

COPAGRI'S LOVE IT DOMES – BENEDETTA TAGLIABUE, MIRALLES TAGLIABUE EMBT

WWW.MIRALLESTAGLIABUE.COM

Il padiglione realizzato per la Confederazione Produttori Agricoli omaggia la tradizione italiana delle cupole parlando il linguaggio contemporaneo della leggerezza e sfruttando le potenzialità della fabbricazione digitale.

The pavilion built for the Agricultural Producers Confederation pays tribute to the Italian tradition of domes speaking the modern language of lightness and using the potential of the digital manufacturing.

TEXT
GABRIELE MASERA
PHOTOS
ROLAND HALBE
MARCELLA GRASSI
DEBORA NEZOSI
INDEXLAB
EMBT



Le Esposizioni Universali sono sempre state laboratori dove sperimentare linguaggi architettonici e tecnologie costruttive innovative. Se nel XIX secolo questi eventi mostrano alle classi borghesi urbane il potenziale delle strutture in “ferro e vetro”, con gli immensi quanto effimeri padiglioni di Londra e Parigi, e degli anni Sessanta del secolo scorso si ricorda l’utopia ottimistica delle megastrutture e delle architetture pneumatiche di Montreal e Osaka, una ricognizione – anche sommaria – del panorama costruito a Milano per Expo 2015 rivela un uso del legno sistematico e declinato nei modi più disparati. Impiegato per le sue caratteristiche di leggerezza, rapidità costruttiva, facile lavorabilità, smontabilità e ridotto impatto ambientale, il legno dimostra con questa Expo il suo potenziale di applicazione anche fuori dai

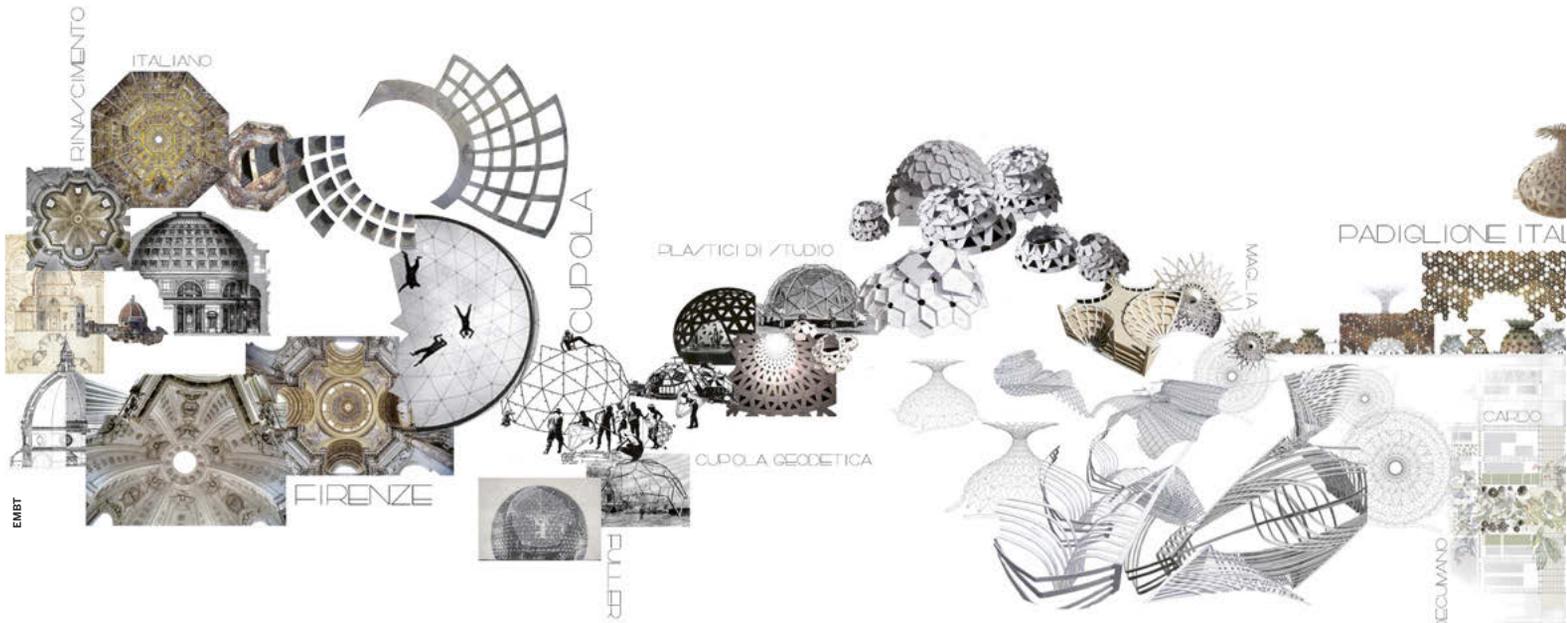
Universal Exhibitions have always been laboratories where to experiment architectural languages and innovative construction technologies. If in the 19th century these events used to show to the urban middle class the potential of the “steel and glass” structures, with the majestic albeit ephemeral pavilions of London and Paris as well as remembering from the 1970’s the optimistic utopia of the mega-structures and of the pneumatic architectures of Montreal and Osaka, an even superficial recognition of the built environment created for Milan and its Expo 2015 reveals a systematic and diverse use of wood. This material has been used for its characteristics of lightness, quick installation, easy manufacturing, demountability and reduced environmental impact and therefore with this Expo it demonstrated its potential for

^ Le cupole si trovano all’angolo sud-orientale della Lake Arena, fra il cardo e il padiglione Vanke

The domes are located in the south-west corner of the Lake Arena, between the cardo and the Vanke pavilion

architectural design:
Benedetta Tagliabue,
Miralles Tagliabue EMBT
technical and scientific support:
ABC Department -
Politecnico di Milano
structures: SIO Studio Iorio
client: Copagri Expo
- Expo 2015
construction period:
March 2015 - April 2015
floor area: 560 m²
cost: 700 thousand euros





< I primi modelli di studio in cartone e balsa
The first studio models made of cardboard and balsa

contesti d'uso tradizionali e la sua versatilità architettonica.

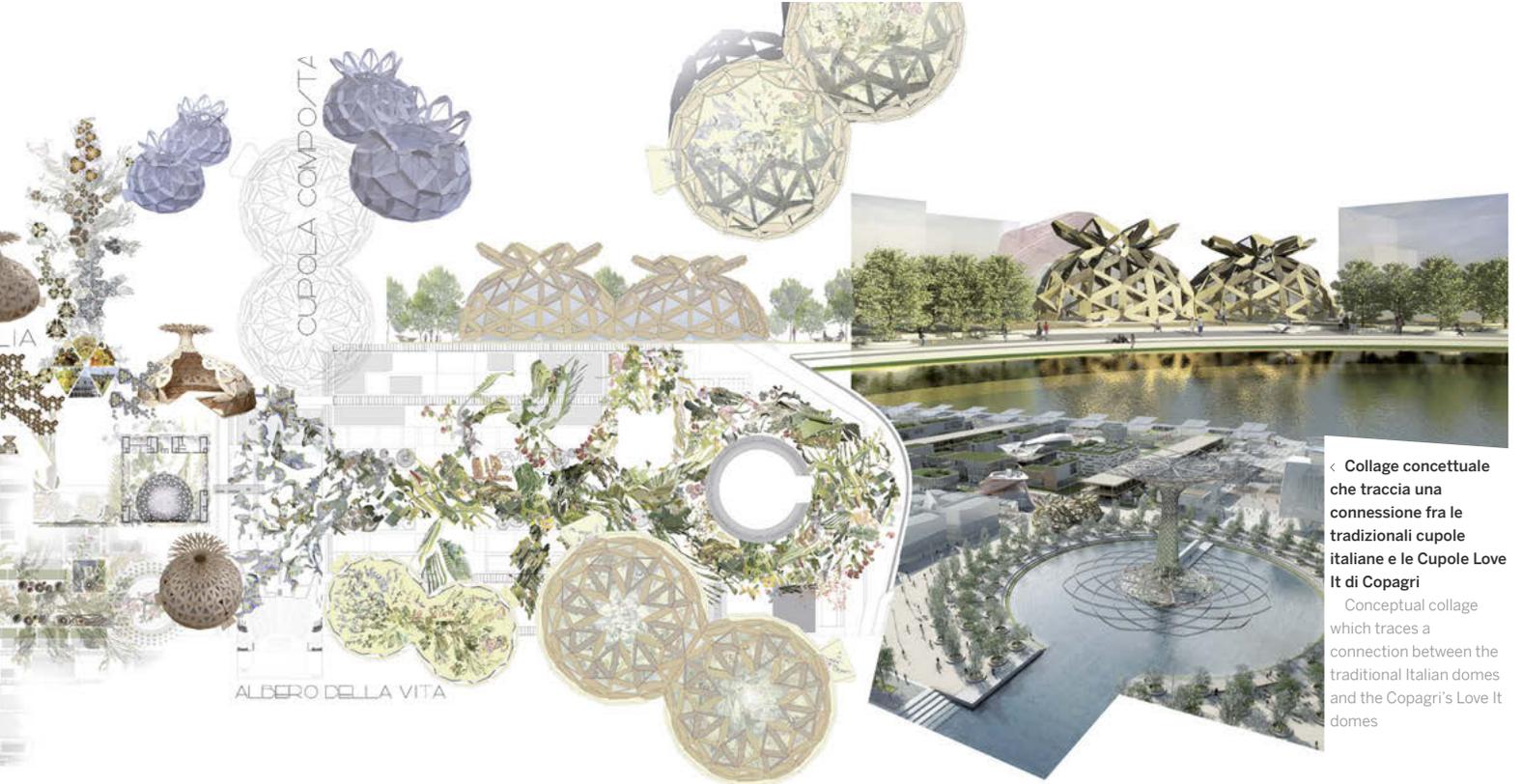
In un ipotetico atlante delle possibilità costruttive offerte dal legno, un posto rilevante spetterebbe alle Cupole Love It di Copagri progettate da Miralles Tagliabue EMBT, che si trovano all'estremità nord del cardo, dove questo si apre verso la Lake Arena e l'esuberante Albero della Vita. Il padiglione, che ospita la versione contemporanea di un mercato rionale italiano e uno spazio per eventi e ristorazione, è ispirato alla straordinaria storia delle cupole italiane: simbolo, fra l'altro, di un rapporto dialettico, ma armonico, fra paesaggio e città, in una traiettoria evolutiva che dal Pantheon conduce fino a Pier Luigi Nervi.

Questo omaggio alla creatività italiana è declinato da EMBT in un segno contemporaneo che, smaterializzando la solidità delle cupole tradizionali in un reticolo ligneo discendente dalle ricerche di Buckminster Fuller, parla al pub-

lications also outside the traditional uses as well as showing its architectural versatility.

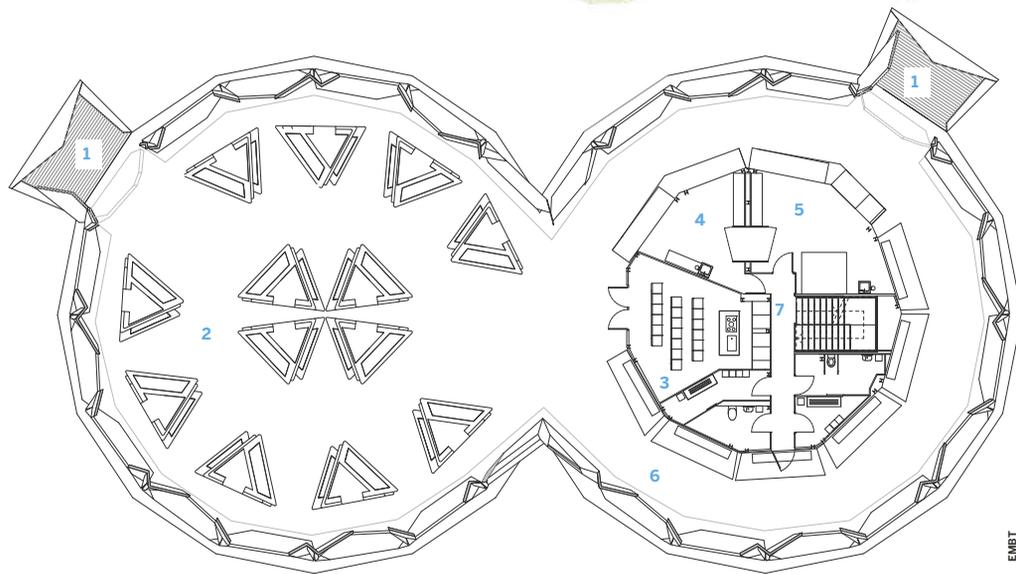
In an imaginary catalogue of construction potential offered by wood, a predominant spot is occupied by the Copagri's Love It domes designed by Miralles Tagliabue EMBT and which are located at the northern extremity of the decumano when this opens up towards the Lake Arena and the exuberating Tree of life. The pavilion, which houses the contemporary version of a local Italian market and a space for events and food, is inspired by the extraordinary history of the Italian domes: above all a symbol of a dialectic, but harmonic, relation between landscape and city in an evolutionary trajectory which from the Pantheon leads up to Pier Luigi Nervi.

This tribute to the Italian creativity is expressed by EMBT in a contemporary key which, de-materialising the



< Collage concettuale che traccia una connessione fra le tradizionali cupole italiane e le Cupole Love It di Copagri

Conceptual collage which traces a connection between the traditional Italian domes and the Copagri's Love It domes



< Pianta. Scala 1:300
Plan. Scale 1:300

- 1. ingresso
- 2. mercato
- 3. spazio dimostrazioni
- 4. gelateria
- 5. pizzeria
- 6. esposizione prodotti
- 7. accesso al piano tecnico superiore
- 8. compressore per cuscini di copertura



EMBT

blico di Expo di leggerezza, economia di materiali e quindi, in ultima analisi, di rispetto per il nostro fragile pianeta.

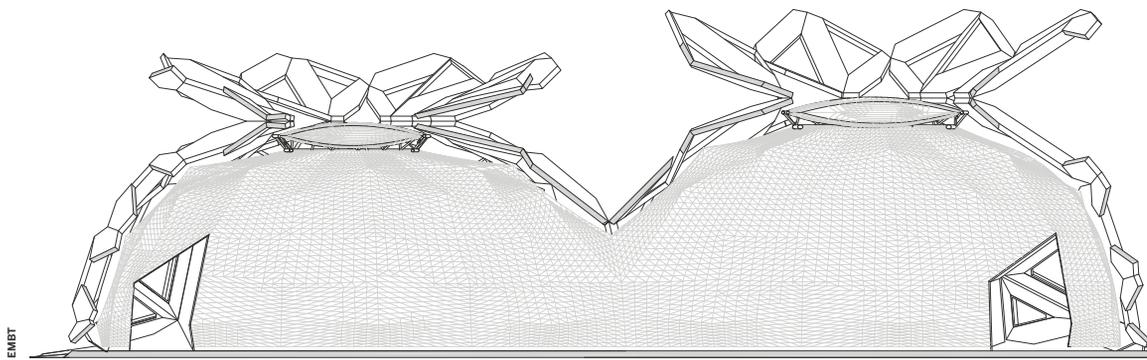
I due spazi richiesti da Copagri sono ospitati in due cupole concettualmente simili (stesso diametro di 20 metri, ma altezze leggermente diverse) che si fondono attraverso una connessione speciale ad arco. Per lo sviluppo della complessa geometria risultante è stato inevitabile procedere secondo un processo di progettazione strettamente integrato fra architettura, ingegneria e fabbricazione digitale, che ha, infine, consentito di produrre i componenti e assemblarli in sito in appena tre mesi.

La struttura reticolare di legno lamellare di abete, visibile sia di giorno che di notte grazie alla trasparenza dell'involucro, è costituita da aste rettilinee convergenti in nodi di grande complessità geometrica, gestiti – anche dal punto di vista estetico – attraverso algoritmi parametrici che hanno influenzato, tra l'altro, con un processo iterativo, gli spessori

solidità delle tradizionali cupole in un telaio di legno che, grazie alle ricerche di Buckminster Fuller, parla ai visitatori dell'Expo di leggerezza, economia di materiali e quindi, in una analisi finale, di rispetto per il nostro fragile pianeta.

Le due spazi richiesti da Copagri sono contenuti in due cupole concettualmente simili (stesso diametro di 20 metri ma con altezze leggermente diverse) che si fondono attraverso una speciale connessione ad arco. Per lo sviluppo della complessa geometria risultante è stato inevitabile procedere secondo un processo di progettazione strettamente integrato fra architettura, ingegneria e fabbricazione digitale, che ha, infine, consentito di produrre i componenti e assemblarli in sito in appena tre mesi.

La struttura reticolare di legno lamellare di abete, visibile sia di giorno che di notte grazie alla trasparenza dell'involucro, è costituita da aste rettilinee convergenti in nodi di grande complessità geometrica, gestiti – anche dal punto di vista estetico – attraverso algoritmi parametrici che hanno influenzato, tra l'altro, con un processo iterativo, gli spessori



< Sezione
longitudinale.
Scala 1:300
Long section.
Scale 1:300

delle membrature strutturali stesse. I carichi sono condotti, tramite basi metalliche, a un anello perimetrale a trave rovescia, che assicura anche la stabilità della struttura rispetto al ribaltamento da vento.

La sommità di ogni cupola è caratterizzata da un coronamento in continuità con il reticolo sottostante, progettato per alloggiare eventuali macchinari impiantistici. La connessione fra i due volumi è assicurata da un elemento strutturale “a cesto” in tubolare d’acciaio, che recepisce gli sforzi radiali della struttura, garantisce la tenuta all’acqua grazie a un cuscino di PVC traslucido in pressione e offre un punto di ancoraggio all’involucro di PVC trasparente. Quest’ultimo, che funge da “ombrello” per gli spazi espositivi, è sostenuto da funi connesse, tramite bielle, alle piastre presenti nei nodi della struttura principale.

Concepite principalmente come un riparo dagli elementi, le Cupole Love It di Copagri sono ventilate in permanenza grazie all’effetto camino: l’aria entra alla base, attraverso la porzione inferiore dell’involucro realizzata con un tessuto permeabile di pes, e viene espulsa in sommità grazie allo spazio vuoto fra la pellicola e la chiusura dell’oculo di pvc. Quando la temperatura dell’aria esterna non consente di mantenere le condizioni di comfort interno per via passiva, entra in funzione un sistema di condizionamento che distribuisce l’aria trattata attraverso un reticolo di condotti sotto il pavimento e delle bocchette in corrispondenza dei banconi espositivi, così da non interferire con la vista della struttura portante.

Le Cupole Love It di Copagri sono concepite fin dall’inizio come organismi smontabili e nuovamente assemblabili, prototipi di shelter a costo relativamente ridotto che sfruttano le potenzialità del legno e della fabbricazione digitale su misura per offrire un’architettura dal carattere espressivo, ma al tempo stesso delicata verso l’ambiente.

joints of a high geometrical complexity, managed, also from an aesthetic point of view, through parametric algorithms which have also influenced, with an iterative process, the thickness of the same structural membranes. The loads are discharged, via steel plates to a perimeter ring composed of a reverse beam which also ensures the stability of the structure against the destabilising wind loads.

The top of each dome is characterised by a border in continuity with the frame below, design to include possible plants. The connection between the two volumes is ensured by a structural elements with the shape of steel tubular basket which collects the radial loads of the structure, ensures water-tightness thanks to a translucent PVC cushion working under pressure loads and it offers a connection point to transparent PVC envelop. The latter acts like an “umbrella” for the exhibition spaces, it is supported by cables connected via hinges to the plates of the joints in the main structure.

The Copagri’s Love It domes, conceived mainly to protect from the weather, are permanently ventilated thanks to the chimney stack effect: the air enters at the base, through the lower portion of the envelop made of PES permeable textile material, and it is ejected at the top via a gap between the film and the enclosure of the PVC “eye”. When the external temperature doesn’t allow to reach comfort conditions in a passive way, an air conditioning system is activated which distributes the treated air with an underfloor network of ducts with some outlets in correspondence of the display counters in order not to interfere with the main structure.

The Copagri’s Love It domes are conceived from the very beginning like demountable organisms which can be assembled again, like shelter prototypes with a relatively reduced costs which use wood’s potential as well as digital bespoke manufacturing to offer an architecture with an expressive character but at the same time gentle towards the environment.

REFERENCES:

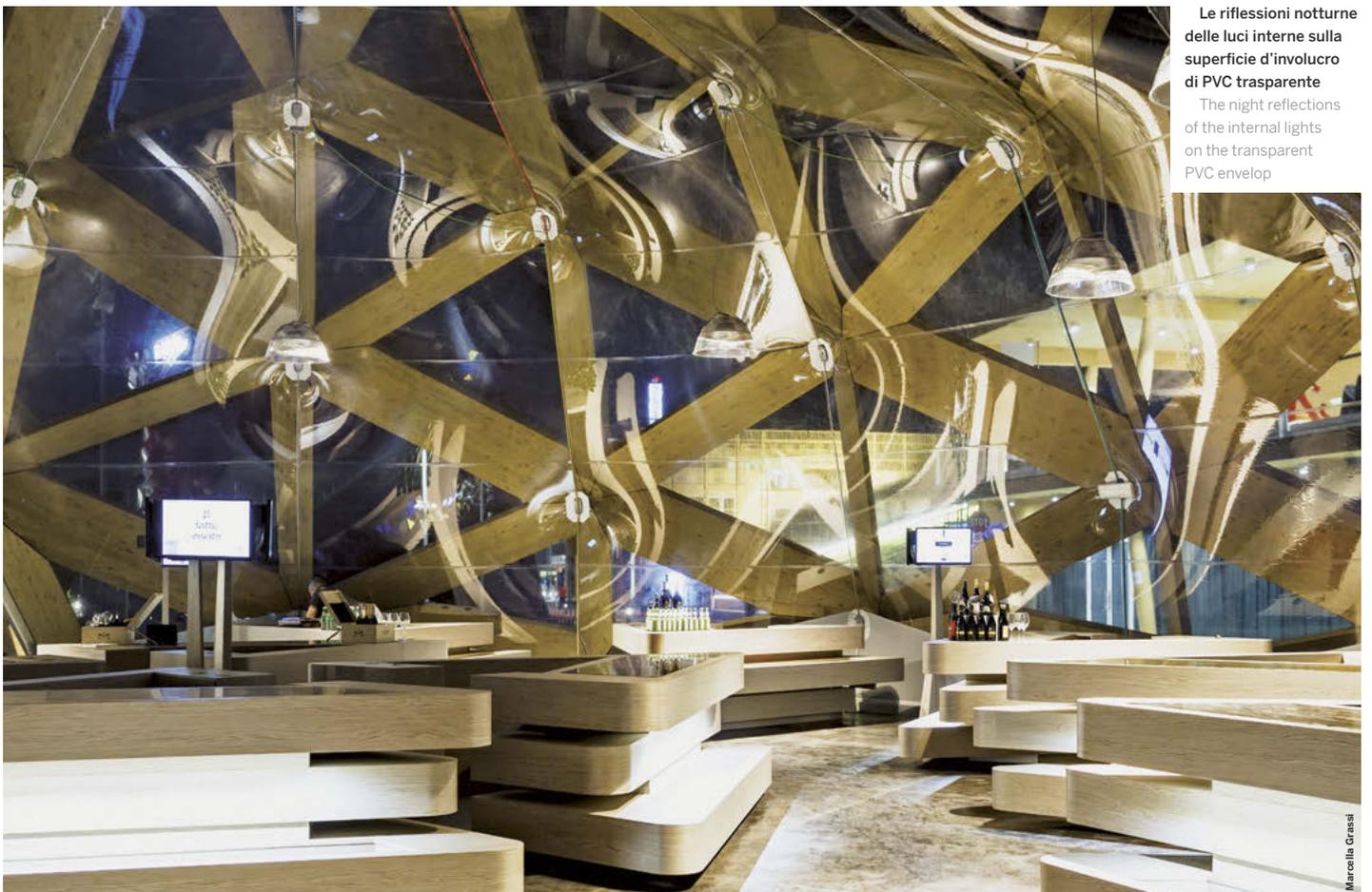
- *Miralles Tagliabue EMBT 2002-2012*, ARCHICREATION, n. 159/160, 2012, BIAD Beijing Institute of Architectural Design, Beijing.
- P. Block, J. Knippers, J. N. Mitra, W. Wang (Eds.), *Advances in Architectural Geometry 2014*, Springer 2015.
- S. Z. Makowski, *Analysis, design and construction of braced domes*, Granada Technical Books, Granada Publishing, 1984.
- M. Piazza, R. Tomasi, R. Modena, *Strutture in legno - Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee*, Hoepli, Milano 2005.



L'interno della cupola minore, con i banconi espositivi immersi nella luce naturale

The interiors of the smaller dome, with the display counters immersed in the natural light

Roland Halbe



Le riflessioni notturne delle luci interne sulla superficie d'involucro di PVC trasparente

The night reflections of the internal lights on the transparent PVC envelop

Marcella Grassi

ZOOM 1: **PROGETTAZIONE E FABBRICAZIONE DIGITALE** — **DIGITAL DESIGN AND FABRICATION**

La fabbricazione delle geometrie complesse che articolano la struttura delle Cupole Love It di Copagri ha richiesto la generazione di un modello tridimensionale digitale particolarmente complesso e basato su problemi trigonometrici risolti tramite algoritmi.

Il processo di modellazione è iniziato dalla creazione di due superfici di rivoluzione, da cui sono state estratte griglie di punti che fossero corrispondenti in prossimità della giunzione tra i due corpi senza alterarne l'ordine matriciale. A questa geometria elementare si sono poi aggiunte progressivamente, grazie a un algoritmo sviluppato appositamente, le reali caratteristiche fisiche delle aste (altezza e larghezza in sezione), generando così un pattern finale triangolare, composto da tronchi di piramide cavi alternamente orientati.

La complessa geometria dei nodi, dove convergono normalmente sei aste dotate ciascuna di una propria sezione, è stata verificata sia con software parametrici che con la realizzazione di un prototipo di materiale plastico in scala 1:3.

La produzione dei singoli elementi di legno lamellare, tutti univocamente identificati da un codice che ne indica la posizione finale, è stata possibile grazie a un centro di lavoro a cinque assi che ha lavorato secondo le informazioni estratte dal modello digitale.

The manufacturing of the complex geometries which articulate the structure of the Copagri's Love It domes required the creation of a digital three dimensional model which is particularly complex and based on trigonometric problems solved via algorithms. The modelling process is initiated by the creation of two revolving surfaces from which dotted grids have been extracted where the points correspond to the junction between the two volumes without altering the matrix order. The real physical characteristics of the profiles (height and width in section) have been then progressively added to this elementary geometry, thanks to a bespoke algorithm, thus creating a final triangular pattern composed of truncated pyramids with alternate orientation. The complex geometry of the joints, where normally six poles converge each with its own section, has been tested both with parametric software and with the creation of a 1:3 plastic prototype.

The production of the single laminated wood elements, all individually identified with a code which determines the final position, has been made possible thanks to a centre of work with five axis which worked with the information provided by the digital model.



< L'uso di un modello parametrico digitale ha permesso di identificare le singole membrature strutturali in fase di prefabbricazione e di assemblaggio

The use of a digital parametric model has allowed to identify the single structural elements during the pre-manufacturing and installation phases



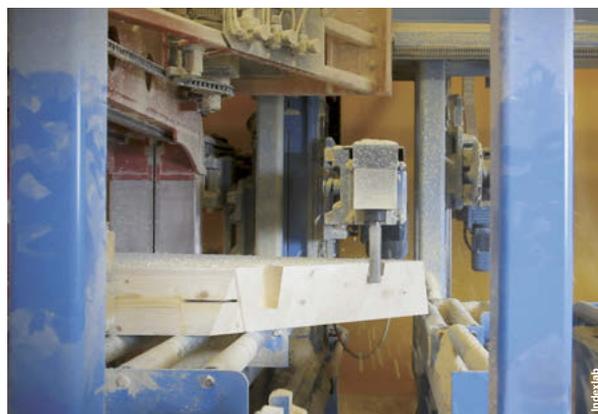
< Per la realizzazione di un modello plastico in scala 1:3 del nodo è stato usato un braccio robotico

A robotic arm has been used for the creation of a 1:3 scale plastic model of the joint



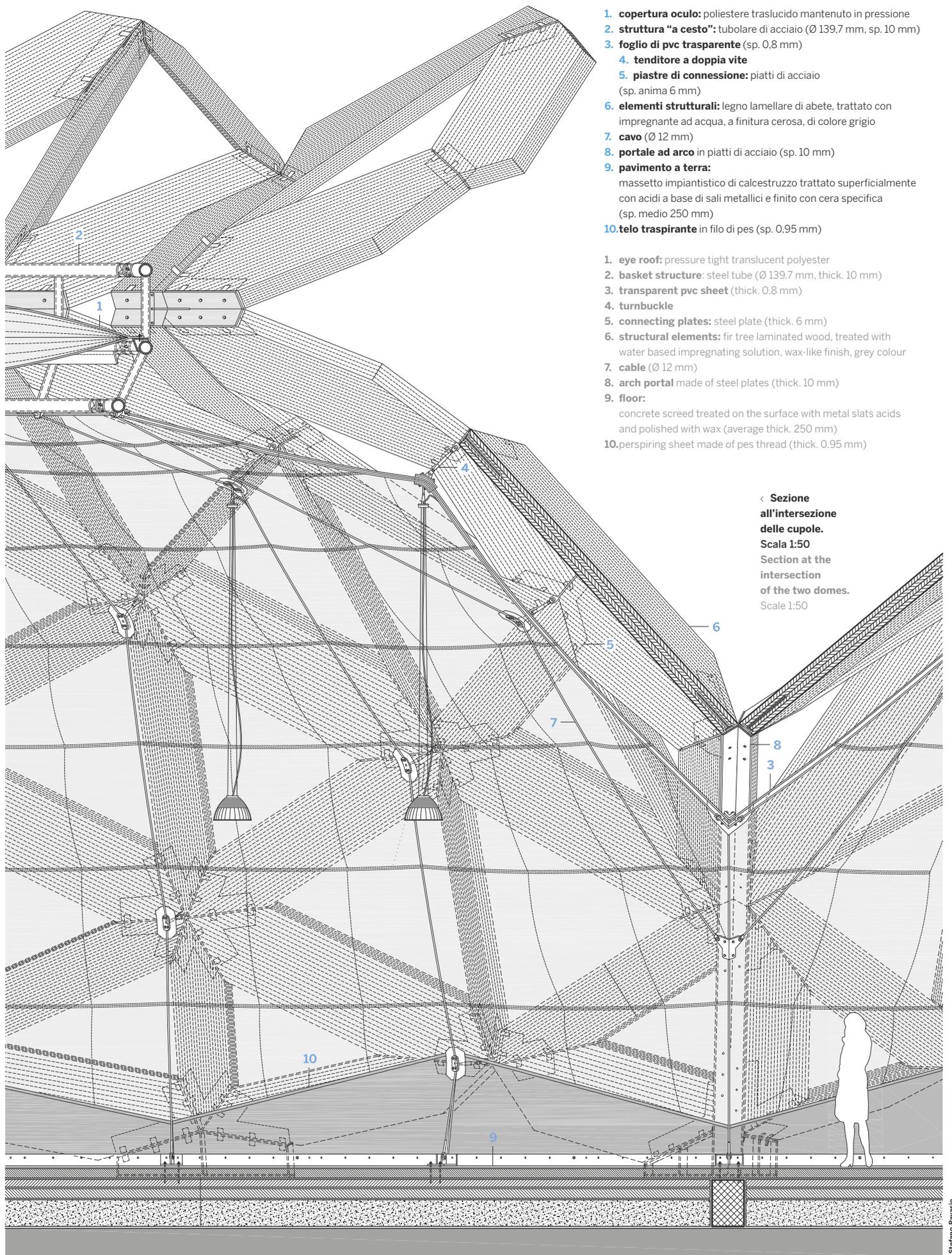
< Il mock-up assemblato per verificare la congruenza fra il modello digitale e la situazione reale

The mock-up installed to verify the correspondence between the digital model and the real situation



< Le informazioni del modello digitale sono state poi passate a un centro di lavoro a cinque assi per la lavorazione dei singoli elementi di legno

The information of the digital model have then been transferred to a five axis work centre for the manufacturing of the single wooden elements



1. **copertura occhio:** poliestere traslucido mantenuto in pressione
2. **struttura "a cesto":** tubolare di acciaio (Ø 139,7 mm, sp. 10 mm)
3. **foglio di pvc trasparente** (sp. 0,8 mm)
4. **tenditore a doppia vite**
5. **piastre di connessione:** piatti di acciaio (sp. anima 6 mm)
6. **elementi strutturali:** legno lamellare di abete, trattato con impregnante ad acqua, a finitura cerosa, di colore grigio
7. **cavo** (Ø 12 mm)
8. **portale ad arco** in piatti di acciaio (sp. 10 mm)
9. **pavimento a terra:** massetto impiantistico di calcestruzzo trattato superficialmente con acidi a base di sali metallici e finito con cera specifica (sp. medio 250 mm)
10. **telo traspirante** in filo di pes (sp. 0,95 mm)

1. **eye roof:** pressure tight translucent polyester
2. **basket structure:** steel tube (Ø 139.7 mm, thick. 10 mm)
3. **transparent pvc sheet** (thick. 0.8 mm)
4. **turnbuckle**
5. **connecting plates:** steel plate (thick. 6 mm)
6. **structural elements:** fir tree laminated wood, treated with water based impregnating solution, wax-like finish, grey colour
7. **cable** (Ø 12 mm)
8. **arch portal** made of steel plates (thick. 10 mm)
9. **floor:** concrete screed treated on the surface with metal slats acids and polished with wax (average thick. 250 mm)
10. **perspiring sheet** made of pes thread (thick. 0.95 mm)

< **Sezione
 all'intersezione
 delle cupole.**
 Scala 1:50
**Section at the
 intersection
 of the two domes.**
 Scale 1:50

ZOOM 2: **PROGETTO INTEGRATO** — INTEGRATED DESIGN

Il progetto strutturale delle Cupole Love It di Copagri si è intrecciato strettamente con quello architettonico e con i vincoli di fabbricazione degli elementi. Con l'avanzamento del progetto, la modellazione strutturale si è progressivamente raffinata: da modelli equivalenti a cupole (con equivalenza tra struttura reticolare discreta e struttura continua, e metodologie di correlazione e modellazione a guscio), a modelli ad aste, a modelli con elementi bidimensionali con materiale ortotropo, a modelli tridimensionali per i nodi e i collegamenti acciaio-legno in grado di cogliere la particolare natura del legno, fortemente direzionale in funzione del posizionamento delle fibre.

Gli spessori degli elementi del reticolo, di legno di abete di categoria GL28h, sono variabili per garantire continuità visiva ai nodi, e sono stati fortemente influenzati dalla verifica di instabilità sotto carico di incendio a causa della loro snellezza.

I nodi metallici di connessione sono concepiti per un rapido montaggio e smontaggio in cantiere, senza perdita di resistenza e rigidità dei collegamenti. Agli estremi di ciascun elemento di legno è presente un elemento a piatti di acciaio, collegato permanentemente all'asta di legno con viti auto perforanti (si eliminano così gli scorrimenti fra legno e acciaio), mentre la connessione fra elementi differenti è assicurata da bulloni con funzionamento ad attrito (quindi con massima rigidità in opera, ma facilmente smontabili e rimontabili).

The structural design of the Copagri's Love It domes is strictly interconnected with the architectural one and with the constraints given by the production of the elements. As the design was developing, the structural modelling was progressively refined: from models which were equivalent to domes (with correspondence between the discrete reticular structure and continuous structure and methodologies of correlation and shell modelling), to bar modelling, to models with bi-dimensional elements with orthotropic material, to three dimensional models for the joints and the connection steel-wood capable of capturing the particular nature of wood which is very much dependant on the positioning of the fibres.

The thickness of the elements of the frame, made of GL28h fir tree wood, is variable in order to guarantee visual continuity to the joints and they have been strongly influenced following the instability tests under fire loads because of their slender profile.

The steel connection joints have been conceived to allow a quick installation and disassembly on site without losing resistance and rigidity in the connections.

To the extremes of each wooden element there is another element made of steel plates, permanently connected to the wooden pole with self-perforating screws (to avoid scrolling between wood and steel) while the connection between the different elements is ensured by bolts working with friction (therefore with maximum rigidity in situ but which can be easily removed and re-installed).

↙ **Le due cupole (di cui una leggermente più bassa) si fondono nel punto di tangenza**

The two domes (one of which slightly lower) merge in the point where they touch



> Una delle piastre metalliche di connessione ai nodi (a sinistra) e uno dei piatti integrati alle membrature strutturali (a destra)

One of the connecting metallic plates to the joints (on the left) and one of the plates integrated to the structural elements (on the right)

✓ Sequenza di montaggio della struttura portante esterna

Installation sequence of the external load bearing structure



> L'involucro di PVC è arrivato già tagliato e saldato a misura. Dal pavimento è stato sollevato in posizione grazie a un braccio meccanico

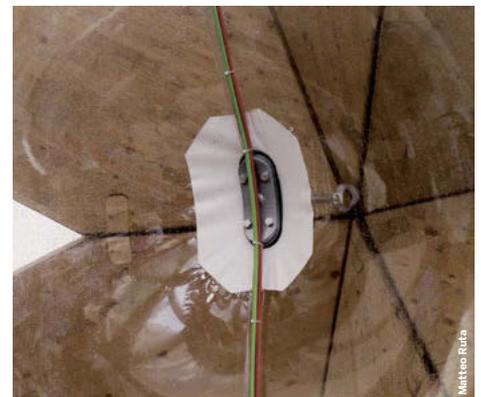
The PVC envelop is delivered already sized and welded to measure. It is lifted from the floor into position thanks to a "lifting arm"

✓ La connessione fra 6 aste di legno lamellare: sono ancora visibili gli alloggiamenti per i bulloni di ancoraggio, successivamente nascosti con un tappo di legno

The connection between 6 wooden laminated wooden poles: the slots for the connecting bolts are still visible before being concealed by a wooden plug

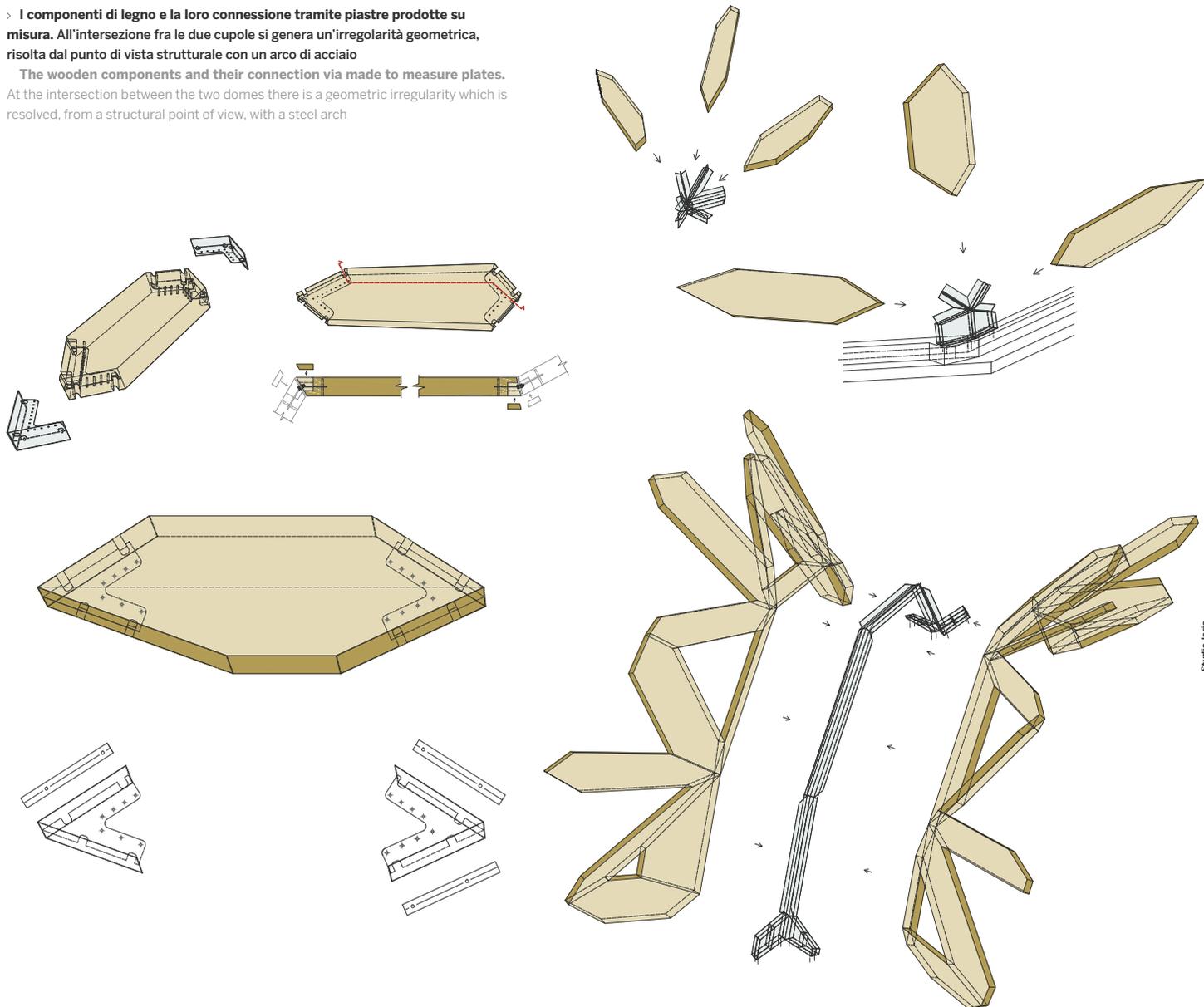
A lato particolari di ancoraggio del film di PVC che protegge l'esposizione dall'acqua

On the side, details of the fixing of the PVC film which protects the exhibition from the water



> I componenti di legno e la loro connessione tramite piastre prodotte su misura. All'intersezione fra le due cupole si genera un'irregolarità geometrica, risolta dal punto di vista strutturale con un arco di acciaio

The wooden components and their connection via made to measure plates.
At the intersection between the two domes there is a geometric irregularity which is resolved, from a structural point of view, with a steel arch



Studio Iorio

✓ La porta d'ingresso è integrata nel pattern strutturale delle cupole per "scompare" durante la notte, quando viene chiusa

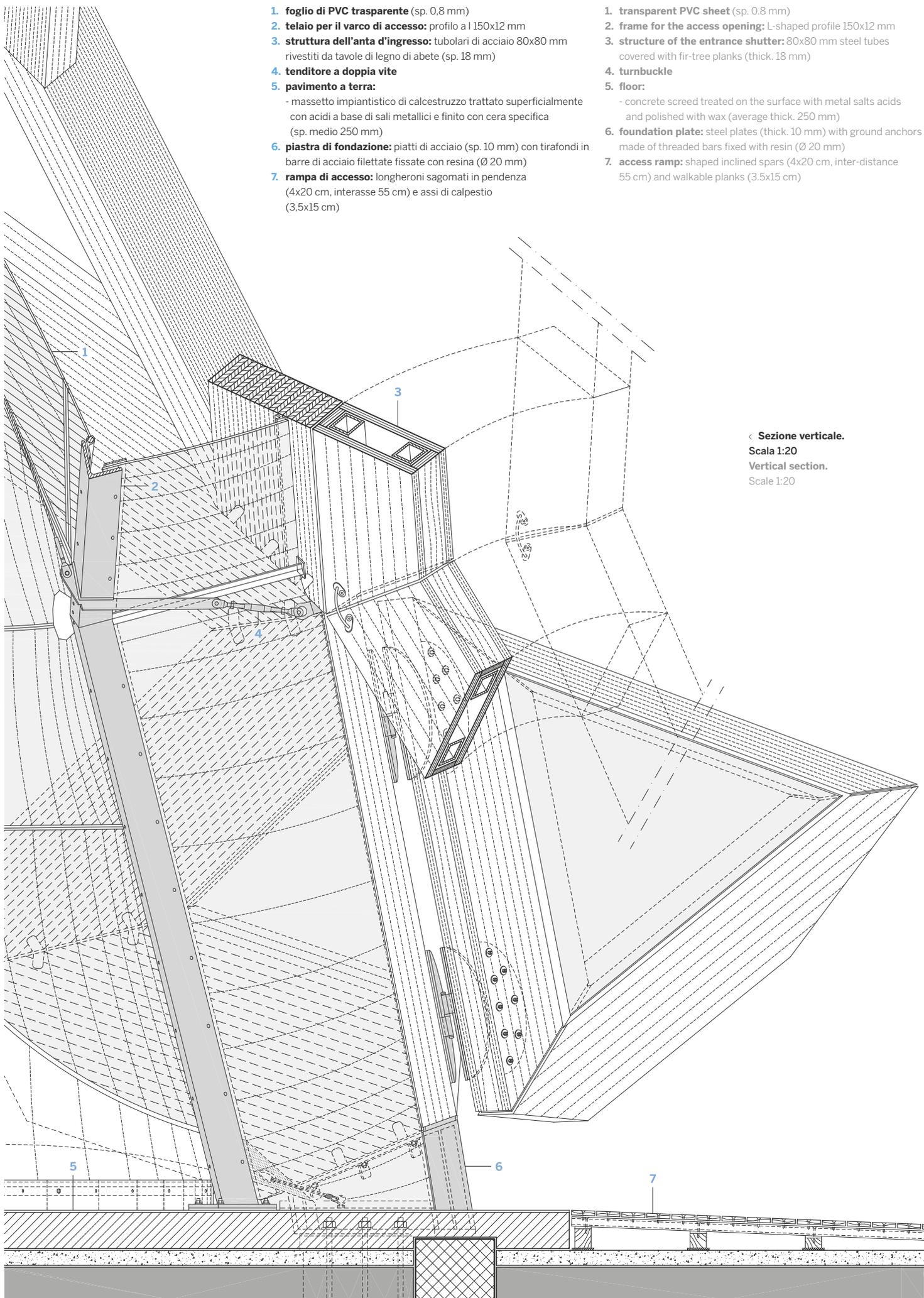
The entrance door is integrated in the structural pattern of the domes to disappear during the night when it is closed.



Marcella Grassi

1. foglio di PVC trasparente (sp. 0,8 mm)
2. telaio per il varco di accesso: profilo a I 150x12 mm
3. struttura dell'anta d'ingresso: tubolari di acciaio 80x80 mm rivestiti da tavole di legno di abete (sp. 18 mm)
4. tenditore a doppia vite
5. pavimento a terra:
 - massetto impiantistico di calcestruzzo trattato superficialmente con acidi a base di sali metallici e finito con cera specifica (sp. medio 250 mm)
6. piastra di fondazione: piatti di acciaio (sp. 10 mm) con tirafondi in barre di acciaio filettate fissate con resina (\varnothing 20 mm)
7. rampa di accesso: longheroni sagomati in pendenza (4x20 cm, interasse 55 cm) e assi di calpestio (3,5x15 cm)

1. transparent PVC sheet (sp. 0.8 mm)
2. frame for the access opening: L-shaped profile 150x12 mm
3. structure of the entrance shutter: 80x80 mm steel tubes covered with fir-tree planks (thick. 18 mm)
4. turnbuckle
5. floor:
 - concrete screed treated on the surface with metal salts acids and polished with wax (average thick. 250 mm)
6. foundation plate: steel plates (thick. 10 mm) with ground anchors made of threaded bars fixed with resin (\varnothing 20 mm)
7. access ramp: shaped inclined spars (4x20 cm, inter-distance 55 cm) and walkable planks (3.5x15 cm)



◀ **Sezione verticale.**
 Scala 1:20
Vertical section.
 Scale 1:20