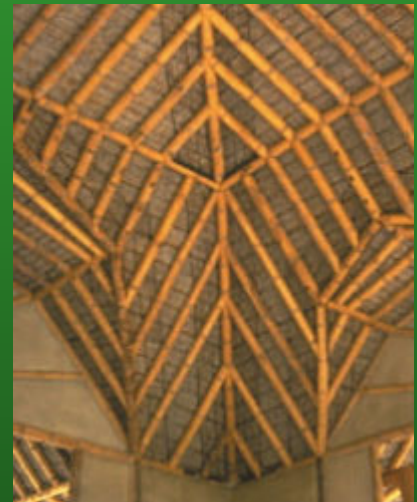


# La Valutazione della Qualità Globale per il controllo dell'appropriatezza del bambù nelle costruzioni

Nuccia Maritano Comoglio  
Facoltà di Architettura  
Politecnico di Torino



# Fattori generali che risultano irrinunciabili nella valutazione di appropriatezza degli interventi



- la compatibilità economica con le risorse disponibili e con le soglie di accettabilità minima delle prestazioni
- la compatibilità con l'aspetto di promozione sociale
- la sostenibilità ambientale delle scelte tecnologiche

**è in questione l'uso delle risorse**

**E' necessario riferirsi alla Qualità globale per dominare la complessità del progetto e controllare l'appropriatezza dell'intervento**



**i criteri di valutazione devono permettere :**

- il confronto fra prestazioni misurabili con diverse unità di misura
- la possibilità di intervenire nella valutazione cambiando i “pesi” o l'importanza attribuita ai diversi parametri, requisiti, prestazioni
- la possibilità di procedere in modo iterativo di fronte all'incertezza e alla variabilità degli obiettivi

## Si pone il problema dell'omogeneizzazione di requisiti disomogenei per la misurazione delle qualità elementari:



dai requisiti di carattere fisico tecnico e quelli di stabilità, di flessibilità, etc.

a quelli sociali, ambientali, economici, culturali, percettivi

**l'introduzione di una scala adimensionale risponde a questa necessità**

**Il progettista deve assumere  
un atteggiamento responsabile  
sul piano della sostenibilità ambientale  
evitando gli sprechi**



**è importante la definizione per ogni prestazione  
di soglie minime accettabili**

# il Metodo dei Livelli

**per rispondere a una necessità  
intrinseca della valutazione:**

**Il confronto fra prestazioni misurabili  
con diverse unità di misura**

**Il metodo vale sia in sede di progettazione  
che di verifica dell'intervento tecnologico**

**si individua**  
**una scala di misura delle prestazioni**  
**suddivisa in livelli, per avere una**  
**unità di misura confrontabile**  
**cui corrispondono le espressioni**  
**quantitative o qualitative delle prestazioni**

## la scala dei livelli proposta dal metodo è definita da:

- **livello minimo accettabile ( $L_{ma}$ )**  
al di sotto del quale la soluzione deve essere scartata
- **livello minimo ( $L_m$ )**  
al di sotto del quale il risultato ottenuto  
(espresso con il numero del livello offerto)  
viene penalizzato riducendolo di un punto  
per ogni unità di scarto rispetto al livello minimo

- **livello voluto ( $L_v$ )**
- **livello di indifferenza ( $L_i$ )**  
al di sopra del quale gli aumenti di qualità non sono considerati nel calcolo della Qualità Globale
- **livello massimo ( $L_{max}$ )**  
livello accettato ma non significativo per l'incremento della Qualità Globale

**Un livello offerto superiore al livello massimo rende la soluzione inaccettabile**

# Il livello che entra nel calcolo della Qualità Globale

- **coincide con il livello offerto (Lo)**  
quando quest'ultimo è compreso fra il livello minimo e il livello di indifferenza
- **è dato dal livello offerto meno la penalizzazione** definita dalla differenza fra il Livello minimo e il Livello offerto, quando il livello offerto è compreso fra il livello minimo accettabile e il livello minimo
- **è dato dal Livello di indifferenza**  
quando il livello offerto è superiore al livello di indifferenza

# Scala di prestazione convenzionale di riferimento oggettivo



## scala dei livelli prestazionali richiesti

LIV.CALC. = NON ACCETTABILE

LIV.CALC. = LIV.INDIF.

LIV.CALC. = LIV.OFF.

LIV.CALC. = LIV.OFF.- (LIV.MIN.-LIV.OFF.)

LIV.CALC. = NON ACCETTABILE



Fondamentale è la definizione di una  
**soglia minima accettabile**  
per ogni prestazione per garantire dal  
rischio di qualità globali  
sostanzialmente insufficienti  
anche se “numericamente” competitive

la **Qualità Globale** è data dalla sommatoria dei livelli di calcolo delle singole qualità elementari per i pesi reciproci

$$Qg = \sum (Lc \times Pr)$$

# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

- Sostenibilità ambientale
- Sostenibilità economica
- Capacità portante
- Adattabilità a diverse tipologie strutturali
- Sicurezza ai sismi
- Resistenza al fuoco
- Basso consumo energetico
- Durabilità
- Economicità di manutenzione
- Facilità produttiva
- Facilità costruttiva
- Integrabilità tecnologica



# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

## sostenibilità ambientale

Il bambù ha una velocità di crescita impressionante: un culmo può crescere anche più di un metro al giorno e in soli cinque anni si ottiene un elemento maturo pronto per essere usato come materiale da costruzione. L'altezza dipende dalla specie e può variare dai 2 ai 37 m

Le coltivazioni di bambù producono un aumento della biomassa annuale del 10-30% contro l'aumento del 2-5% dovuto agli alberi. Al termine della vita utile il materiale può rientrare nel ciclo naturale per la sua completa biodegradabilità.

Le connessioni in acciaio possono essere a loro volta riciclate. Restano delle modeste porzioni di malta cementizia in alcune tipologie di giunto.

Una piantagione di bambù può diminuire l'intensità luminosa e proteggere dai raggi ultravioletti.



# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

## sostenibilità economica

La produttività per ettaro/anno varia da 2 a 4 ton.

Da uno studio indiano sul ritorno economico di una coltivazione in Thailandia in relazione all'anno di maturazione:

Al 5° anno 330 \$ di costo e 1880 \$ ricavo

Al 4° anno il costo è 255\$ e il ricavo 710\$

Al 3° anno il costo supera il ricavo



# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

## capacità portante

E' uno dei materiali naturali più resistenti a trazione  
La resistenza a trazione rimane la stessa al variare dell'età

Dati relativi alla specie *Guadua Angustifolia*

Resistenza a compressione parallela alla fibra  
circa 300 Kg/cm<sup>2</sup>

Resistenza a trazione parallela alla fibra  
circa 500 Kg/cm<sup>2</sup>

Resistenza a flessione  
circa 300 Kg/cm<sup>2</sup>

Resistenza al taglio perpendicolare alla fibra  
circa 40 Kg/cm<sup>2</sup>

Modulo elastico  
circa 60000 Kg/cm<sup>2</sup>

(il modulo elastico medio del legno viene considerato di 100000 Kg/cm<sup>2</sup>)



# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

## Adattabilità a diverse tipologie strutturali

La forma tubolare è adatta alla trasmissione di sforzi assiali rendendolo un materiale adatto alle strutture spaziali  
Il suo impiego nelle strutture a telaio è assimilabile a quello del legno



## Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti



# Basso consumo energetico

La quantità di energia richiesta per la produzione di bambù pronto per l'impiego nella costruzione è pari al

**12,5% di quella del calcestruzzo**

**2% di quella dell'acciaio**

**37% di quella richiesta per il legno**

(valutazione approssimata dedotta da ricerche del Dipartimento della Technische Universiteit Eindhoven)

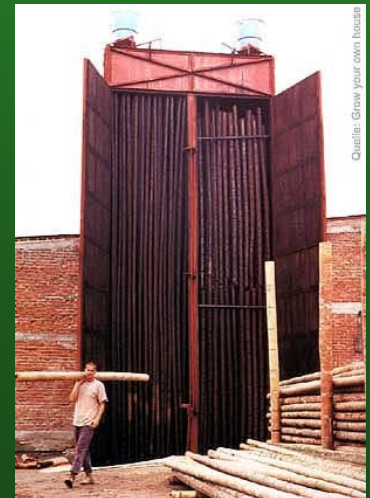
# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

## Durabilità

Sono fondamentali i trattamenti preservanti per impedire l'aggressione da parte di funghi e insetti

Senza trattamenti la durabilità è bassa

in ambienti aperti può resistere da 2 a 10 anni;  
in circostanze favorevoli (capriate e travetti)  
da 10 a 15 anni



# Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti

## Facilità Costruttiva

L'elevato rapporto resistenza/peso conferisce  
agli elementi una relativa leggerezza

La facilità costruttiva è comunque  
condizionata dalle tipologie di giunzione



## **Parametri per una possibile valutazione del BAMBÙ come materiale per elementi portanti**



# **Resistenza al fuoco**

**Il tempo di innesco della combustione del bambù  
è molto più lungo di quello dell'abete**

**La corteccia esterna è ricca di acido siliceo  
che costituisce un ritardante della combustione**

**Il bambù produce fiamme soltanto  
a elevatissime temperature**

**La combustione avviene più velocemente  
in corrispondenza dell'internodo, come se  
i diaframmi costituissero una barriera tagliafuoco**

PRESTAZIONE	Peso Rec.	Scale dei Livelli				Guadua Angustifolia		
		Lma	Lmin.	Lvol.	L ind.	Lo	Lc	Lc x Pr
Sostenibilità ambientale	8	3	4	5	5	5	5	40
Sostenibilità economica	7	3	4	5	5	5	5	35
Capacità portante	7	2	3	4	5	3	3	21
Adattabilità a diverse tipologie strutturali	4	2	3	3	4	4	4	16
Sicurezza ai sismi	5	3	3	5	5	4	4	20
Basso consumo energetico	7	3	4	5	5	5	5	35
Durabilità	7	3	4	4	4	3	2	14
Facilità costruttiva	5	2	3	4	4	3	3	10
Integrabilità tecnologica	5	2	3	4	5	3	3	15
Resistenza al fuoco	4	3	4	5	5	3	2	8
<b>QUALITA' GLOBALE</b>						<b><math>Q_g = \sum L_c \times Pr</math></b>		<b>214</b>
<b>QUALITA' GLOBALE MINIMA</b>						<b><math>Q_g = \sum L_m \times Pr</math></b>		<b>210</b>

**Esempio di tabella per il calcolo della Qualità globale di una struttura in BAMBÙ della specie *Guadua Angustifolia***

0 nulla  
1 molto scarsa  
2 scarsa  
3 discreta  
4 buona  
5 ottima

I pesi reciproci delle prestazioni sono definiti con una scala da 1 a 10

# Esempio di tabella con doppia scala di misurazione

PRESTAZIONE	Peso reciproco	SCALE DI LIVELLI					
		Unità di misura	L m.a.	L min.	L vol.	L ind.	L max.
Frequenza di manutenzione	7	Interventi nel tempo					
		0 – 5					
Consumo energetico	8	MJ / m <sup>3</sup>					
		0 – 5					