



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di
Ingegneria

Corso di Laurea Triennale in
Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

ESTRATTO TESI DI LAUREA:

**ANALISI DI FATTIBILITÀ,
MODELLAZIONE E PROGETTO
PRELIMINARE DI UN SISTEMA
MODULARE CONVERTIBILE
(DEPLOYABLE) PER COPERTURE
LEGGERE**

**FEASIBILITY ANALYSIS, MODELING
AND PRELIMINARY DESIGN OF A
MODULAR CONVERTIBLE SYSTEM
(DEPLOYABLE) FOR LIGHT ROOFS**

Candidato

Leonardo Bardi

bardi.leonardo1998@gmail.com

cell. +39 3400720828

Relatori

Prof. Ing. Claudio Borri

Prof. Ing. Marco Pio Lauriola

Sommario

La tesi si propone di studiare la fattibilità di una struttura modulare e convertibile secondo la NTC 2018 e la UNI EN 1995:2014 con l'utilizzo del programma SAP 2000 di modellazione F.E.M.

Indice completo tesi

1. Introduzione	4
1.1 La struttura	4
1.2 Modularità e convertibilità	6
1.3 Obiettivo	7
2. Modellazione	8
2.1 Geometria della struttura.....	8
2.2 Materiali utilizzati	10
2.3 Carichi e combinazioni	13
2.4 Modello SAP 2000	18
2.5 Analisi delle deformazioni	30
2.6 Analisi dei carichi	31
3. Analisi di fattibilità	33
3.1 Verifiche componenti.....	33
3.1.1 Aste	33
3.1.2 Montanti	34
3.2 Verifiche unioni.....	36
3.2.1 Unione prima croce.....	38
3.2.2 Unione altre croci	42
3.2.3 Unione fondazione	48
4. Conclusioni	51
5. Ringraziamenti	53
6. Bibliografia	54

1 – Introduzione

1.1 – La struttura

La struttura è una copertura ad archi semicircolari portanti di raggio esterno pari a 8m e raggio interno di 7,40m [Figura 1.1]. L'interasse tra i vari archi è pari a 3m. Gli archi sono principalmente costituiti da aste in legno lamellare [Figura 1.2]; [Figura 1.3]. L'inserimento del campo da pallacanestro è usato per fornire una spazialità alla struttura nelle illustrazioni, non segue la normativa CONI.

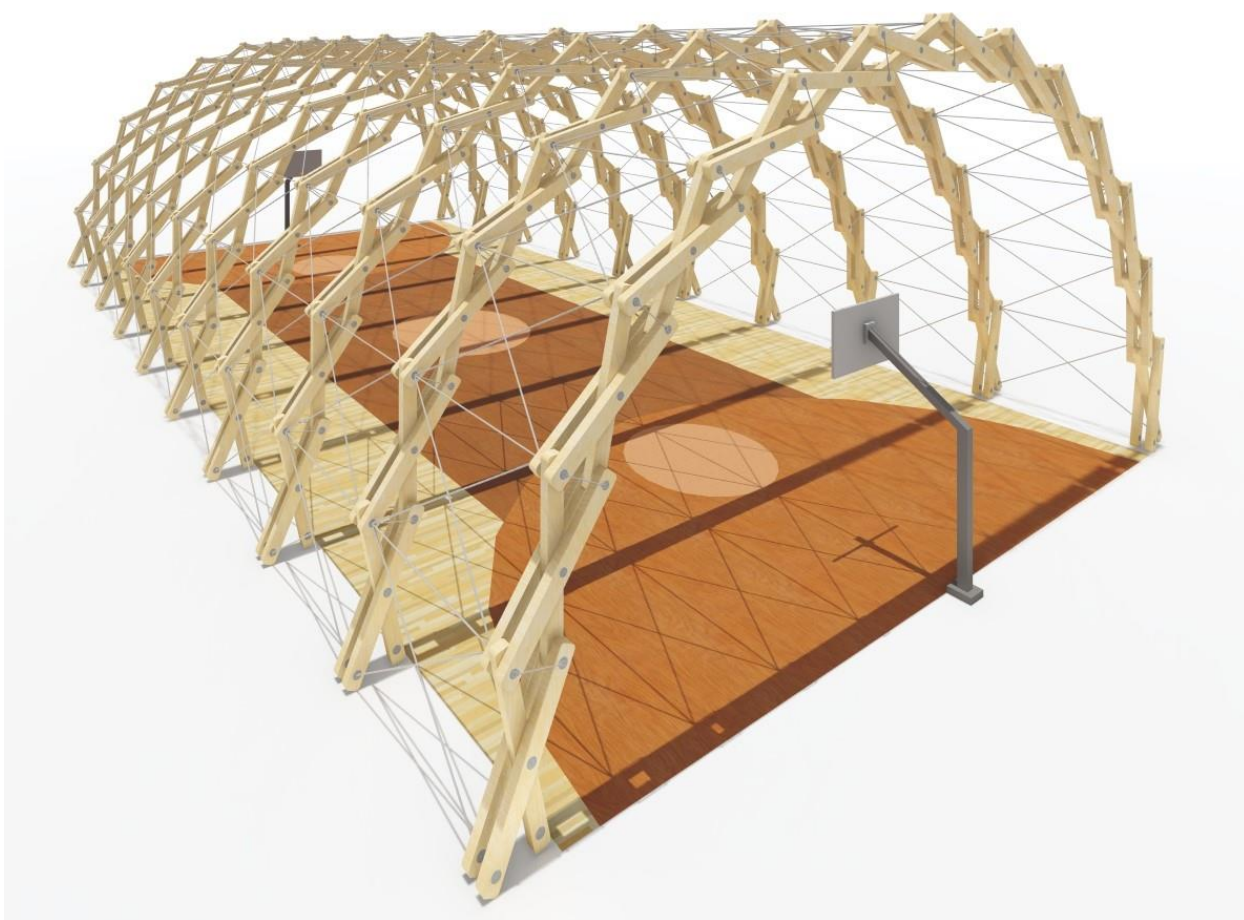


Figura 1.1 Inquadramento generale

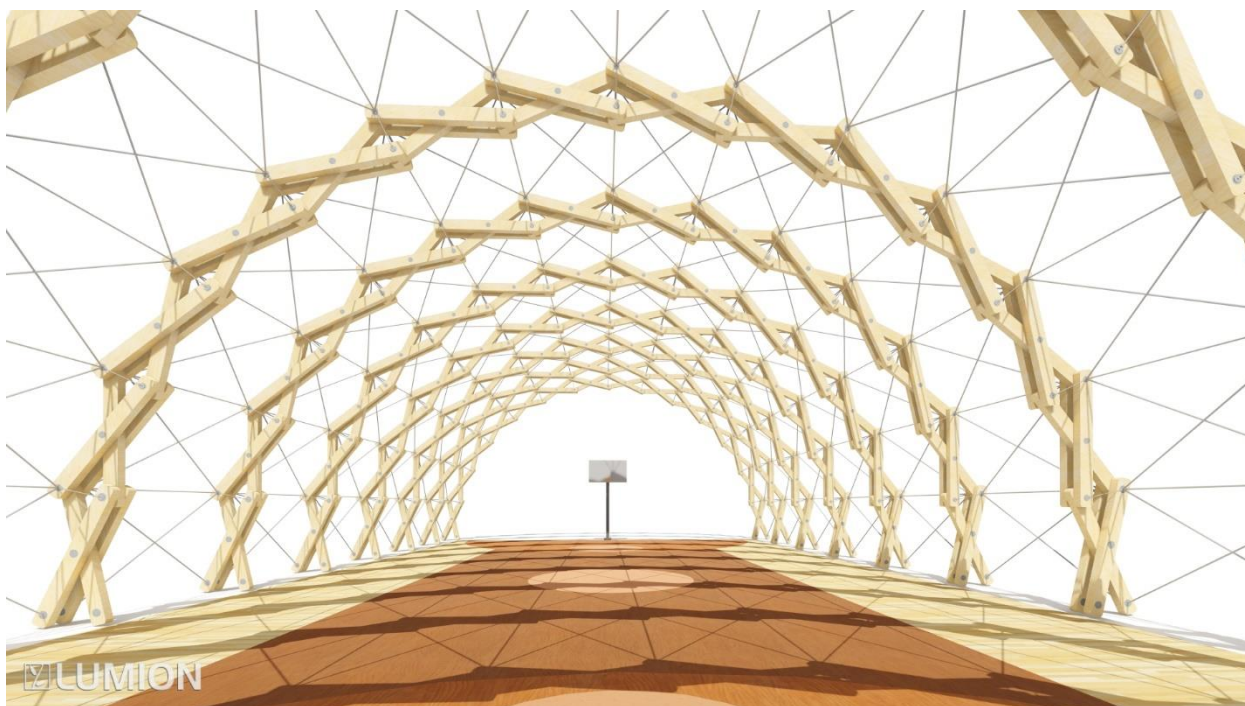


Figura 1.2 Vista interna

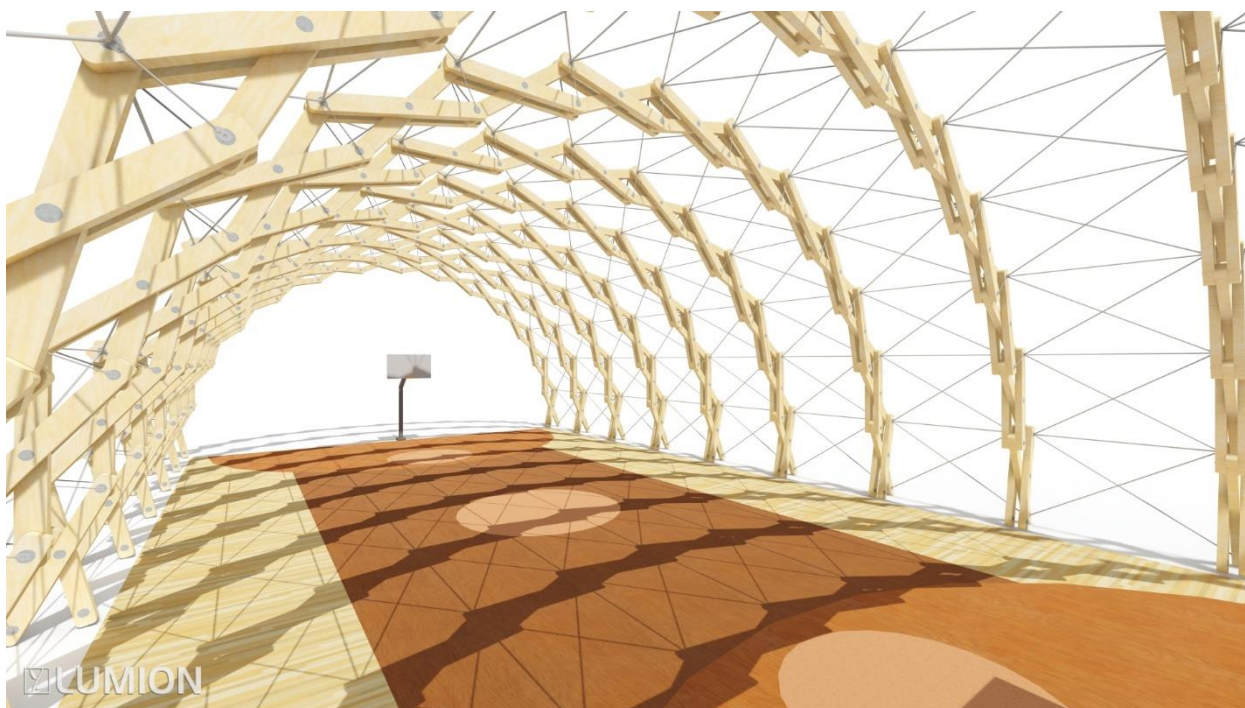


Figura 1.3 Vista interna

1.2 – Modularità e convertibilità

Il punto focale della ricerca riguarda gli aspetti di modularità e convertibilità. Le strutture modulari sono formate da moduli; il modulo è l'elemento base della struttura. L'arco portante, quindi, è formato dalla ripetizione dello stesso elemento. Mandando in catena di montaggio lo stesso modulo (produzione in serie) si riesce ad ottimizzare i tempi di fabbricazione. La modularità prevede anche la velocizzazione dei tempi di progetto e dell'incrocio tra domanda e offerta con l'uguaglianza $1 \text{ modulo} = 1 \text{ requisito}$ (come è possibile osservare in [Figura 1.4] con il modulo lungo x copro una luce y).

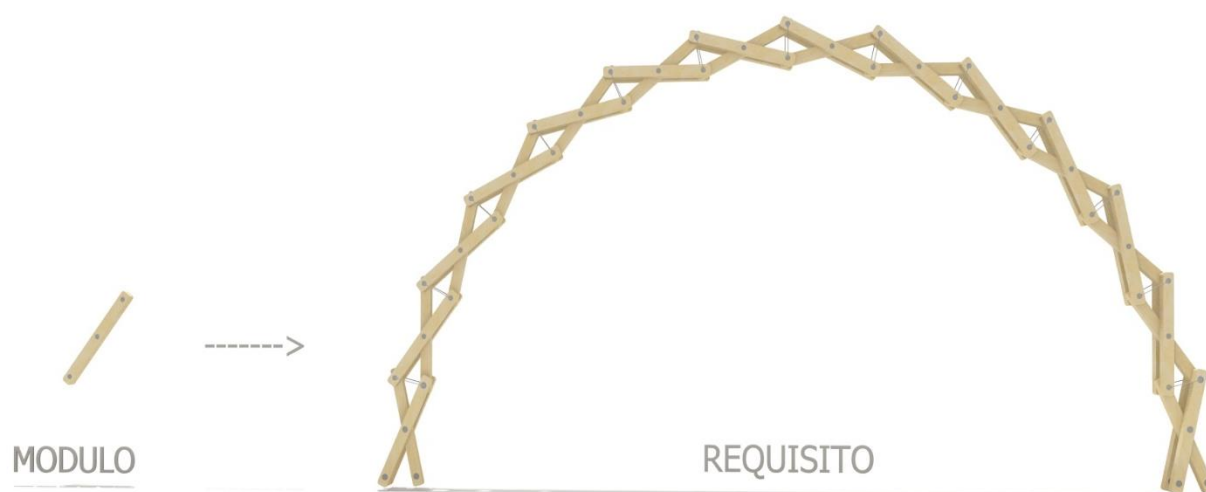


Figura 1.4 Relazione tra modulo e requisito

Il concetto di convertibilità è legato a quello di trasformabilità. La trasformabilità prevede che la struttura possa assumere diverse forme, questo è possibile poiché l'arco portante è estensibile.

In [Figura 1.5] vediamo le due forme principali: quella aperta in cui l'arco è esteso fino ai valori di progetto e quella chiusa con l'arco ripiegato su sé stesso sotto forma di pacchetto.

Il fatto che l'arco possa chiudersi permette di ottimizzare lo stoccaggio e la trasportabilità degli elementi portanti, questo rende la struttura particolarmente competitiva per tutte quelle situazioni (scopi civili) dove c'è bisogno di una copertura in tempi rapidi.



Figura 1.5 Struttura aperta e chiusa

1.3 – Obiettivo

Obiettivo della ricerca è il dimensionamento del modulo principale in legno di una struttura ad arco semicircolare di raggio esterno pari a 8 metri. Il dimensionamento riguarda un'analisi preliminare nel piano contenente un arco portante della copertura.

2 – Modellazione

2.1 – Geometria della struttura

L'arco semicircolare ha raggio esterno pari a 8 metri ed interno di 7,4 metri [Figura 2.1]. L'arco è suddiviso in 14 parti ognuna contenente due elementi laterali e uno centrale collegati con bulloni M24, in modo tale da formare delle croci. Dal modulo principale lungo x si ricavano due famiglie di elementi (centrali e laterali) che si distinguono per la distanza dalle estremità del foro centrale di collegamento. Ad ogni foro di ogni elemento è posta una piastra dentata di diametro $d_c=95\text{mm}$ mentre per la croce a diretto contatto con la fondazione $d_c=117\text{mm}$ [Figura 2.2]. Nei punti di suddivisione delle croci si trovano i montanti lunghi 60 cm [Figura 2.3].



Figura 2.1 Inquadramento arco portante raggio esterno 8m

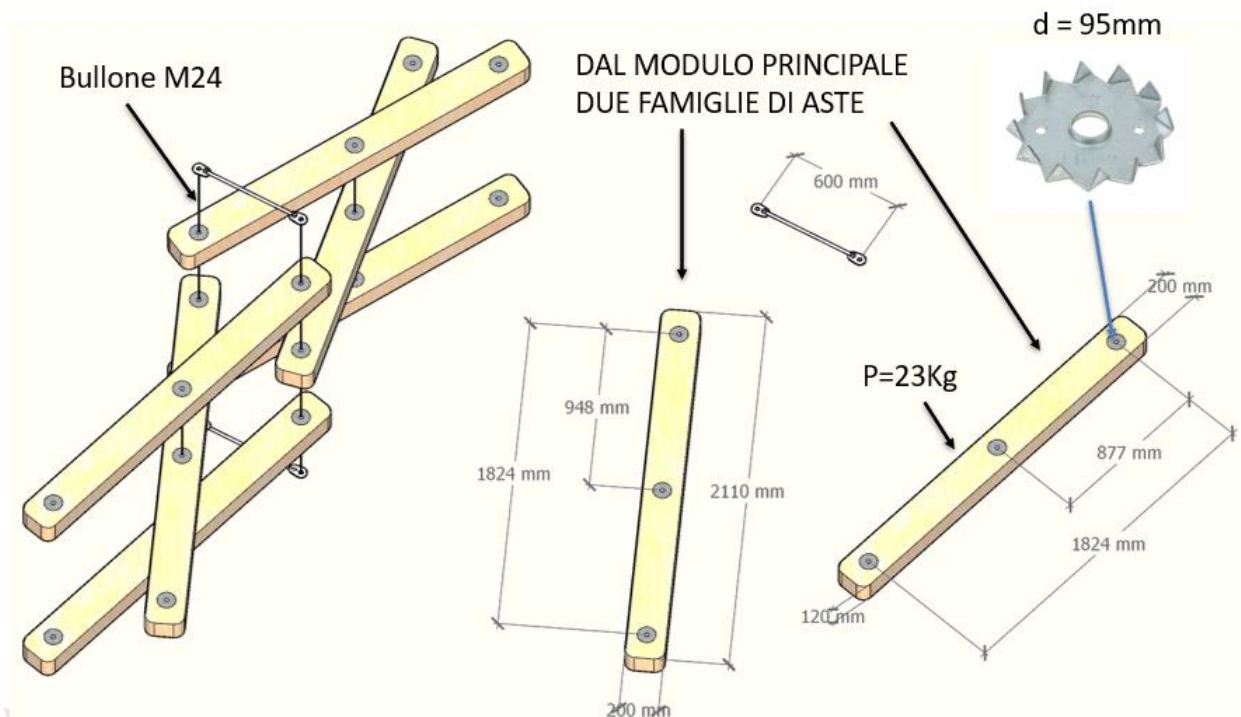


Figura 2.2 Componenti

Come è possibile osservare nella [Figura 2.2] le misure delle lunghezze totali delle aste valgono per tutti gli elementi che compongono l'arco tranne per le aste delle croci a diretto contatto con la fondazione. Per queste ultime, infatti, la piastra dentata ha diametro $d=117$ mm, di conseguenza, cambiano anche le distanze dei fori laterali dalle estremità degli elementi per cui, solo per quelle aste, la lunghezza dell'elemento è pari a 2176mm. Le rispettive distanze tra il foro centrale e i due fori laterali rimangono invariate.

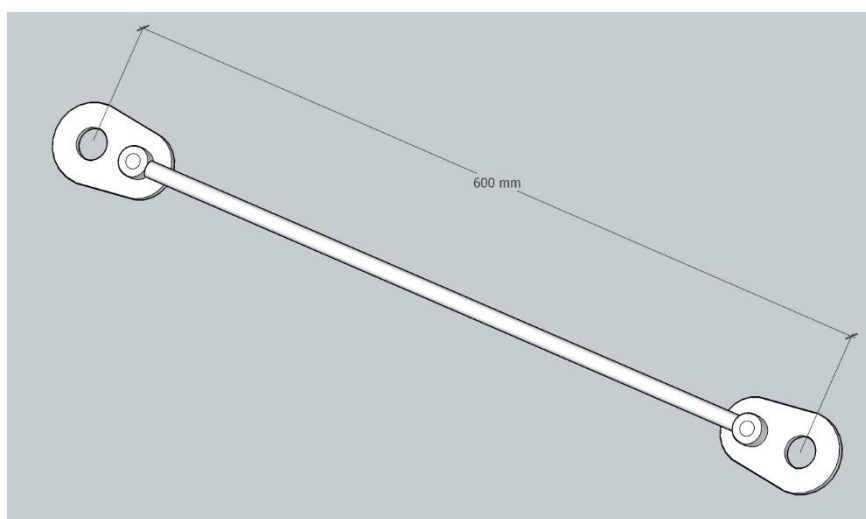


Figura 2.3 Inquadramento montante acciaio

4 – Conclusioni

L'analisi di fattibilità ha dimostrato, almeno preliminarmente (l'analisi considera i carichi agenti nel piano), che è possibile coprire luci fino a 15m con una struttura in legno ad arco semicircolare con le caratteristiche di modularità e convertibilità.

L'arco semicircolare di raggio esterno 8m non è propriamente un arco casuale, ma è il più grande arco avente spessore di 60 cm (differenza tra raggio esterno ed interno) che si può costruire con elementi in solo legno avente caratteristiche di modularità e convertibilità.

Ulteriori geometrie, non solo quindi ad arco, e luci coperte maggiori possono essere ottenute con queste caratteristiche. È probabile, soprattutto per gli elementi a diretto contatto con la fondazione, che si debba usare almeno per le aste laterali (vero punto debole poiché le unioni in legno risentono molto della direzione dello sforzo) degli elementi in acciaio.

Se così fosse comunque, per non compromettere a livello estetico la struttura, accanto agli elementi in acciaio può essere affiancato degli elementi in legno che agiscono solo da copertura estetica.

Ulteriori geometrie [Figura 4.1]; [Figura 4.2].

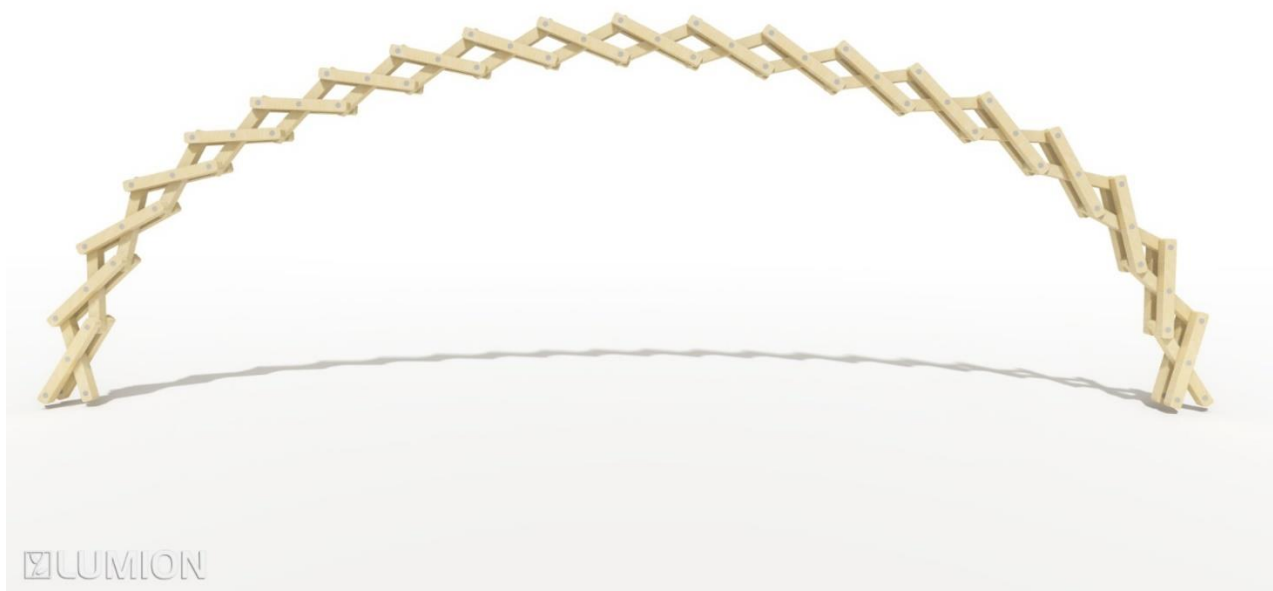


Figura 4.1 Archi policentrici

Osservando la [Figura 4.1] la coppia di archi policentrici scelta non è una coppia casuale ma è una coppia di archi che permettono una suddivisione finita in croci della struttura con aste della stessa lunghezza. Il concetto di modularità, che a causa delle diverse curvature si potrebbe pensare che si perda, in realtà è possibile mantenerlo sempre anche per differenti caratteristiche geometriche di progetto.

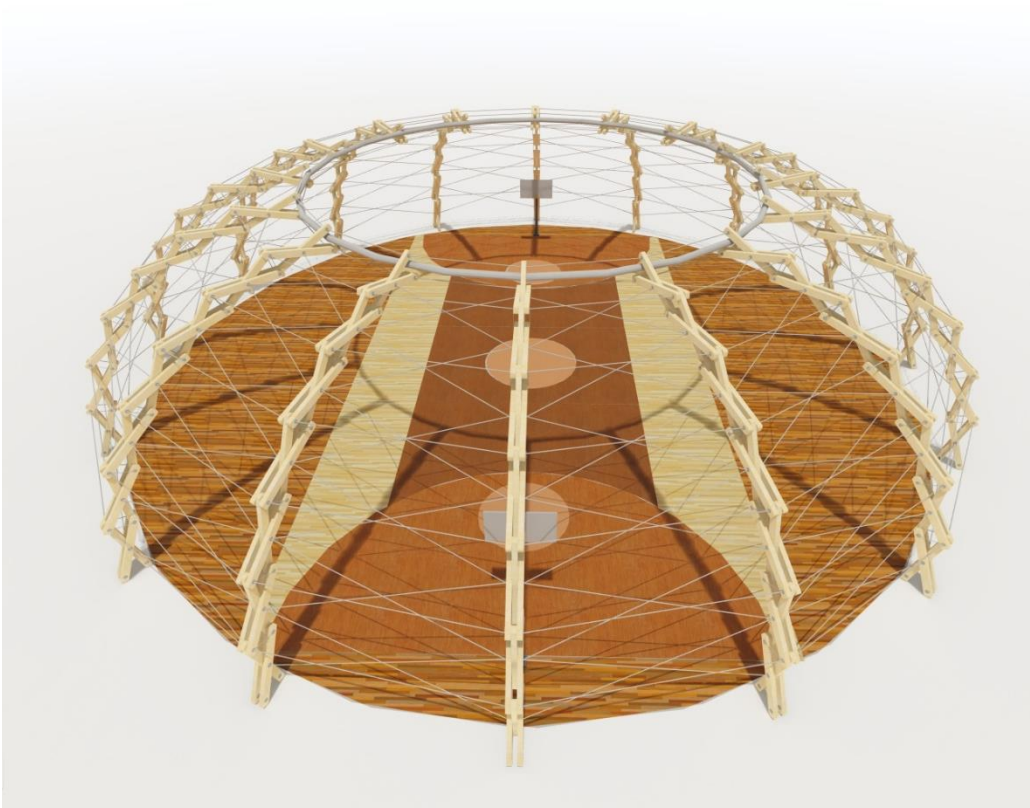


Figura 4.2 Coperture aperte per spalti

Gli sviluppi futuri riguarderanno sia l'analisi globale della struttura con particolare attenzione al comportamento dell'arco portante fuori dal piano e la progettazione della messa in opera in cantiere.