

# Progetto di un padiglione espositivo in bambù

Loris Carlucci Freelance

L'obiettivo del lavoro di tesi è stato quello di analizzare e testare, tramite un esempio pratico, le qualità principali ed i difetti dell'impiego del bambù nell'ambito della progettazione strutturale. Proprio con questa finalità si è deciso di partecipare, in rappresentanza dell'Università degli Studi di Bologna, ad una competizione di progettazione architettonica dedicata al bambù: la Bamboo Architectural Competition 2021. Questo contest, noto anche come BAC2021, è stato bandito dalle istituzioni cinesi per innescare un processo di rivalutazione della zona rurale di Anji dal punto di vista architettonico e turistico. È prevista infatti la realizzazione di padiglioni espositivi o installazioni artistiche sfruttando il connubio tra il bambù da costruzione tradizionale cinese e materiali che richiamino le architetture moderne occidentali. Il tutto deve avvenire strizzando l'occhio alle forme della natura ed alla conformazione dell'ambiente circostante.

## Selezione dell'area di progetto

Tra le aree di progetto disponibili è stata selezionata l'area 4a - Tea Workshop, destinata ad ospitare un padiglione espositivo sulla produzione artigianale del tè. Le motivazioni della scelta sono da ricondurre alla maggiore disponibilità in termini di volume: con i suoi 15 metri di lunghezza, infatti questa è l'area più grande. Inoltre, questa area gode di una posizione privilegiata con affaccio diretto sul lago. È necessario sottolineare che questa particolare posizione ha delle implicazioni importanti sulla progettazione: è necessario che la visuale verso il lago sia il più libera possibile, mentre il prospetto rivolto sulla strada perde di importanza, essendo essa rialzata.

## Il processo creativo

Proprio sulla base di questi punti appena illustrati si costruisce il processo di progettazione architettonica. Nelle immagini si può notare come si sia arrivati, passando attraverso numerosi sketch, a delle coperture che mimano la forma delle foglie di tè, utilizzando la flessibilità del bambù per riprodurre le venature ed i bordi delle foglie.

Al termine del procedimento si è arrivati ad una combinazione di tre coperture a foglia indipendenti. Si nota come gli elementi pilastro siano curvi in modo tale da nascondere la discontinuità con le venature delle foglie. Queste ultime sono, insieme ai bordi, dei veri e propri elementi trave che costituiscono la copertura incastrandosi nei bordi e nel dorso delle foglie. Il processo creativo termina con i render tridimensionali della struttura. Questi ultimi permettono di comprendere in maniera più netta la disposizione dei materiali e si può notare come le tre foglie, dalla forma molto organica, vadano a coesistere con una struttura in vetro, proteggendola ed in questo modo richiamare le architetture moderne occidentali. Inoltre, l'effetto che si vuole dare sollevando le coperture da terra è quello di rendere la struttura "levitante" e riprendere il movimento delle foglie di tè trasportate dal vento. La visuale è libera verso

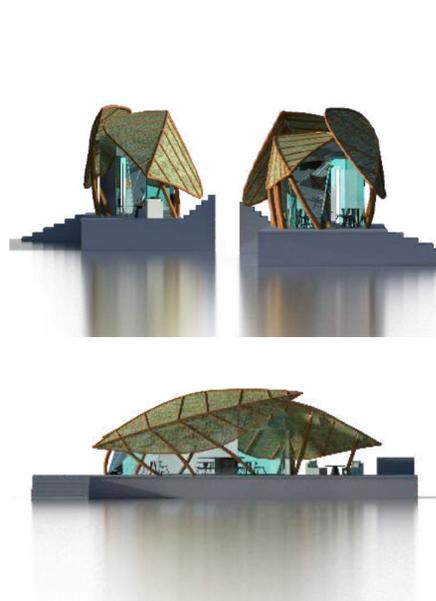


Fig.1 Visioni prospettiche del padiglione

il lago, consentendo ai visitatori di apprezzare il panorama ed al contempo degustare il proprio tè. La lamina delle foglie, inoltre, è richiamata tramite un telo in fibra di bambù impermeabile che garantisce la protezione dalla pioggia.

## Presentazione del progetto

È stato necessario, alla fine della progettazione architettonica, sottoporre alla commissione giudicante i risultati riassumendone i punti principali in uno storyboard, in cui si è scelto di ambientare il concept in un ambiente neutro, in modo da risaltarne le caratteristiche.

## Modifiche strutturali

È necessario, prima di procedere con la progettazione, applicare delle modifiche al progetto. Infatti, per semplificare il calcolo strutturale senza perdere il significato architettonico del padiglione, si decide di eliminare la curvatura degli elementi colonna e di raddoppiare il numero di questi ultimi in modo tale da ottenere elementi strutturali di dimensioni minori.

## Proprietà del materiale

Il calcolo strutturale del padiglione viene effettuato considerando due possibili specie di bambù. Nel primo caso si considera la *Phyllostachys pubescens*, una specie coltivata in Italia con dimensioni medie del diametro pari a 75 mm e spessore della corona medio pari a 7,5 mm. Nel secondo caso si considera la *Guadua angustifolia*, una specie proveniente dalla Colombia. In questo caso le dimensioni sono maggiori. Il diametro dei culmi è pari a 150 mm e lo spessore della corona è pari a 15 mm. Per entrambi i materiali è necessario ricavare le proprietà meccaniche di progetto come anche i

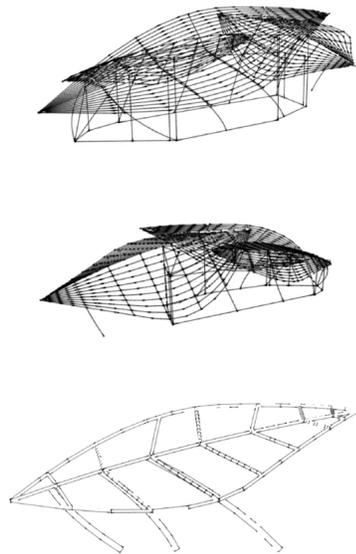


Fig.2 Le forme del processo creativo

moduli di resistenza. È importante sottolineare che le proprietà del materiale sono classificate in base alla durata delle azioni che sollecitano la struttura attraverso il valore del fattore di durata: permanenti, brevi, istantanei.

## Definizione dei carichi

Per quanto riguarda i carichi da applicare alla struttura ci si concentra sui valori dei carichi variabili da vento e neve. Infatti, i carichi permanenti strutturali sono calcolati automaticamente all'interno del modello e la copertura non è praticabile quindi si esclude dalla considerazione il carico variabile dovuto alla presenza di persone.

Prima di tutto si definisce il luogo di costruzione del padiglione per ricavare le caratteristiche relative e le norme associate. Si è deciso di progettare sul suolo italiano, in modo da fare riferimento alle norme NTC2018 ed ISO 22156, in quanto è stato impossibile ricavare i corrispettivi cinesi. Il comune in questione è quello di Guardiaregia, sito in Molise, in riva al lago di Guardialfiera a 120 m s.l.m. Il carico da neve è calcolato come una pressione il cui valore è influenzato dalla località e dalla quota del sito, come anche dalla conformazione della copertura che permette o meno l'accumulo di neve. La pressione da vento dipende dall'esposizione e dagli ostacoli circostanti. In questo caso questa è l'azione preponderante in quanto in riva al lago si prevede l'assenza di ostacoli che riducano la pressione del vento.

È necessario combinare le azioni considerando le direzioni principali del vento e la possibilità che le coperture siano sottovento o sopravvento.

## Dimensionamento strutturale

Il passo successivo è calcolare il numero di culmi

di bambù per elemento strutturale necessario a sostenere le sollecitazioni. A partire da un modello agli elementi finiti costruito con un singolo culmo per gli elementi strutturali si ricavano le sollecitazioni. Sulla base di tali sollecitazioni vengono effettuate le verifiche allo stato limite ultimo secondo la ISO 22156. Vengono verificate la flessione, lo sforzo normale, il taglio, la tensoflessione e la pressoflessione con relative formule.

A partire dalle verifiche si ricava il numero di culmi necessari, che viene aggiornato nel modello. A questo punto le verifiche vengono aggiornate con le nuove sollecitazioni risultanti dall'aumento di peso e inerzia.

Per quanto riguarda il bambù italiano i risultati sono poco compatibili con il caso specifico; infatti, il numero di culmi è elevato e, nonostante le dimensioni ridotte di ciascun culmo, avere così tante aste che convergono nei vari nodi strutturali è problematico per la realizzazione delle connessioni. Per questo motivo si esclude la possibilità di realizzare il padiglione con la suddetta specie. La *Guadua*, invece, necessita di un numero molto minore di culmi: 4 per ciascun pilastro, 2 per ciascuna trave principale e 1 per ciascuna trave secondaria. Di conseguenza la progettazione continua facendo riferimento a questa specie di bambù.

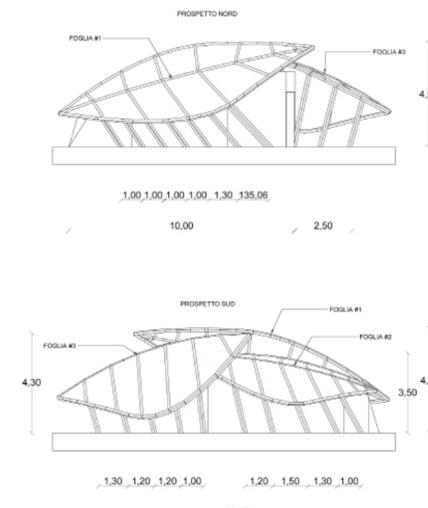


Fig.3 Prospetto nord e sud del padiglione

## Analisi sismica

Per quanto riguarda l'aspetto sismico, dato il peso ridotto degli elementi in bambù le singole coperture non risultano molto sollecitate. Inoltre, si sottolinea l'assenza di indicazioni specifiche nella normativa ISO 22156. Di conseguenza la verifica si applica in maniera semplificata, sfruttando l'analisi statica lineare. Questo metodo si basa sul calcolo della massa disposta in sommità della copertura e dell'accelerazione massima ricavata dallo spettro di risposta. In merito allo spettro di risposta si sottolinea che non è stato possibile distinguere i valori a stato limite di danno da quelli



Fig.4 Esploso tridimensionale degli elementi strutturali

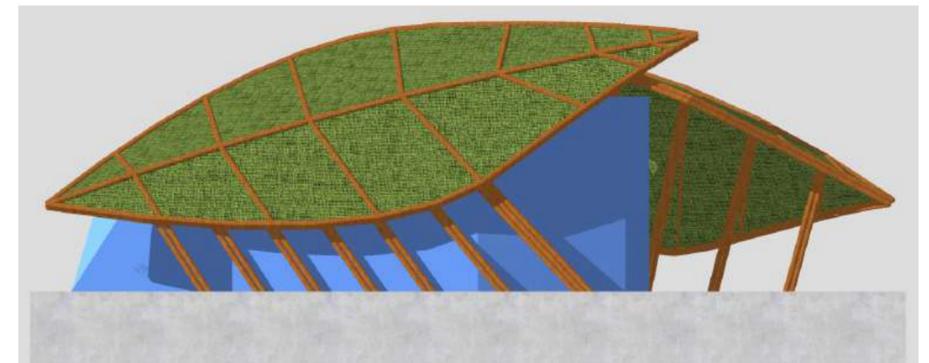


Fig.5 Render tridimensionale della struttura in seguito alle verifiche

a stato limite di salvaguardia della vita. Infatti, il coefficiente di comportamento è stato imposto come unitario data l'assenza di dati relativi al bambù in questo ambito. Questa valutazione si considera, comunque, a vantaggio di sicurezza. Questo metodo permette il calcolo di forze statiche equivalenti applicabili alla struttura nelle due direzioni principali, in modo da condurre le relative verifiche. Allo stato limite di danno si valutano gli spostamenti interpiano, ponendo una limitazione massima pari all'1% dell'altezza dei pilastri. Allo stato limite di salvaguardia della vita osserviamo una limitazione delle traslazioni, che se rispettata permette di trascurare gli effetti del secondo ordine e l'instabilità dei pilastri. Le verifiche risultano entrambe soddisfatte.

## Verifiche allo SLE

Per quanto riguarda lo stato limite di esercizio sarà verificata l'inflessione degli elementi trave sotto combinazione di carico rara. Le limitazioni per la freccia degli elementi strutturali da normativa ISO 22156 sono due: una relativa ai carichi permanenti (L/200) ed una relativa ai carichi complessivi (L/300). In questo caso i carichi permanenti sono minori rispetto a quelli

variabili, per i motivi già esposti; quindi, la verifica più coerente e problematica è quella sulla freccia totale. Anche in questo caso la verifica è soddisfatta, consentendo quindi di definire la geometria definitiva del padiglione.

## Risultati

In ultimo, è possibile vedere come sono disposti i culmi degli elementi strutturali nella struttura finale attraverso dei prospetti, delle sezioni e dei render tridimensionali. Risulta facile comprendere come il risultato finale sia coerente, nonostante le modifiche effettuate, con il messaggio architettonico che si vuole comunicare tramite la struttura.

## Conclusioni

In conclusione, dallo studio effettuato sono emersi diversi lati positivi evidenti riguardo la progettazione in bambù. Ad esempio, la sostenibilità della produzione del materiale, e la

riduzione della CO<sub>2</sub> conseguente alla coltivazione delle piante. Si nota la semplicità applicativa delle normative presenti nonché la grande flessibilità degli elementi strutturali, che possono prestarsi ad utilizzi di diversi tipi dal punto di vista architettonico.

Un aspetto su cui si può prevedere un miglioramento è la carenza normativa in ambito sismico della ISO 22156, sulla quale si è certi si avranno sviluppi futuri grazie al lavoro di sperimentazione continua in atto sul bambù. Al netto di questo aspetto si evince come la progettazione in bambù non sia un'utopia e che è certamente possibile considerarlo "il materiale da costruzione del presente e del futuro".

Il presente articolo è disponibile sotto la licenza [Creative Commons](#) con le seguenti caratteristiche: [Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 4.0 Internazionale](#). Questo significa che chiunque può copiare, distribuire, condividere con il pubblico l'articolo solo per scopi non commerciali citando l'autore ma nessuno può distribuire opere derivate basate sullo stesso articolo.

