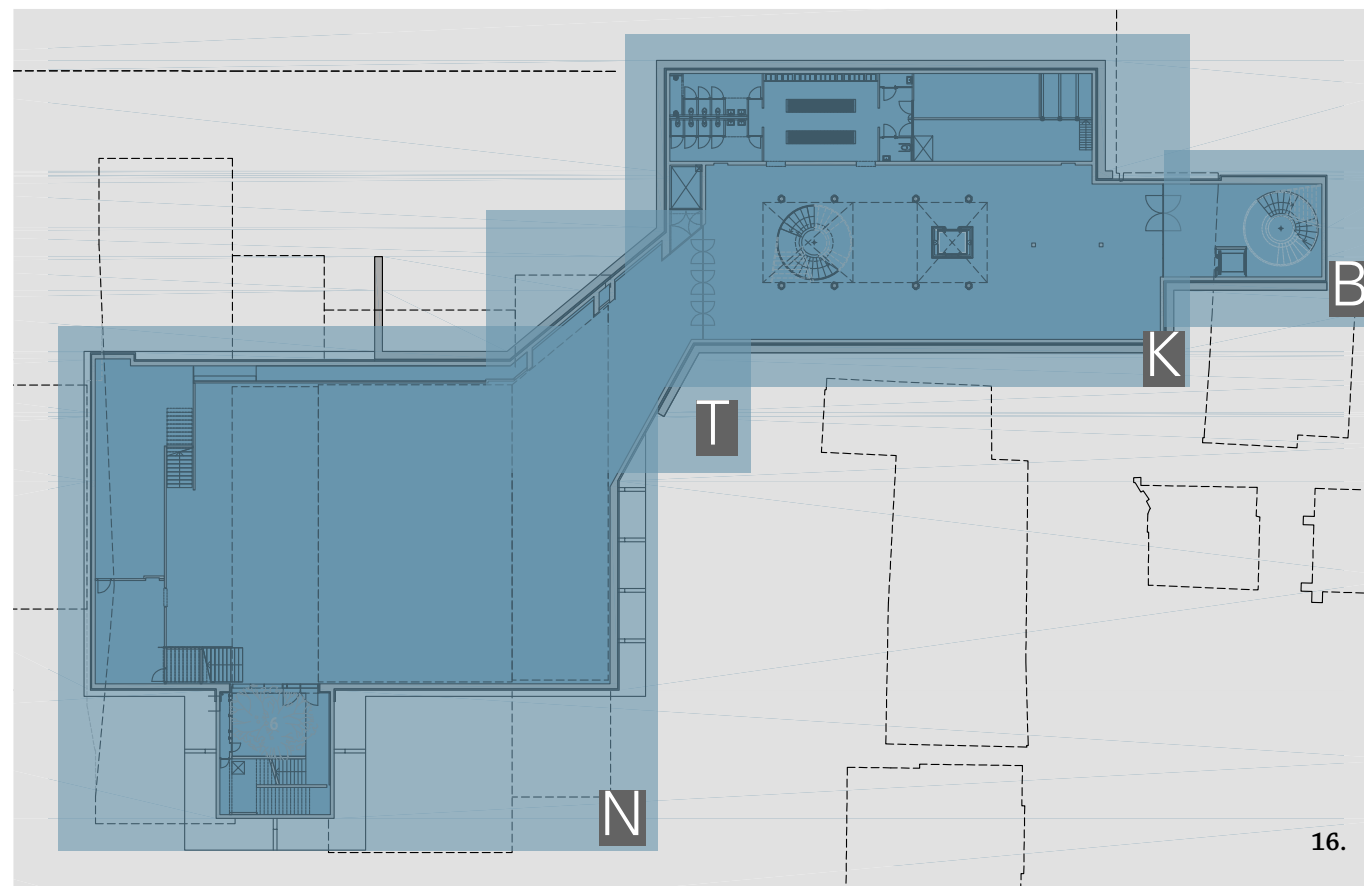
Soilmixwanden worden gemaakt met twee hydraulische, tegengesteld draaiende snijwielen die de grond mengen met grout. Hierdoor kan met een minimum aan trillingen en verplaatsingen een waterdichte wand tot 500 mm worden gerealiseerd. Deze techniek is ook toepasbaar bij het maken van funderingspalen. Met silent pilers

(stille funderingsmachines) kunnen funderingspalen of -wanden in een bebouwde omgeving vrijwel geluids- en trillingsloos de grond in worden geduwd, door gebruik te maken van een hydraulische pers en de tegenkrachten in de al aanwezige fundering of een hiervoor geplaatst star vakwerk.

Jetgrouting is een proces waarbij een vloeistof met hoge druk in de bodem wordt gespoten, eerst om de bodem lokaal los te maken en deels te verwijderen en vervolgens om een mix van grond en grout op diepte te brengen. Hiermee is het mogelijk om funderingspalen te maken op plaatsen die voor grotere machines onbereikbaar zijn. Een jetgroutinginstallatie kan door de voordeur en zelfs in een kruipruimte worden geplaatst. Daarmee biedt deze techniek uitkomst voor het verbeteren of aanvullen van de fundering van monumenten. **Caroline Kruit**

15. De ondergrondse, nieuwe vleugel is gemaakt met een traditionele opbouw van damwanden.

Rendering en tekeningen: designed by Erick van Egeraat.
Foto's 11, 15, 17 en 18: designed by Erick van Egeraat.
Rest foto's: J. Collingridge.



17. De verschillende onderdelen van het museum kregen elk een eigen funderingsscenario. De afstand tot de monumentale gebouwen was bepalend voor de inzet van materieel en materiaal. Het nieuwe deel (N) met de ondergrondse vleugel is traditioneel opgebouwd met damwanden en een dakconstructie van staal. Bij de ove gang naar het koetshuis (T) is een tijdelijk tussenwand gemaakt. Het koetshuis (K) is letterlijk geparkeerd om met geavanceerde technieken een niveau -1 te creëren. Zo trillingsvrij mogelijk is de aansluiting gemaakt met de bestaande, monumentale gebouwen (B).



16-18. Het koetshuis (foto's hieronder) is in een stalen korset gehesen en letterlijk 'aan de kant gereden' om de ruimte voor de nieuwe expositie-vleugel en entree te ontgraven.

19. Vanuit de nieuwe kelder zicht omhoog naar de bestaande houten kapconstructie.





ESTHETISCHE ZOEKTOCHT UITVOERING WARBETON

Toepassing van glasschuimkorrels als toeslagmateriaal warmbeton in het regiokantoor Natuurmonumenten Zierikzee.



SCHOONBETON – MOOI IN ZICHT

Beton is een eigenaardig materiaal. Het heeft een eigen aard. Schoonbeton is de verzamelnaam voor alle beton waaraan bewust esthetische kwaliteitseisen worden gesteld.



BEWERKT BETONOPPERVLAK

Naast de structuur en textuur die door mallen op het betonoppervlak overgedragen kunnen worden, is het ook mogelijk om een textuur aan te brengen door bewerking van het oppervlak.



ONTWERPASPECTEN

GEPREFABRICEERD SCHOONBETON
Prefab schoonbeton kan wel 1001 verschijningsvormen aannemen door te variëren met de oppervlaktebewerking, betonsamenstelling, oppervlakte-structuur en -nabehandeling.



MODEL-WERKPLAN SCHOONBETON

In CUR100 wordt aanbevolen om een werkplan schoonbeton op te stellen. Betonhuis Cement heeft een model-werkplan opgezet, dat gratis te downloaden is.



KLEURRIJK BETON

Naast de betonsamenstelling, bewerking en nabehandeling van het oppervlak hebben textuur, structuren en reliëfs invloed op de betonkleur.

LEES DEZE ONDERWERPEN EN MEER OP WWW.TEKTONIEK.NL



TEKTONIEK

Grotkunstcentrum Lascaux IV

SNØHETTA, OSLO

Grotkunstcentrum Lascaux IV

SNØHETTA, OSLO



1.

ONTDEKKINGSREIS IN BETON

Een eeuwenoude grot ontdekken in een modern gebouw? Dat kan in Lascaux IV, het grotkunstcentrum in Montignac, Frankrijk. Hier is een, op de millimeter nauwkeurige, replica van een nabijgelegen grot te bewonderen met ongeveer tweeduizend prehistorische muurschilderingen. Het bezoekerscentrum van lichtgrijs beton maakt een scherpe snede in het landschap. Fijn geprofileerde, in het werk gestorte betonnen wanden vormen de basis voor een eigentijdse ontdekkingsreis naar het verleden.



Project	Lascaux IV, Montignac, Frankrijk
Opdrachtgever	Conseil général de la Dordogne
Gebruiker	Semitour
Architect	Snøhetta Oslo in samenwerking met SRA architectes, Parijs en Duncan Lewis Scape Architecture, Bordeaux
Scenograaf	CassonMann, Londen
Constructeur	Khephren Ingénierie, Bordeaux en Parijs
Aannemer	RFR, Parijs
Uitvoering beton	Alto Ingénierie, Bordeaux
Totaal vloeroppervlak	8365 m² (netto)
Periode	ontwerp: 2012 start bouw: 2013 oplevering: 2016

LASCAUX

De originele grot Lascaux is per toeval ontdekt in 1940 door tieners die een hond uitlieten. Niet lang daarna zijn de gewelven, met goed bewaarde prehistorische tekeningen tot wel 19.000 jaar oud, opengesteld voor publiek. Het was een populaire bestemming met wel duizend bezoekers per dag en het kreeg de bijnaam ‘de Sixtijnse Kapel van de prehistorie’. Aan het eind van de jaren ‘50 van de vorige eeuw werd duidelijk dat de kwetsbare muurschilderingen door de grote toeloop van mensen beschadigd raakten. Daarom is de grot in 1963 gesloten. In 1983 opende een door wetenschappers vervaardigde replica: Lascaux II. Ook deze werd drukbezocht. Vervolgens is nog een reizende tentoonstelling gemaakt die Lascaux III heette. Door verbeterde technologische mogelijkheden is, ongeveer dertig jaar na opening van de eerste replica, gestart met de reconstructie van een geheel nieuwe replica, Lascaux IV.

1. Het bezoekerscentrum van lichtgrijs beton doorsnijdt in het landschap en ligt op de grens tussen bos en weilanden.
2. In Lascaux IV is een deel van een grot, met prehistorische tekeningen, tot op de milimeter nauwkeurig nagemaakt.



2.



REPLICA

In Lascaux IV is een deel van de originele grot, met een lengte van 250 meter, waarheidsgetrouw nagemaakt. De ruimte is met lasertechnologie ingemeten en op de millimeter nauwkeurig gereproduceerd. De beroemde jagers en bizonen zijn met de originele pigmenten door kunstenaars handmatig aangebracht op een ondergrond van glasvezels. De stukken van de grot waar weinig of geen tekeningen op staan, zijn door beeldhouwers nagemaakt in spuitbeton en klei. Om de ervaring nog levensechter te maken zijn de temperatuur en de vochtigheidsgraad in de replica gelijk gemaakt aan die van de echte grot.

MODERNE GROT

Bij het ontwerpen van het bezoekerscentrum stond de beleving van de oeroude grot centraal. “Het gebouw staat op de grens tussen het bos en de weilanden. Het project is als een incisie in de heuvel van Lascaux geplaatst, alsof het uit de rotsen is gehakt. Het was voor ons van belang om met architectuur de ervaring van het ontdekken te versterken,” vertelt projectleider Rune Veslegard van Snøhetta. De architect heeft heel bewust gekozen voor in situ beton als beeldbepalend materiaal van het bezoekerscentrum. Enerzijds omdat het een massieve, steenachtige uitstraling heeft, passend bij een grot. Anderzijds om de eenheid die met in het

werk gestort beton kan worden bereikt. De ene vorm vloeit naadloos over in de volgende. De route door het gebouw is zorgvuldig geregisseerd. Bezoekers komen binnen in de lobby. Iedere zes minuten wordt een kleine groep met gids per lift naar buiten gebracht. Zij dalen te voet af, van het dak van het gebouw, naar de replica van de grot. Na het bezoeken van de grot komen ze weer buiten in een tuin omsloten met hoge betonnen wanden, een ruimte van rust voor het betreden van de rest van de expositie binnen. Lascaux IV is ook een museum voor prehistorische kunst.

KERN VAN BETON

Imposante, in het werk gestorte betonnen wanden tot 13 m hoog, vormen een centrale ruimte in het gebouw. Horizontale belijning met licht golvende randen, benadrukt de hoogte van de wanden en verwijst naar de geologische gelaagdheid van de bodem. Bijna alle ruimten grenzen aan deze oriëntatie-as. De as loopt vanuit het midden taps toe en de wanden staan onder verschillende hoeken uit het lood. Ze variëren van 9 graden negatief tot 2 graden positief. Daglicht verlicht het geheel alleen van bovenaf. “Het is een eigentijdse interpretatie van de ruimtelijke kwaliteit en de belichting van een grot,” legt Veslegard uit. “We hebben de kleur en textuur neutraal gehouden om het contrast met de kleurrijke grillig gevormde

grotkunst te vergroten.” De vloer is daarom ook van beton. Om de gevulderde vloer zo veel mogelijk te laten lijken op de matte wanden is kwarts aan de mix toegevoegd.

GECONTROLEERD STORTEN

De smalle, hoge oriëntatieruimte is een monoliet geheel in beton. Dit gaf de nodige uitdaging in de uitvoering. Doordat de wanden onder verschillende hoeken staan, waren veel speciale bekistingselementen nodig. Ieder verticaal deel is in één keer gestort, al waren er vaak wel vier ladingen voor nodig. Hoewel een zelfverdichtend beton is gebruikt, is er getrild in de tijd tussen twee stort, om een goede en constante oppervlaktekwaliteit te verkrijgen. Ook is de bekistingstijd van de verschillende wanden nauwlettend is de gaten gehouden. Ieder deel moest dezelfde hoeveelheid tijd bekist blijven om kleurverschil in het eindresultaat te voorkomen.

STEVIG SCHOREN

De bekisting van de oriëntatieruimte is uitgevoerd in staal. Door het enorme gewicht aan beton dat in één keer werd gestort, was een ongebruikelijk grote hoeveelheid schoren nodig om de bekisting te fixeren tijdens het uitharden. Ieder vlak van ongeveer 3 m breed, met aan weerszijden stalen bekisting, had ongeveer twintig stalen stangen nodig om de kist in de juiste vorm te houden. Tijdens het storten en uitharden was de oriëntatieruimte daarom nauwelijks bereikbaar door de wirwar aan stalen staven. De stalen

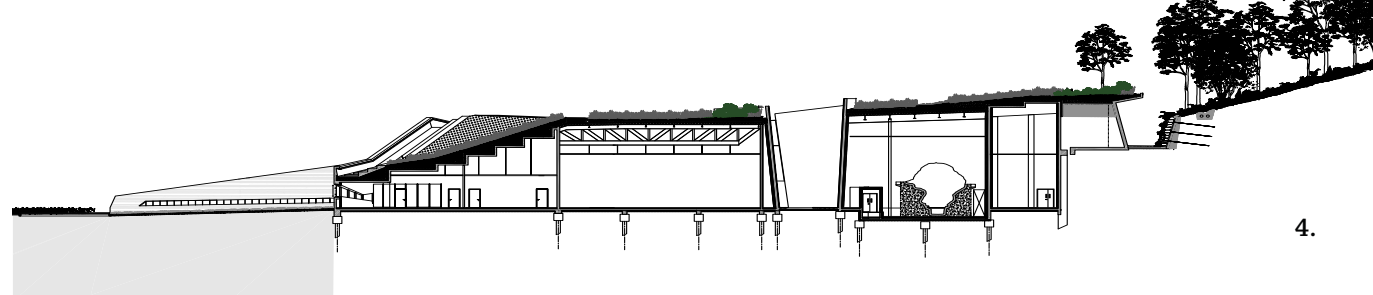
bekisting was volledig afgedicht met siliconen om lekken van cementwater te voorkomen en zo een goed betonoppervlak te kunnen garanderen. Sparingen voor doorgangen naar andere ruimten zijn gemaakt met houten plaatwerk. Sparingen voor luchtafvoer en lichtarmaturen zijn zo veel mogelijk ingestort.

TEXTUUR BLOOTLEGGEN

De horizontale belijning geeft het beton karakter en vormt een verbindend element in Lascaux IV. De wanden in de oriëntatieruimte, veel binnenwanden en de gevel zijn ermee bedekt. Licht golvende stroken van ruw en glad beton wisselen elkaar af. Deze structuur is aangebracht na het ontkisten. Voor de betonnen wanden, zijn stalen voorzet-elementen geplaatst die het oppervlak gedeeltelijk afdekten. Het onbedekte beton is vervolgens handmatig gezandstraald. Iedere 3 meter repeteert het patroon. De stalen elementen zijn gesneden uit roestvast staal met een lasersnijder. De horizontale banden lopen overal overhoeks door. Als wanden loodrecht op elkaar aansluiten, kan hiervoor steeds dezelfde mal worden gebruikt. Aangezien de wanden in de oriëntatieruimte onder verschillende hoeken staan, was dit hier niet mogelijk. Verticaal gezien hebben de banden er altijd dezelfde afstand. Om dezelfde hoogte te overbruggen op een schuine wand, is een band met grotere breedte nodig dan op een wand die in het lood staat. Daarom zijn voor deze ruimte vier sets stalen mallen gemaakt.

3. De smalle, hoge oriëntatieruimte is een monoliet geheel in beton. Horizontale belijning benadrukt de hoogte van de wanden en verwijst naar de geologische gelaagdheid van de bodem.

4. Dwarsdoorsnede gebouw.



BETON MENGEN

“Het was een zoektocht om het juiste betonmengsel te vinden,” aldus Feslegard. “We hebben wel dertien verschillende mengsels getest en veel prototypen gemaakt, voordat we de gewenste oppervlaktekwaliteit kregen, met het juiste toeslagmateriaal dat de geschikte vorm en kleur heeft.” Er werd zowel een gladde als een ruwe afwerking van het beton gevraagd, daarom moest er worden geëxperimenteerd. In eerste instantie was bijvoorbeeld de kalksteentoevoeging te geel. Daarna was er een probleem met het vloeien van het mengsel, terwijl het beton zelfverdichtend was. Dit is opgelost door de hoeveelheid rond zand te verhogen, ten opzichte van de hoeveelheid korrelig zand. Het gekozen betonmengsel is zelfverdichtend en bevat een portlandcement, een lokaal toeslagmateriaal in nagenoeg dezelfde kleur als het cement, plus rond en korrelig zand. De druksterkte is 30 N/mm². De kleur van het beton benadert de kleur van de zandstenen grot Lascaux.

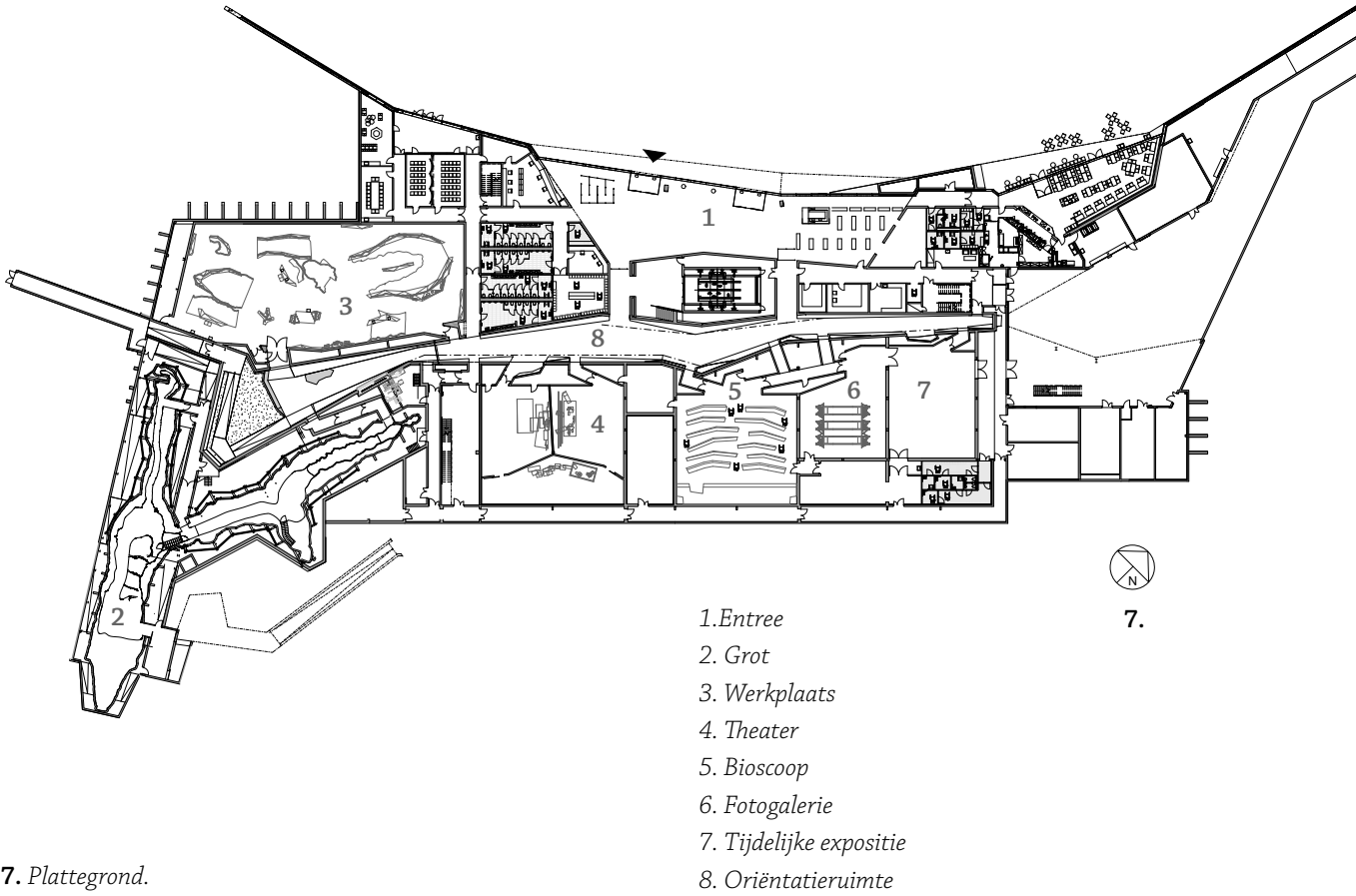
GEWICHTIGE GEVEL

De lange, lage gevel verrijst geleidelijk uit het landschap en wordt gedomineerd door een aaneengesloten strook in het werk gestort beton. Door een flink overstek lijkt het beton te zweven boven de glazen pui van de lobby. Het gewicht van de gevel wordt hierdoor benadrukt. Het beton wordt zo min mogelijk onderbroken door dilataties. De gevel vormt hierdoor een duidelijke eenheid. De horizontale belijning versterkt het

geheel. De verhouding tussen ruw oppervlak en glad oppervlak is anders dan in het interieur. In de oriëntatieruimte is 30% van de wanden ruw en 70% glad, buiten is het patroon precies omgekeerd en is 70% gezandstraald en 30% glad. Op het beton is een anti-graffitiproduct aangebracht, berekend op vijftig keer schoonmaken. Het beton is daardoor iets meer gaan spiegelen. De gladde en ruwe oppervlakken zorgen voor een steeds wisselend schaduwspel op de gevel, afhankelijk van de stand van de zon.

ZWARE CONSTRUCTIE

Het beton op overstek wordt gedragen door een combinatie van betonnen balken en stalen spanten. Zij brengen het gewicht over op gewapend betonnen wanden binnen. Ook zijn twee kolommen naast de entree nodig om deze balken te ondersteunen. Verder zijn juist zo min mogelijk kolommen gebruikt in het gebouw, omdat dit niet strookt met het beeld dat het gebouw uit de rotsen zou kunnen zijn gehakt. De uit het lood gekantelde wanden zijn sterk genoeg om de helling van de wand zelf te dragen. Toch zijn ze verankerd aan achterliggende dragende wanden. De betonnen wanden variëren in dikte, 200 mm, 250 mm en 300 mm, afhankelijk van de positie. De opstanden van de trapleuningen op het dak zijn op sommige plaatsen zelfs 500 mm dik. De wand die de heuvelzijde begrenst is 10 m hoog en is gezekeerd met stalen ankers diep in de rotsen.



COMPLEET MET PREFAB

Bijna alle onderdelen in het bezoekerscentrum zijn in het werk gestort. Vanuit praktische overwegingen is een aantal onderdelen uitgevoerd in prefab beton. In de patio tuin bijvoorbeeld staat een wand waarover continu water stroomt. Om de absolute waterdichtheid van het beton te controleren is ervoor gekozen deze wand te prefabriceren. Ook voor het exterieur zijn prefab elementen gebruikt. Dit had te maken met de Franse regelgeving, deze vereist dat alle opstanden van het dak controleerbaar moeten zijn. Lage wandjes en trappen op het dak zijn daarom gemaakt van verwijderbare prefab elementen. Door de kleur vormt het één geheel met het in het werk gestorte beton.

NIEUW HOOFDSTUK

In Lascaux IV is 10.000 ton beton gebruikt om de beleving van de historische grotkunst te versterken. Een eeuwenoud verhaal wordt verteld met behulp van hedendaagse architectuur.

Barbara Heijl

Foto's Cover, 1, 2, 8 en 9 van Boegly + Grazia photographers i.o.v. Snøhetta.
Foto 3 van Eric Solé 2017 i.o.v. Snøhetta.
Tekeningen en foto's 5 en 6 van Snøhetta.

8. Het project is als een incisie in de heuvel van Lascaux geplaatst.
9. Het beton lijkt te zweven boven de glazen pui van de lobby.





CONCRETE DESIGN COMPETITION
Form-Works is het thema van de Concrete Design Competition van 2019-2020 voor studenten van architectuur, constructie en bouwkunde opleidingen.



SWISS-ITALIAN CONCRETE
Twee internationale architecten onderzoeken hun eigen werk op het toepassen van beton in hun projecten.



SWISS AND ITALIAN CONCRETE INTERVIEWS
Tijdens een excursie bezocht een groep master studenten internationale projecten waarbij ze hebben ervaren hoe beton in verschillende omgevingen kan worden behandeld en gelezen.



3D-PRINTEN EN PARAMETRISCH ONTWERPEN
Parametrisch ontwerpen, een handig ontwerphulpmiddel voor gebouwen en objecten die ook digitaal geproduceerd worden, zoals het printen met beton.



EXPERIMENTEEL BETON
De Gevelbeurs is het jaarlijks podium voor de presentatie van Experimenteel Beton. De prototypes trekken de nodige aandacht.



SPEL VAN DAGLICHT EN MASSIEF BETON
Het seminar Light Concreteness draaide om het vormgeven van het spel tussen (dag)licht en het ontbreken daarvan.

LEES DEZE ONDERWERPEN EN MEER OP WWW.TEKTONIEK.NL



TEKTONIEK

Romain Ricciotti - interview

LAMOUREUX RICCIOTTI INGÉNIERIE, MARSEILLE

Romain Ricciotti

LAMOUREUX RICCIOTTI INGÉNIERIE, MARSEILLE



WISKUNDIGE PUZZELS IN UHPC

Ingenieur Romain Ricciotti vertelt over UHPC en de geleerde lessen bij het project Mucem in Marseille.

Met de oplevering van het nieuwe museumkwartier in Marseille is een nieuw hoofdstuk geschreven in de ontwikkeling van Ultra High Performance Concrete (UHPC). Het materiaal is de constructieve en esthetische drager van de architectuur van het J4 Gebouw van Mucem (Musée des Civilisations de l'Europe et de la Méditerranée) en de loopbrug vanaf de oude stad naar het dak van het gebouw.

Rudy Ricciotti won in 2002 met zijn architectonisch ontwerp - waarvan de eerste schets al aangaf hoe UHPC zou kunnen worden ingezet - de prijsvraag van de Franse overheid. Maar liefst vier ingenieurbureaus rekenden aan de verschillende onderdelen van het gebouw. Lamoureux & Ricciotti ingénierie ontwikkelde en berekende de elementen in UHPC.

1. Romain Ricciotti wijst de geveldetails aan.

2. De UHPC loopbrug brengt de bezoeker vanuit de oude stad naar de entree op het dak.



Om te zeggen dat Ultra High Performance Concrete (UHPC) hem met de paplepel is ingegoten, is wat overdreven. Het past ook niet bij de ingetogen wijze waarop Romain Ricciotti praat over zijn werk en de projecten waarmee hij bezig is. Ricciotti komt uit een familie van bouwers. Zijn grootvader was een aannemer, zijn vader is de flamboyante architect Rudy Ricciotti. ‘Gebouwen, bouwen, bouwplaatsen.. Het is een soort van familie-aangelegenheid’, zegt de jonge ingenieur bescheiden. Romain Ricciotti studeerde aan het Parijse instituut École des Ponts et Chaussées. ‘Wiskunde is de basis voor alle studies bij het instituut’, vertelt Ricciotti. ‘Je leert onderwerpen op een mathematische wijze te benaderen: economie, energie, transport en constructies.’ Tijdens zijn afstuderen was vader Rudy Ricciotti bezig met een allereerste ontwerp in UHPC, een voetgangersbrug in Korea. Romain volgde de samenwerking met fabrikant Lafarge nauwgezet. ‘Vier jaar later kwam er weer een project voorbij en kon ik de berekeningen doen omdat ik bekend was met het type constructie en het materiaal.’

MECHANICA

Na zijn afstuderen vormde Romain Ricciotti een ingenieursbureau met Guillaume Lamoureux, die zijn opleiding volgde aan de École Spéciale des Travaux Publics, du Bâtiment et de l'Industrie (ESTP) in Parijs. Lamoureux & Ricciotti ingénierie noemt het werken met UHPC een specialiteit, maar rekent ook aan (geprefabriceerd) beton, staal, hout en glazen puien. Voor een bureau van nog geen vijf jaar oud heeft het een aardig repertoire aan projecten, al is een aantal ontwerpen blijven steken bij het prototype. Met enthousiasme ‘puzzelen’ de jonge ingenieurs met (combinaties van) materialen. Voor het rekenen met UHPC zijn er geen speciale regels of formules, zo stelt Ricciotti. ‘We gebruiken dezelfde basisprincipes, de mechanica is hetzelfde als bij andere constructies. De materiaalkundige eigenschappen van UHPC zijn anders, maar daarin zit meestal niet de beperking of drempel voor toepassing. Omdat elementen van UHPC zo veel verschillende functionaliteiten kunnen hebben en er nog weinig referenties zijn, wordt er gevraagd om extra zekerheid. En dat betekent extra berekeningen, meer controles om garanties te kunnen geven. Het zijn allemaal inspanningen die je moet treffen om een nieuw product in een traditionele keten op te kunnen nemen.’

ITERATIEF PROCES

Het is de High Performance van UHPC die projecten nog wel eens doet struikelen, concludeert Ricciotti. ‘In de traditionele opbouw van een project werk je met verschillende lagen in een ontwerp: een constructieve laag, de afwerking, de gevel. Met UHPC is het mogelijk deze lagen in één element te combineren. Deze combi-

natie van prestaties vergt een integrale aanpak van het ontwerpproces, al vanaf de eerste schets. De architect en zijn constructieve adviseurs doorgaan een intensief, iteratief proces om tot een optimaal ontwerp voor de verschillende elementen te komen. Dat kan alleen als alle neuzen vanaf het eerste begin dezelfde richting op staan. Ook die van de opdrachtgever!’ De projecten waarbij in een later stadium werd gekozen om een alternatief voor de gevel of constructie in UHPC uit te rekenen, zijn op niets uitgelopen, zo is de ervaring van Ricciotti. ‘Voor een betaalbare en productietechnisch haalbare toepassing van UHPC moeten alle puzzelstukjes kloppen. In de loop van een proces kunnen er natuurlijk altijd redenen zijn van economische, constructieve of architectonische aard die leiden naar de keuze voor een ander materiaal. Maar als vanaf het begin met het UHPC wordt gewerkt, zijn de voordelen des te groter en hoeft de investering niet hoger te zijn.’

COMBINATIE VAN FUNCTIES

De materiaaleigenschappen van UHPC kunnen makkelijk de competitie aan met andere - traditionele - constructieve en esthetische materialen, zo stelt Ricciotti. ‘Het verschil zit in de combinaties van functies en eigenschappen. We maken nu bijvoorbeeld een prototype voor een tankstation in UHPC, als alternatief voor een staalconstructie. De betonnen variant is flink duurder om te maken. Maar in de uitvoering, met heel veel standaardisatie en prefabricage, en het onderhoud komt UHPC veel beter uit de berekeningen.’ Prototypes maken is op dit moment een vast onderdeel in ontwikkeltrajecten van UHPC-elementen. De prototypes worden vrijwel altijd op ware grootte gemaakt. ‘De verbinding van de elementen is een cruciaal, maar heel lastig onderdeel van de haalbaarheidsstudies’, legt Ricciotti uit. ‘We gebruiken verschillende technieken om elementen te verbinden. Op locatie onder spanning brengen is het meest gebruikelijk. De prototypes testen we op de duurzaamheid van de te verbinden oppervlakken, want daar zit het grootste risico: zout en water kunnen dit oppervlak aantasten. Voor een project in Parijs hebben we proeven gedaan met speciale, chemische interfaces. Die moeten heel wat aankunnen: mechanische krachten, temperatuurschommelingen, agressieve stoffen, vocht en vrieskou. Met simulaties en accerelatietesten (versnelde veroudering) kijken we naar de duurzaamheid voor vijftig jaar.’

OMGEKEERDE BOUWVOLGORDE

Het MuCEM J4 project in Marseille, een ontwerp van vader Rudy Ricciotti, laat in vele opzichten unieke toepassingen van UHPC zien. De gevel van het pronkstuk van het Musée des Civilisations d'Europe et de Méditerranée is een filigreine compositie van opengewerkte

elementen in een donkere kleur. Hoge en ranke, vloeiend gevormde kolommen zetten de sfeer in het interieur. Op het dak staat een pergola van slanke constructieve jukken waaraan de loopbruggen langs de gevels hangen. Een elegante brug nodigt uit om de afstand tussen het gebouw en de oude stad te overbruggen. ‘Het is bijzonder om te zien dat het gebouw zoveel lijkt op de eerste schetsen, die toch alweer tien jaar oud zijn’, zegt Romain Ricciotti. Lamoureux & Ricciotti ingénierie nam binnen het grote team van ingenieurs de uitwerking van het UHPC voor zijn rekening. ‘Ten opzichte van die eerste schets zijn de details misschien veranderd, maar het karakter en de dimensies van het gebouw zijn hetzelfde.’

Het project heeft langere tijd stil gelegen, totdat in 2009 duidelijk werd dat Marseille in 2013 Culturele Hoofdstad van Europa zou worden. En hoewel het gebouw al volledig was doorgerekend (‘met zeshonderd pagina’s A3 aan berekeningen!’), aldus vader Ricciotti), werden in de loop naar een snelle uitvoering toch nog wat (budgettaire) aanpassingen gedaan. Niet onbelangrijk: de materialisering van de draagconstructie werd herzien. De plint, kelder en stabiliteitswanden werden in regulier constructief beton uitgevoerd, de verdiepingvloeren in C60. De vloeren worden gedragen door kolommen aan de omtrek, zonder tussenkolommen. ‘Het ontwerp van de kolommen is afgestemd op de druksterkte door het gewicht van en de krachten in de vloeren. In de eerste plannen zouden de kolommen na het storten van de vloeren worden nagespannen om de constructie stabiel te krijgen. Met de zwaardere vloeren bleek het nodig om de kolommen op elke verdieping met extra ankers te verbinden aan de constructie. Uit esthetisch oogpunt wilden we dat vermijden. Daarom is ervoor gekozen om de UHPC-kolommen een voorspanning te geven en uit te voeren als pendelkolommen, zodat ze de extra krachten konden opnemen. Een ingrijpende en onorthodoxe beslissing, want een omgekeerde bouwvolgorde was het gevolg: eerst zijn alle vloeren gestort en tijdelijk afgesteund, vervolgens zijn de voorgespannen kolommen langs de omtrek geplaatst. Pas op het laatst is de vloerconstructie met speciaal ontwikkelde knopen verbonden aan de kolommen.’ Ricciotti vertelt er bevlogen over, maar haalt vervolgens zijn schouders op. ‘Als je onder tijdsdruk staat, kies je voor dergelijke oplossingen. Terugkijkend was het een groot risico omdat we er geen enkele ervaring mee hadden. Eigenlijk is het heel gevaarlijk om te snel te willen bouwen.’

VOLGENDE STAP

Gevraagd naar een volgende uitdaging in het werken met UHPC, moet Ricciotti even nadenken. ‘Eigenlijk ben ik niet op zoek naar een nieuwe uitdaging. MuCEM was



3. In gesprek met Romain Ricciotti.

uitdagend genoeg. Ik wil ‘s nachts wel kunnen slapen! Je moet niet tegen wil en dank innoveren. Het is veel interessanter om te kijken naar nieuwe toepassingsgebieden voor het materiaal, zodat het breder kan worden ingezet. Meer ervaring met UHPC en meer kennis over het materiaal zullen leiden tot een goede regelgeving en dat geeft meer vakmensen aanleiding om ervan gebruik te maken en de efficiëntie ervan te ontdekken.’ Het werken met UHPC geeft veel kansen, zo stelt Ricciotti. ‘Misschien eerder in andere branches dan de architectuur. Ik denk aan havengebieden, defensie en infrastructuur. De eigenschappen en het gedrag van het materiaal passen goed in duurzaamheidsvisies en toekomstscenario’s. De toepassingen zijn materiaalefficiënt, brandveilig, kunnen grote overspanningen en krachten aan.’ Een volgend project in UHPC heeft zich echter al wel bij het ingenieursbureau aangediend. Een brug in Montpellier: ‘elegant en dun’, aldus de ingenieur. De officiële aanbesteding van het ontwerp moet nog plaatsvinden, zo vertelt hij. ‘Maar de berekeningen zijn al klaar.’

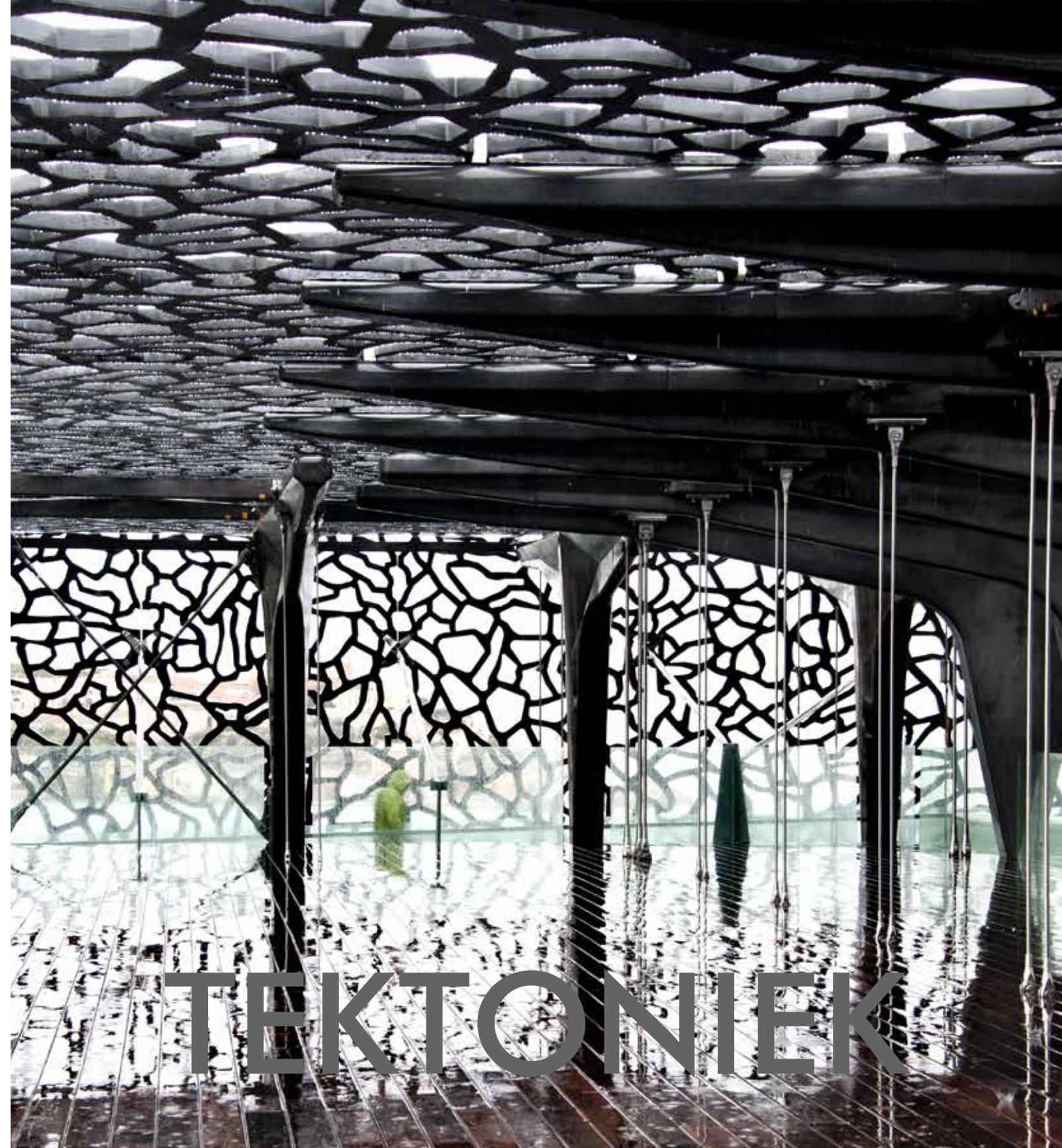
Het interview met Romain Ricciotti vond plaats in Marseille, op de bouwplaats van Gebouw J4 van MuCEM, 24 september 2012.

Caroline Kruit

Foto cover Caroline Kruit

Foto's 1,3 Siebe Bakker

Foto 2 Lisa Ricciotti



TEKTONIEK

MUCEM J4, Marseille

RUDY RICCIOTTI ARCHITECTE, BANDOL

MUCEM J4, Marseille

RUDY RICCIOTTI ARCHITECTE, BANDOL



MINERALE EXPRESSIE AAN DE MEDITERRANE KUST

Het MuCEM J4 is het nieuwe culturele hart van Marseille. MuCEM J4 is gebouwd op een beladen locatie in de haven van de mediterrane stad Marseille. Binnen de complexe randvoorwaarden van de opdracht hebben Rudy Ricciotti en Roland Carta met hun ontwerp een bijzondere balans gevonden. Loopbruggen zijn uitgevoerd in vezelversterkt UHPC, oftewel Ultra High Performance Concrete. Romain Ricciotti maakte de constructieve berekeningen met dit relatief nieuwe materiaal.

Opdrachtgever:	Directie MuCEM (Le Musée des Civilisations de l'Europe et de la Méditerranée), gefinancierd door de Franse overheid, regionale overheden en Marseille
Architect:	Rudy Ricciotti Architecte in samenwerking met Carta Associés
Hoofdconstructeur:	Freyssinet Group, Velizy
Constructeur UHPC, HSB:	Lamoureux Ricciotti Ingénierie, Marseille
Hoofdaannemer:	Vinci, Rueil-Malmaison
Fabricage elementen UHPC:	Fabricage elementen UHPC: Bonna Sabla, Parijs
Ontwerp bekisting::	Philippe Deplagne, Le Mans
Leverancier UHPC (DUCTAL):	Lafarge, Parijs
Advies akoestiek:	Thermibel, Strépy-Bracquegnies
Landschapsarchitect:	In Situ, Lyon
Advies verlichting:	L'Observatoire International, New York

MAAKBAARHEID

Gevelpanelen in UHPC



De beeldbepalende rasters van de gevel van MuCEM J4 zijn gegoten van UHPC in panelen van 3 x 6 m2 met een diepte van 7 cm. In de mallen zijn polyurethaan elementen geplaatst om grillige patronen te componeren met een verhouding open-gesloten van 50-50. De gegoten vormen tussen de polyurethaan malstukken, de zogenoemde strengen van UHPC, hebben een diameter van 8 x 7 cm2. De panelen zijn verticaal gestort zodat beide zijden van het paneel een mooie zichtkant kregen. Voor de bevestiging in het werk kregen alle panelen een horizontale beugel aan de bovenzijde waarmee ze aan een staalconstructie worden gehangen. De panelen zijn met geringe afstand tot elkaar bevestigd, zodat ze onafhankelijk kunnen bewegen en thermische uitzetting geen probleem vormt.

Omdat de gevelpanelen voortdurend blootstaan aan het ruwe zeeklimaat, zijn er tests gedaan met verschillende metaalvezels en vormen van mallen. Op de locatie corrodeert staal razendsnel en bruine vlekjes in het

- 3. De bevestigingsknopen van de gevelpanelen.
- 4. Een uitzonderlijk doorzicht door de panelen van UHPC. In de close-up is te zien dat de panelen met enige afstand tot elkaar zijn geplaatst.



MAAKBAARHEID

Gevelpanelen in UHPC



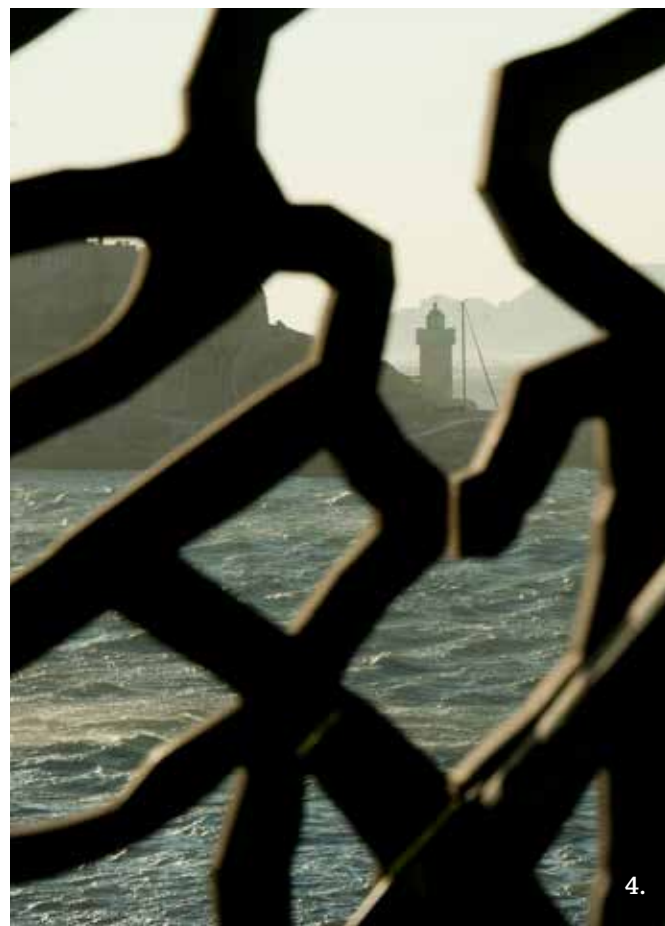
De beeldbepalende rasters van de gevel van MuCEM J4 zijn gegoten van UHPC in panelen van 3 x 6 m² met een diepte van 7 cm. In de mallen zijn polyurethaan elementen geplaatst om grillige patronen te componeren met een verhouding open-gesloten van 50-50. De gegoten vormen tussen de polyurethaan malstukken, de zogeheten strengen van UHPC, hebben een diameter van 8 x 7 cm². De panelen zijn verticaal gestort zodat beide zijden van het paneel een mooie zichtkant kregen. Voor de bevestiging in het werk kregen alle panelen een horizontale beugel aan de bovenzijde waarmee ze aan een staalconstructie worden gehangen. De panelen zijn met geringe afstand tot elkaar bevestigd, zodat ze onafhankelijk kunnen bewegen en thermische uitzetting geen probleem vormt.

Omdat de gevelpanelen voortdurend blootstaan aan het ruwe zeeklimaat, zijn er tests gedaan met verschillende metaalvezels en vormen van mallen. Op de locatie corrodeert staal razendsnel en bruine vlekjes in het

3. De bevestigingsknopen van de gevelpanelen.

4. Een uitzonderlijk doorzicht door de panelen van UHPC.

In de close-up is te zien dat de panelen met enige afstand tot elkaar zijn geplaatst.



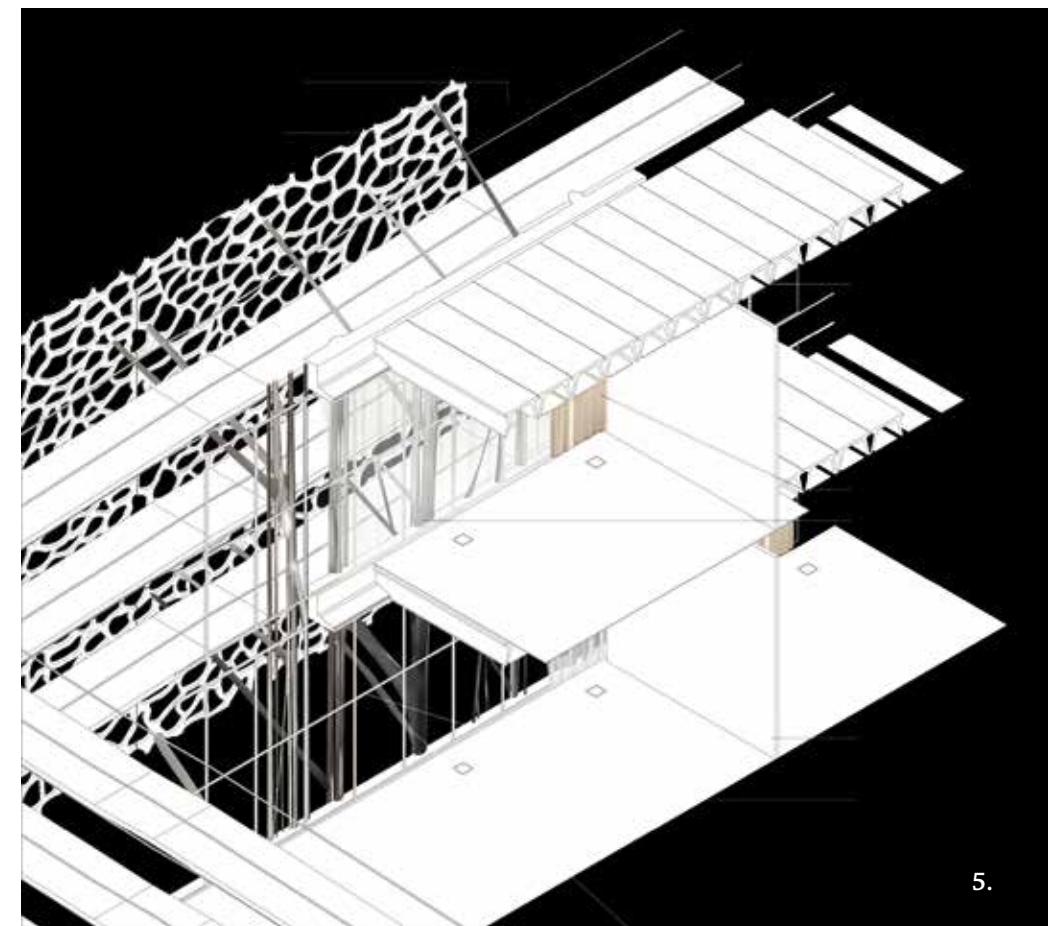
betonoppervlak zijn zeer ongewenst. De experimenten waren vooral gericht op een zo egaal mogelijk zichtbaar oppervlak. Een kritisch oog ziet hier en daar toch een metaalvezeltje door de deklaag heen schieten.

De panelen op de pergola op de dakverdieping worden op andere wijze belast (want horizontaal geplaatst) en zijn daarom met een grotere dikte gemaakt (de diepte van de panelen is hier 10 cm). Voor de ophangconstructie is gebruikgemaakt van een stalen bevestigingsstelsel (ook hier met een stramien van 6 m x 3 m) op consoles van UHPC. Daar waar panelen elkaar ontmoeten in de hoeken van de gevel en de hoeken van de gevel en het dak zijn de elementen op locatie in verstek gezaagd.

5. Opbouw van de gevel en bevestiging aan de draagconstructie.

Links de gevelrasters, bevestigd op de afstandhouders (braces) van roestvast staal. Tussen de gevelrasters en de (glazen) gevel van de tentoonstellingsruimten zijn hellingbanen geplaatst.

6. Het effect van de aangelichte gevel bij nacht.





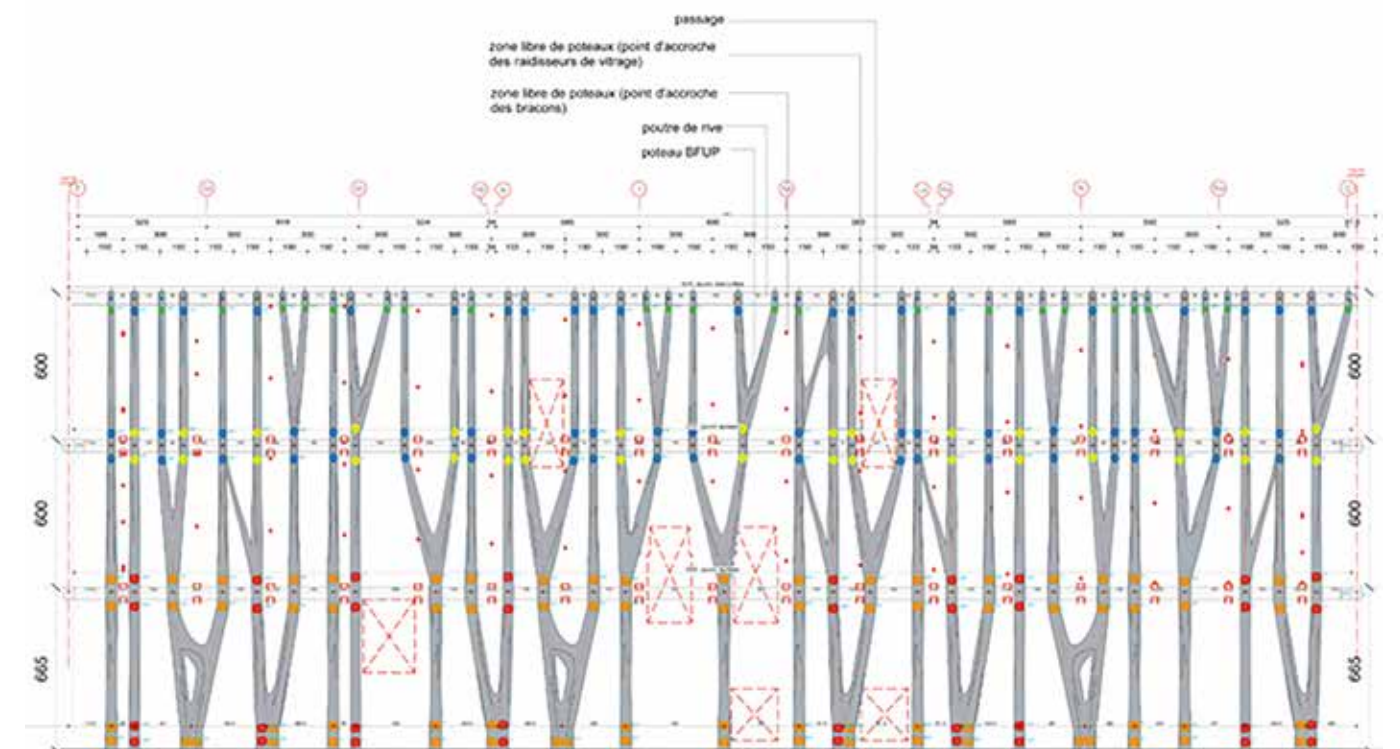
MAAKBAARHEID Kolommen in UHPCUHPC

De vloervelden van het MuCEM J4 zijn omzoomd door 308 sculpturaal gevormde kolommen in UHPC. De kolommen zijn te verdelen in drie groepen: de enkele kolommen (recht of conisch), de kolommen met Y-vorm (in verschillende varianten) en de kolommen met N-vorm (twee conische verticalen met een diagonaal dwarsverband). Binnen deze groepen zijn er verschillende lengten voor de kolommen, variërend tussen 2,79 m tot 8,79 m. De diameters variëren tussen 25 en 40 cm. Dezelfde kolommen zijn op verschillende manieren ingezet in het kolommenplan, met verschillende hoekgradaties of 180 graden gedraaid. In totaal zijn twintig mallen gebruikt voor negentig verschillende kolomvormen.

UHPC-kolommen hebben geen stalen wapeningsstaven, zoals we die kennen in traditionele betonkolommen. In plaats daarvan zijn vezels toegepast. De vezelwapening bestaat uit metaalvezels en polypropyleen vezels, die in het betonmengsels zijn opgenomen. Om de vezels zo veel als mogelijk de juiste richting te geven, zijn alle kolommen gestort in de positie waarin ze ook in het gebouw worden geplaatst.



8.

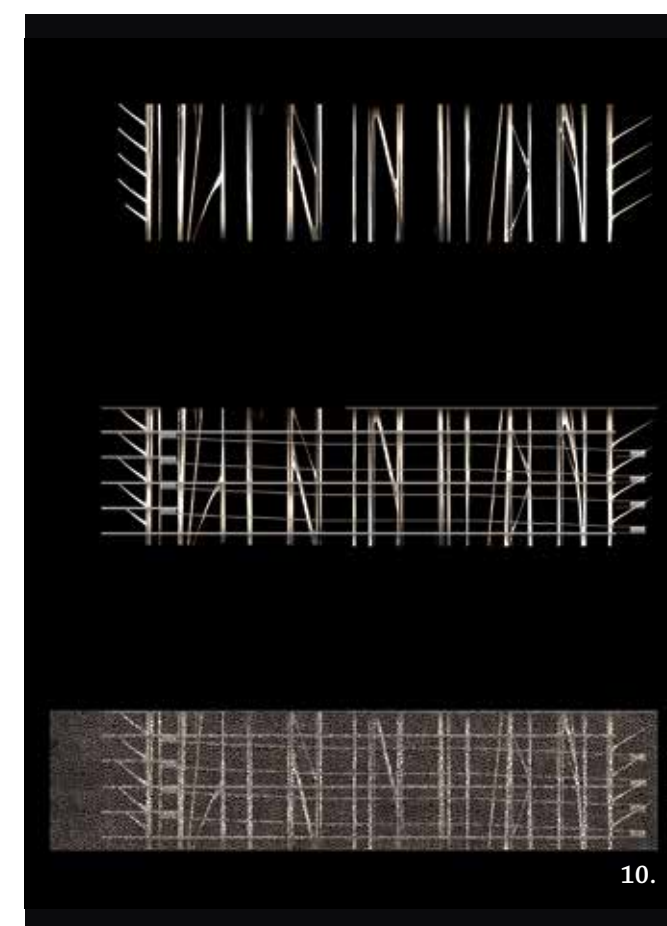


9.

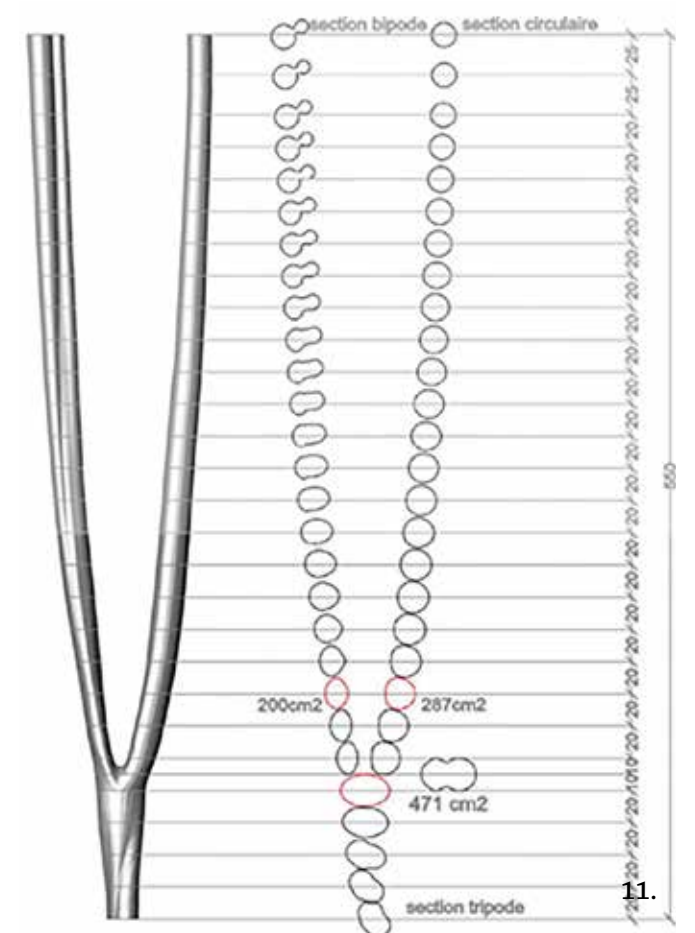
7. Aanzicht vanuit een tentoonstellingsvloer.

8. Eén van de kolommen voordat de rastergevel is gemonteerd

9-10-11. Schema en werktekeningen voor de compositie en plaatsing van de kolommen.



10.



11.

MAAKBAARHEID

Loopbruggen in UHPC



Twee loopbruggen verbinden het nieuwe MuCEM J4 met de binnenstad van Marseille. De eerste brug – vanaf het dak van J4 tot aan Fort Saint-Jean – heeft een lengte van 135 m, inclusief de terugloop op het dak. De grootste overspanning van deze brug is 76 m. De tweede brug loopt vanaf het fort tot aan de Esplanade Saint Laurent in een enkele overspanning van 69 m. De bruggen zijn gemaakt van geprefabriceerde modulaire elementen van UHPC met een lengte van 4,5 m, die aan elkaar zijn geregen met spankabels waarmee het geheel vervolgens op spanning is gebracht. De langste brug telt 25 elementen.

Het constructieve principe is hetzelfde als de in 2008 opgeleverde Pont de Diable in Hérault, ook een ontwerp van Ricciotti. De 1,8 m hoge brugzijden vormen na de voorspanning twee constructieve balken, verbonden door een brugdek. De contactoppervlakken tussen de elementen zijn cruciaal: elke onregelmatigheid zorgt

12-13. De slanke loopbruggen van UHPC vormen een majestueuze entree voor MuCEM J4. Ze bestaan uit geprefabriceerde elementen die letterlijk aan elkaar zijn geregen. De kleur van het beton is hetzelfde donkere grijs als die van de gevelpanelen.



voor een verminderde krachtsoverdracht. De geaccepteerde tolerantie maat lag in de orde van een tiende van een millimeter. Onder de opleggingen van de brug zijn schokdempers geplaatst.

Het gladde oppervlak van het donkergrijze UHPC is met enige onregelmatigheid voorzien van ronde gaten, waar het licht doorheen valt en waarmee de constructie een menselijke maat krijgt. Blauwgekleurde led-verlichting zorgt in de avonduren voor bijzondere effecten.

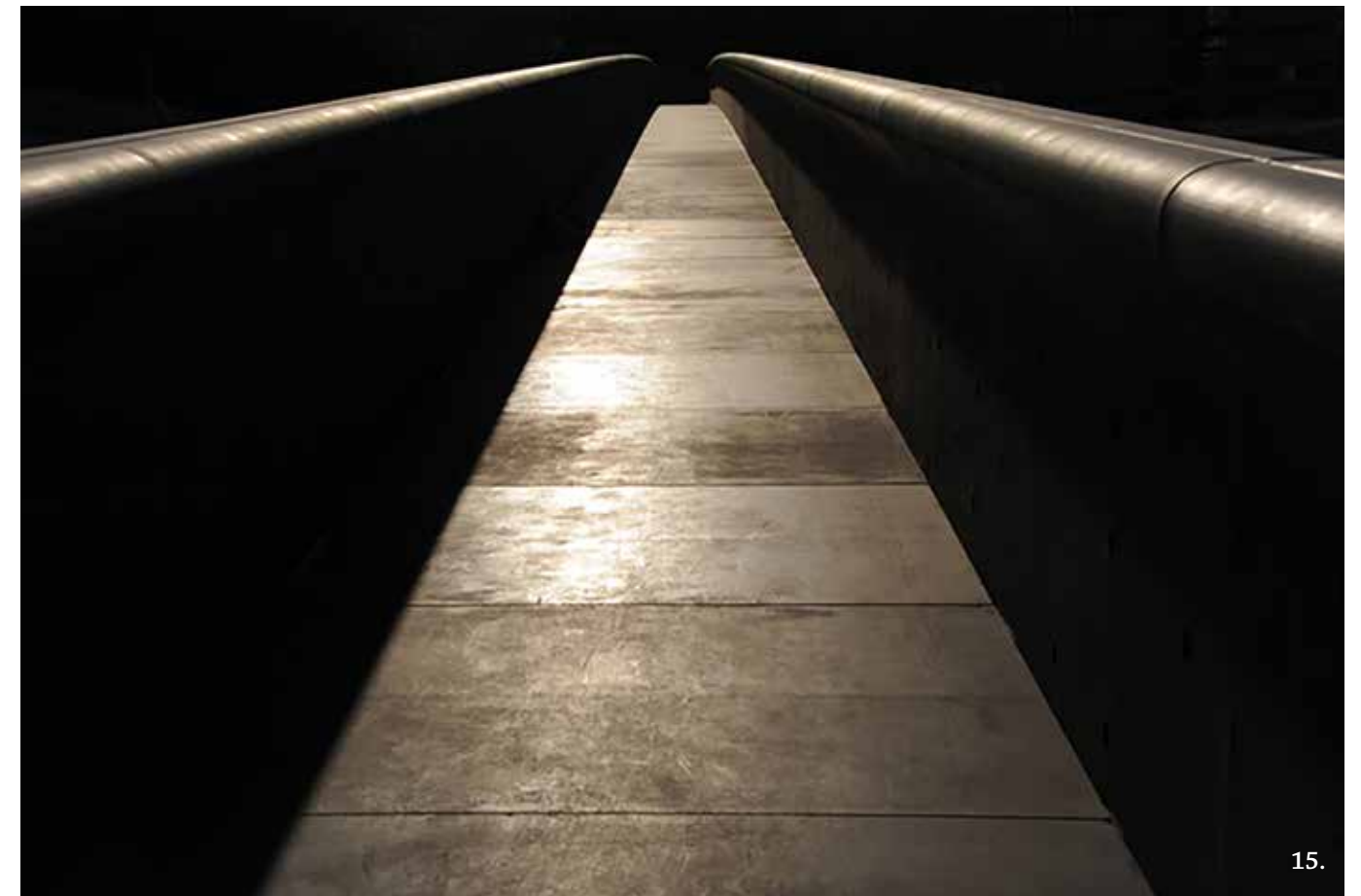
Caroline Kruit

Bron: Romain Ricciotti, Lamoureux Ricciotti Ingénierie.

Alle foto's : Lisa Ricciotti.



14. In het ontwerp zijn sparingen opgenomen voor led-verlichting, die in de avonduren bijzondere (blauwe) effecten geeft. In de flenzen van de loopbrug zijn gaten aangebracht die overdag voor een bijzondere lichtinval zorgen.



TEKTONIEK

kennisnetwerk architectuur in beton



Tektoniek is het kennisnetwerk voor architectuur in beton. Via lezingen, projectbezoeken, workshops, expert meetings en online communicatie wordt informatie, inspiratie en ondersteuning geboden aan (toekomstige) architecten, constructief ontwerpers, bouwkundig adviseurs en producenten. Daarbij gaat het altijd om de relatie tussen vormgeving, constructie en maakbaarheid. Met en voor het Tektoniek-netwerk wordt expertise uitgewisseld op het gebied van schoonbeton, constructieve optimalisaties, productontwikkelingen en materiaalontwikkelingen. Tektoniek is een initiatief van het Betonhuis sector Cement. Betonhuis | Cement fungeert als spil in het netwerk, stelt op maat gesneden communicatieprogramma's samen en ondersteunt bij de invulling van Tektoniek-activiteiten.

COLOFON

Een verzameling van Tektoniek artikelen eerder gepubliceerd op de website www.tektoniek.nl

Beeld omslag Zeitz MOCAA, foto Iwan Baan in opdracht van Heatherwick studio.

Tektoniek wordt mede mogelijk gemaakt door haar partners Betonhuis Betonmortel en Betonhuis Constructief Prefab.

Contact: Tektoniek, Zaagmolenlaan 20, 3447 GS Woerden, redactie@tektoniek.nl



TEKTONIEK

kennisnetwerk architectuur in beton



WWW.TEKTONIEK.NL