

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA
CAMPUS DI CESENA
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA/MAGISTRALE A CICLO UNICO IN
ARCHITETTURA

Architettura e risorse locali:
il caso di una Spice Processing Unit a Buttala, Sri Lanka

Tesi in
Architettura

Relatore
Ernesto Antonini

Laureanda
Silvia Toderi

Correlatori
Kristian Fabbri
Arch. Alessio Battistella

Anno Accademico 2016/17

Indice

ABSTRACT 7

Capitolo 1

SRI LANKA: TERRITORIO, CLIMA E RISORSE

9

- 1.1 Lo Sri Lanka
- 1.2 Geografia e ambiente
- 1.3 Popolazione
- 1.4 Economia
- 1.5 Clima
- 1.6 Lo tsunami
- 1.7 L'architettura
- 1.8 Il bambù

Capitolo 2

IL BRIEF

35

- 2.1 Localizzazione e norme igieniche
- 2.2 Ciclo di lavorazione
- 2.3 Ambienti e disposizioni spaziali
- 2.4 Specifiche tecniche: edificio
- 2.5 Specifiche tecniche: solai
- 2.6 Specifiche tecniche: partizioni verticali
- 2.7 Specifiche tecniche: infissi
- 2.8 Requisiti impiantistici: illuminazione e prese elettriche
- 2.9 Requisiti impiantistici: deumidificazione

Capitolo 3

IL BAMBÙ

53

- 3.1 La pianta
- 3.2 Il Rizoma
- 3.3 Il culmo
- 3.4 La gemma
- 3.5 I rami
- 3.6 Foglia caulinare
- 3.7 Il taglio e i trattamenti del bambù
- 3.8 La massa volumica e le caratteristiche meccaniche
- 3.9 Le legature

Capitolo 4

I MATERIALI E IL SISTEMA TECNOLOGICO

79

- 4.1 I materiali

4.2 Le tipologie strutturali	
4.3 Il sistema tecnologico	
4.4 Metodi di realizzazione ed impatto ambientale	
4.5 Il confronto	
4.6 Conclusioni	
Capitolo 5	
LA SPICE PROCESSING UNIT	93
5.1 La fabbrica	
5.2 La grande copertura	
5.3 I materiali	
5.4 I dettagli costruttivi	
5.5 Le fasi di cantiere	
Capitolo 6	
CONCLUSIONI	121
5.1 L'edificio realizzato	
5.2 La valutazione dell'impatto ambientale	
ANNEXES	131
1- SRI LANKA: ANALISI SOCIO-ECONOMICA	132
2- IL BRIEF E IL BAMBÙ	134
3- I MATERIALI DELL'ARCHITETTURA E LE RISORSE LOCALI	136
4- LA SPICE PROCESSING UNIT	138
5- I DETTAGLI COSTRUTTIVI	140
6- LE FASI DI CANTIERE E GLI ELEMENTI TECNOLOGICI	142
7- L'EDIFICIO REALIZZATO E L'IMPATTO AMBIENTALE	144
BIBLIOGRAFIA	147
SITOGRAFIA	151

ABSTRACT

Lo Sri Lanka è considerato un paese in via di sviluppo a causa della sua condizione economica instabile ed ad una differenza tra export ed import negativa. I principali paesi di provenienza dei prodotti importati sono India e Cina e la loro presenza è molto evidente nel settore edile. In tutta l'isola si nota subito la grande quantità di uso di acciaio e cemento per le costruzioni sia pubbliche che private che di baracche. Il tutto dimostra che la presenza di questi materiali sul territorio è talmente tanto ampia da essere disponibili a prezzi molto bassi, in grandi quantità ma anche con grandi conseguenze per l'ambiente. India e Cina, infatti, non hanno alcuna politica ambientale e la produzione di acciaio in questi paesi è tra le più inquinanti del pianeta. C'è da aggiungere poi che non sono materiali naturali e anche il loro smaltimento è considerato un problema.

Tra le risorse lo Sri Lanka ha grande presenza di bambù, un materiale da sempre utilizzato in campo edile, ma ad oggi nel paese è stato limitato ad utensili e cesti. Sono presenti 14 specie sul territorio tra le quali il *Dendrocalamus Giganteus*, una specie di bambù adatto all'uso strutturale grazie alle sue straordinarie dimensioni. Questa pianta può infatti raggiungere i 60 m di altezza con diametri fino a 30 cm.

L'utilizzo limitato della pianta sul territorio viene giustificato con due motivazioni, in parte contraddittorie tra loro: per preservare le diverse specie e per contenere la propogazione del bambù, considerato invasivo. In realtà, l'invasività della pianta dipende dalla tipologia di radice (rizoma) e dalla presenza o meno di fossi che limitano le piantagioni. Il governo singalese, che si sta impegnando ardentemente a stabilizzare l'economia del paese con investimenti, sta promuovendo, attraverso dei programmi mirati, lo sviluppo del bambù nell'isola per far sviluppare i piccoli villaggi e famiglie rurali e per avere quantità tali da poter garantire un certo rendimento dalle esportazioni.

Il fine di questa tesi sarà quello di rivisitare il progetto di una Spice Processing Unit che ad oggi risulta costruita nel villaggio di Buttala, nella provincia di Uva a sud dello Sri Lanka. Il progetto è stato

commissionato allo studio ArCò di Milano e realizzato con mattoni in cemento e travi e lamiera di acciaio, su volontà della committenza. L'obiettivo di questa tesi sarà quello di riproporre un nuovo edificio dopo aver analizzato accuratamente: lo stato socio-economico dello Sri Lanka, le sue risorse interne in campo edile ed agire sulla base dei principi di architettura sostenibile e, soprattutto, responsabile. Non ci si focalizzerà su un sistema tecnologico da importare nel paese ma sul metodo di agire, in modo che questo possa essere replicato senza l'aiuto/dipendenza di soggetti terzi. Si punterà sull'utilizzo della risorsa locale bambù come materiale strutturale per l'intero edificio, con successiva analisi dell'impatto ambientale tra l'edificio costruito e quello rivisitato nel progetto di tesi.

Capitolo 1

SRI LANKA: TERRITORIO, CLIMA E RISORSE

1.1 Lo Sri Lanka

Lo Sri Lanka, conosciuta come Ceylon fino al 1972¹, è un'isola vicina alla costa sud-est della penisola indiana, a soli 7° nord rispetto all'equatore, separata da quest'ultima solo dallo stretto di Palk, un punto nevralgico per i commerci via mare. Nonostante questa sua posizione strategica, le grandi problematiche interne e i lunghi periodi coloniali hanno impedito all'isola di crescere economicamente ed autonomamente, tanto da essere considerato oggi un paese in via di sviluppo.

Anche se con una estensione di circa 65.600 km² (circa 435 km di lunghezza e 225 km di larghezza) è ricca di risorse, parchi e storia.

Il territorio è diviso in nove province che, a loro volta, sono suddivise in venticinque distretti. La sua capitale è Sri Jayawardenapura-Kotte, o Kotte, dal 1982³, quando le funzioni amministrative e legislative del paese sono state spostate da Colombo. Qui risiedono anche il parlamento e la maggiore parte dei ministeri ma la città più importante e più popolosa rimane Colombo, considerata anche la capitale commerciale dell'isola.



1- Mappa localizzazione dello Sri Lanka nel mondo

- 1 Enciclopedia Treccani, disponibile a: <http://www.treccani.it/enciclopedia/sri-lanka/>
- 2 Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>
- 3 Enciclopedia Treccani, disponibile a: <http://www.treccani.it/enciclopedia/sri-jayawardenapura-kotte/>

1.2 Geografia e ambiente

La morfologia dell'isola varia da nord a sud e da est a ovest: le zone costiere sono pianeggianti mentre la parte centrale del sud dell'isola è caratterizzata da un massiccio centrale, con vette che arrivano fino a oltre 2500 m s.l.m. (monte Pidurutalagala)⁴.

E' da questo massiccio centrale che nascono i principali corsi d'acqua, tra i quali il più importante fiume Mahaweli, con una lunghezza di 331 km⁵ e navigabile in alcuni tratti. In generale, i fiumi vengono utilizzati a scopo irriguo, più che come canali navigabili dato che la loro portata varia molto, tra periodi di secca e piene abbondanti, a causa dell'influenza delle precipitazioni monsoniche.

I rilievi collinari che circondano il massiccio centrale sono caratterizzati dalle immense piantagioni di té che, mano a mano che si scende, si vanno a sostituire con la fitta foresta pluviale e poi alla savana. Il nord del paese è prevalentemente pianeggiante e si conclude con la penisola di Jaffna, caratterizzata da estese piantagioni di palme, manioca e banani alternate a paludi e lagune. La costa sud dell'isola è, invece, più secca e presenta vasti tratti di savana.

All'interno dell'isola, per preservare flora e fauna, sono stati identificati 14 parchi nazionali e molte riserve forestali e naturali⁶ (2). In questo modo, si cerca di limitare il grosso problema della deforestazione e dell'aumento sconsiderato delle piantagioni da thé, che hanno causato un incremento dell'erosione del suolo.

Anche i fenomeni di bracconaggio ed urbanizzazione minacciano l'esistenza di alcune specie di fauna selvatica, anche in via d'estinzione. A tutta questa serie di problemi si aggiungono anche quelli dovuti all'inquinamento di coste e città, causati dai rifiuti industriali e attività minerari costiere⁷.

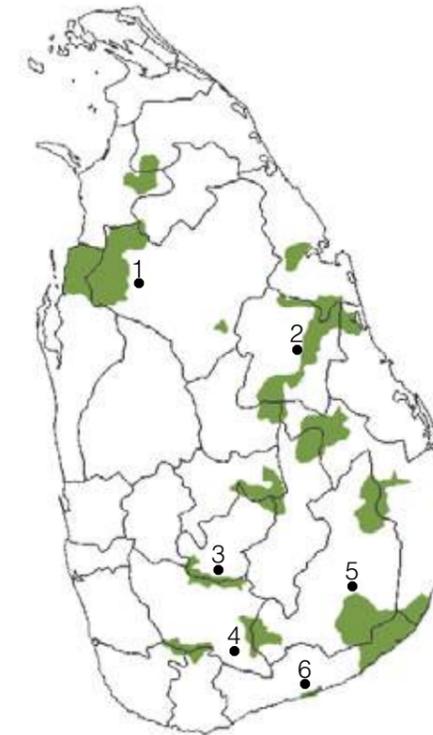
1.3 Popolazione

4 Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

5 Enciclopedia Treccani, disponibile a: [http://www.treccani.it/enciclopedia/ceylon_\(Enciclopedia-Italiana\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/ceylon_(Enciclopedia-Italiana)/)

6 Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

7 Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>



Le riserve più importanti:

- 1- Parco Wilpattu
- 2- Parco di Minneriya
- 3- Parco di Horton Plains
- 4- Parco di Udawalawe
- 5- Parco di Yala
- 6- Parco di Bundala

2- Localizzazione delle riserve naturali dello Sri Lanka



3- Elefanti del parco di Yala e le cascate del parco di Horton Plains

I primi insediamenti sull'isola risalgono a circa 35.000 anni fa ma le prime vere civiltà risalgono al 4° secolo a.C. con la migrazione sull'isola dei Cingalesi (o Singalesi), un gruppo di origine indoeruopea⁸. Questa popolazione portò con sé la cultura indiana ed in particolare la religione Buddhista, professata a partire dal 3° secolo, anni in cui si iniziarono anche a costruire i primi monasteri e stupa. Proprio durante questi secoli si sviluppa una delle più grandi città del continente asiatico: la città di Anuradhapura.

Agli inizi del XI secolo⁹ questa città con il suo regno furono conquistati da un gruppo proveniente dall'India meridionale. Fu così che iniziò la grande migrazione del popolo Tamil, che si stanziò principalmente nelle regioni a nord dell'isola dello Sri Lanka. Questa migrazione fu tale da generare un gruppo etnico corposo, che ad oggi costituisce oltre il 15% della popolazione¹⁰. A causa della presenza di questa popolazione nella parte settentrionale dell'isola, il gruppo Singalese si spostò sempre più a sud e nelle zone centrali, andando ad occupare i territori montuosi e sudoccidentali. Con il passare del tempo, però, gli equilibri si fanno instabili tanto che, nel 1983, scoppia una guerra civile che vede coinvolto il gruppo terroristico delle Tigri Tamil contro il governo Singalese, guerra che durò fino al 2009.

La popolazione, ad oggi, è suddivisa nei seguenti gruppi etnici¹¹:

- Singalesi (circa 75%)
- Tamil (oltre 15%)
- Mori (9,2% che sono migranti indiani in parte tamil ma di religione musulmana)
- Indonesiani e euroasiani (0,5%).

La popolazione nel 2015 contava circa 21 milioni di persone, con un tasso di crescita dello 0,86% (2014), in continuo calo dal 2011 (0,93%)¹².

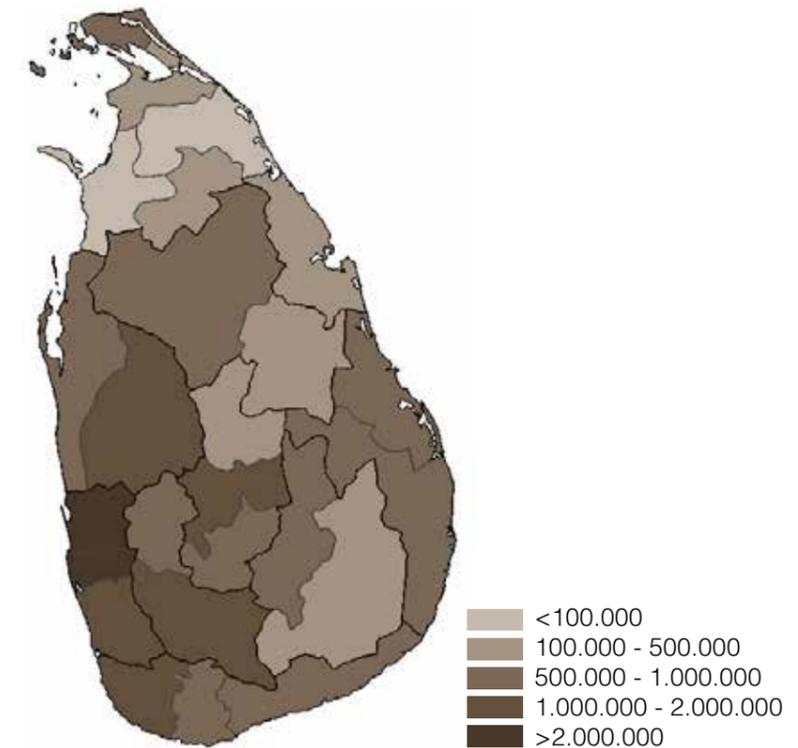
⁸ Enciclopedia Treccani, disponibile a: [http://www.treccani.it/enciclopedia/ceylon_\(Enciclopedia-Italiana\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/ceylon_(Enciclopedia-Italiana)/)

⁹ Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

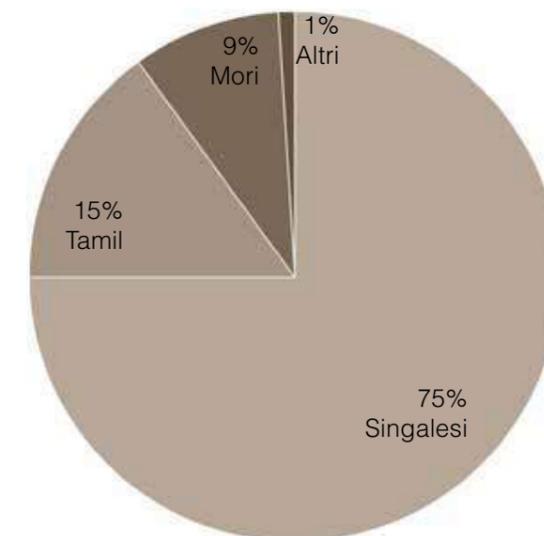
¹⁰ Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

¹¹ Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

¹² Index Mundi, disponibile a: <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?v=21000&c=ce&l=it>



4- Distribuzione della popolazione sull'isola per distretti, 2012
https://en.wikipedia.org/wiki/Districts_of_Sri_Lanka



5- Composizione della popolazione dello Sri Lanka

La popolazione totale, con una densità abitativa media di 333 abitanti/km² (2014)¹³, è in realtà distribuita nel territorio in maniera irregolare: si passa dai distretti a bassa densità (Mannar, Mullaittivu, Vavuniya e Monaragala), alle aree densamente popolate di Colombo. Escluse le grandi città, la popolazione tende a stanziarsi in villaggi rurali, infatti, circa l'80% vive in piccoli centri¹⁴.

La suddivisione della popolazione in etnie distinte ha portato al riconoscimento di due lingue ufficiali, dopo l'accordo sigliato tra Sri Lanka e India a fine anni ottanta: il singalese e il tamil. Anche l'inglese è largamente parlato, a seguito del lungo periodo di colonizzazione inglese (dal 1802 fino all'indipendenza nel 1948) e, insieme alle lingue ufficiali, è insegnato nelle scuole ed utilizzato anche in campo amministrativo.

1.4 Economia

AGRICOLTURA E ALLEVAMENTI

L'economia dell'isola si basa principalmente sull'agricoltura con, come coltura principale il riso, che occupa circa la metà dei terreni agricoli ed è coltivato soprattutto nella zona umida sud-occidentale. Il riso, insieme a manioca, patata, ortaggi e frutta in genere, sono destinati all'alimentazione del paese, mentre il principale prodotto destinato all'esportazione è il tè, introdotto come coltura con la colonizzazione inglese e coltivato principalmente lungo le zone collinari del massiccio centrale. Altri prodotti destinati alle esportazioni sono cacao, caffè e spezie¹⁵. Le estese foreste, che ricoprono circa un terzo del territorio, offrono moltissimo caucciù, tanto che lo Sri Lanka è l'ottavo produttore del continente asiatico¹⁶.

Gli allevamenti sono quasi assenti e gli animali come bovini e bufali vengono soprattutto utilizzati per lavori agricoli. La pesca, invece, nonostante non sia troppo estesa, contribuisce per una certa parte alle esportazioni.

¹³ Index Mundi, disponibile a: <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?v=21000&c=ce&l=it>

¹⁴ Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

¹⁵ Enciclopedia Treccani, disponibile a: <http://www.treccani.it/enciclopedia/sri-lanka/>

¹⁶ Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>



6- Piantagioni di tè delle regioni collinari



7- Una piantagione di riso dello Sri Lanka

INDUSTRIA E RISORSE

Le risorse minerarie del paese sono molto scarse: non sono presenti minerali energetici ed i prodotti più estratti sono grafite, sale, zirconio ed alcune pietre preziose.

Le industrie tessili e dell'abbigliamento, insieme a quelle per la lavorazione dei prodotti locali si distinguono nel mercato industriale¹⁷.

TURISMO E COMMERCIO

Lo sviluppo del turismo e il flusso di visitatori si sono quasi interrotti durante il periodo del conflitto interno tanto che, la ripresa post bellica, partì proprio con il potenziamento delle infrastrutture turistiche. Questo ha portato ad un progressivo incremento dei flussi turistici che, nel 2012, ha superato il milione di visitatori, con un incremento del +13% nell'anno successivo¹⁸. La progressiva crescita economica è riscontrabile anche nel PIL che nel 2014 ha toccato soglia +7,4%¹⁹ e nel continuo impegno del Governo basato su investimenti mirati atti a migliorare le infrastrutture dopo la fine del conflitto nel 2009. Tutto questo ha portato negli anni alla riduzione della percentuale di persone che vivono sotto la soglia della povertà nel paese tanto che, in dieci anni, è passata dal 22,7% al 6,7%(2012)²⁰. Anche se questo tasso generale è in calo «nell'area delle piantagioni delle Province Centrale e Uva e in alcuni distretti delle Regioni settentrionale e orientale, il tasso di povertà è ancora pari o superiore al 20%²¹».

Le principali destinazioni delle esportazioni sono Stati Uniti, Gran Bretagna, India, Germania e Italia. Per quanto, invece, riguarda le importazioni, i prodotti provengono principalmente da India, Cina, Emirati Arabi, Singapore e Giappone.

Lo Sri Lanka esporta principalmente prodotti tessili, tè, spezie, caucciù,

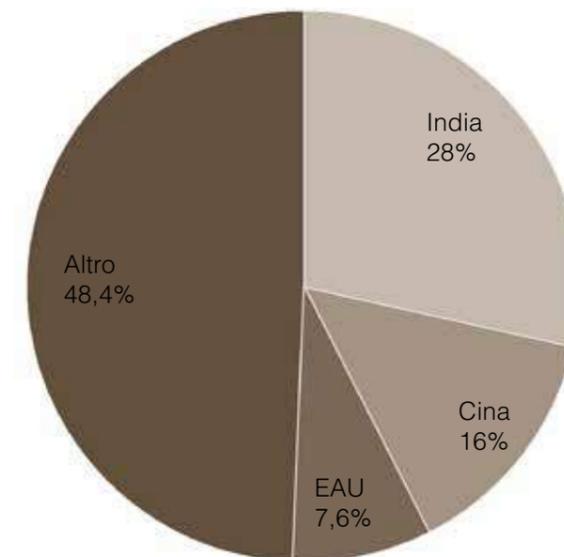
17 Enciclopedia Sapere.it, disponibile a: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html>

18 Farnesina, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, infoMercatiEsteri disponibile a: http://www.infomercatiesteri.it/public/rapporti/r_138_srilanka.pdf

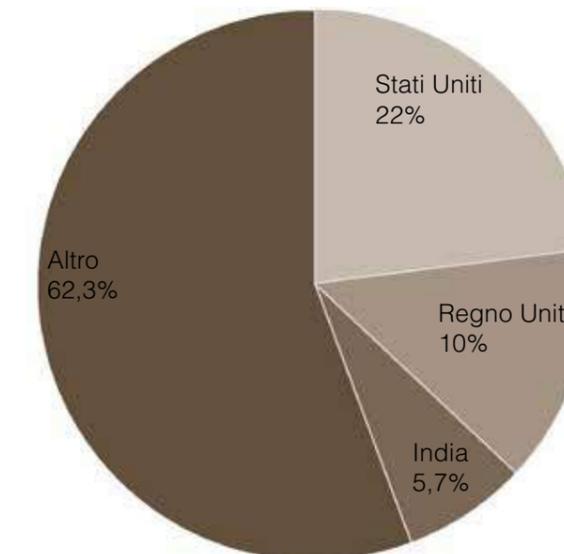
19 Farnesina, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, infoMercatiEsteri disponibile a: http://www.infomercatiesteri.it/public/rapporti/r_138_srilanka.pdf

20 Farnesina, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, infoMercatiEsteri disponibile a: http://www.infomercatiesteri.it/public/rapporti/r_138_srilanka.pdf

21 Farnesina, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale, infoMercatiEsteri disponibile a: http://www.infomercatiesteri.it/public/rapporti/r_138_srilanka.pdf



8- Principali paesi importatori nello Sri Lanka



9- Principali destinazioni delle esportazioni

derivati della palma da cocco e pietre preziose. Le importazioni riguardano soprattutto prodotti alimentari e petroliferi, tessuti, macchinari e mezzi di trasporto, ma anche strutture e altri derivati della lavorazione del ferro, cemento, amianto e tanto altro²². Lo Sri Lanka nel 2014 ha importato prodotti per 21,4 miliardi di dollari ed esportato per 11,5 miliardi di dollari²³. Questo grosso divario porta la bilancia commerciale del paese (differenza export-import) in negativo, elemento che condiziona in negativo la crescita del paese. Per far fronte a questo grande problema il Governo mira, con programmi di investimento, ad aumentare la capacità produttiva necessaria per fare fronte allo squilibrio. Uno di questi programmi riguarda il bambù.

1.5 Clima

Per questo capitolo dati e immagini sono state reperite dal Department of Meteorology of Sri Lanka, disponibile a: http://www.meteo.gov.lk/index.php?option=com_content&view=article&id=94&Itemid=310&lang=en

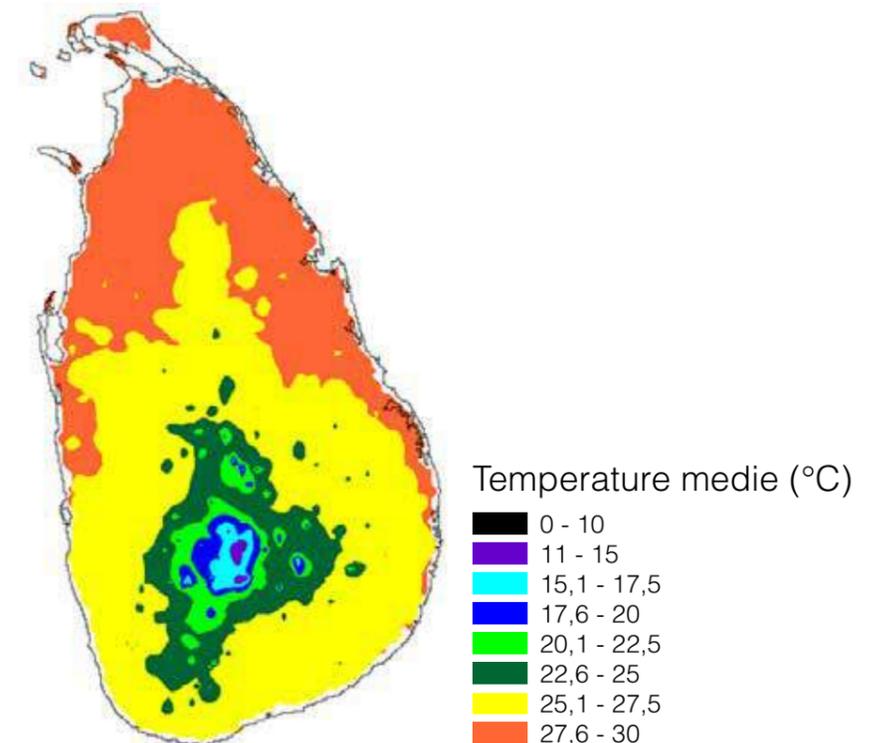
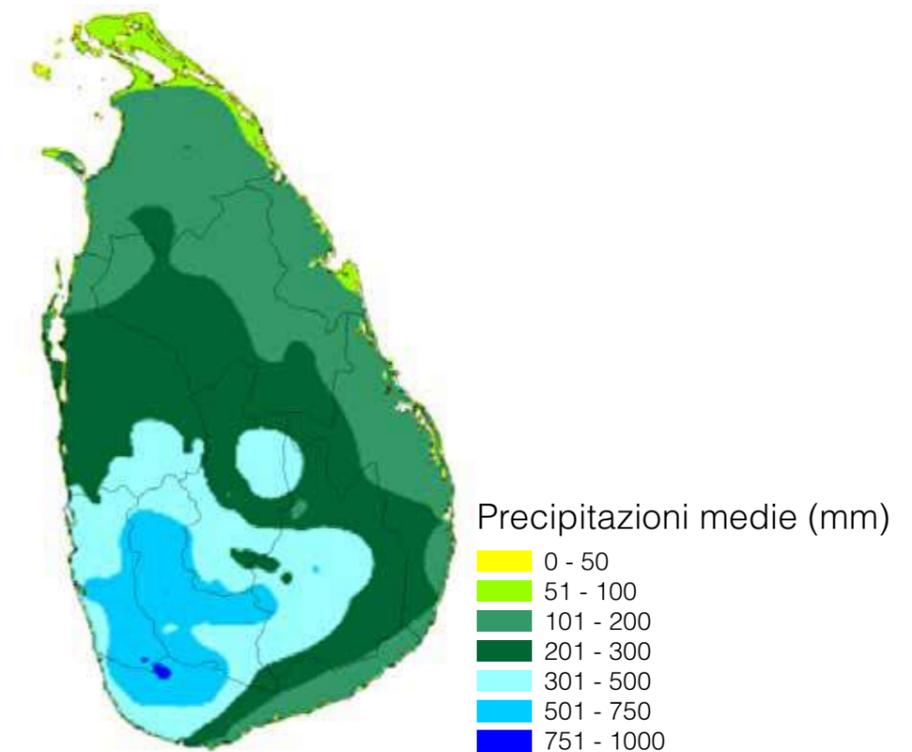
L'isola dello Sri Lanka, a soli 7° nord dall'equatore risente, secondo la classificazione di Köppen, di un clima di classe A, definito tropicale, che a sua volta si suddivide in equatoriale, monsonico e savana. Il clima è quindi caldo ma moderato dai venti oceanici. Grande problema è l'umidità che rimane su valori medi del 70% con picchi, durante le stagioni delle piogge, fino al 90%. Le temperature medie annue variano invece variano da un minimo di 15 °C (nelle regioni del massiccio centrale) fino ad un massimo di 37 °C per le zone costiere settentrionali. La presenza del grande massiccio centrale influenza molto il clima dell'isola, che varia da zona a zona, soprattutto per quello che riguarda le precipitazioni durante le varie stagioni monsoniche.

A questo proposito, è possibile dividere il clima annuale dell'isola in quattro stagioni, dipendendoli dai monsoni:

- **Prima stagione monsonica intermedia**(10): da marzo ad aprile. Caldo e precipitazioni temporalesche, a spot durante la giornata, caratterizzano questa stagione. In questi periodi, in tutta l'isola cadono

²² OEC (The Observatory of Economic Complexity), disponibile a: <http://atlas.media.mit.edu/it/profile/country/lka/>

²³ OEC (The Observatory of Economic Complexity), disponibile a: <http://atlas.media.mit.edu/it/profile/country/lka/>



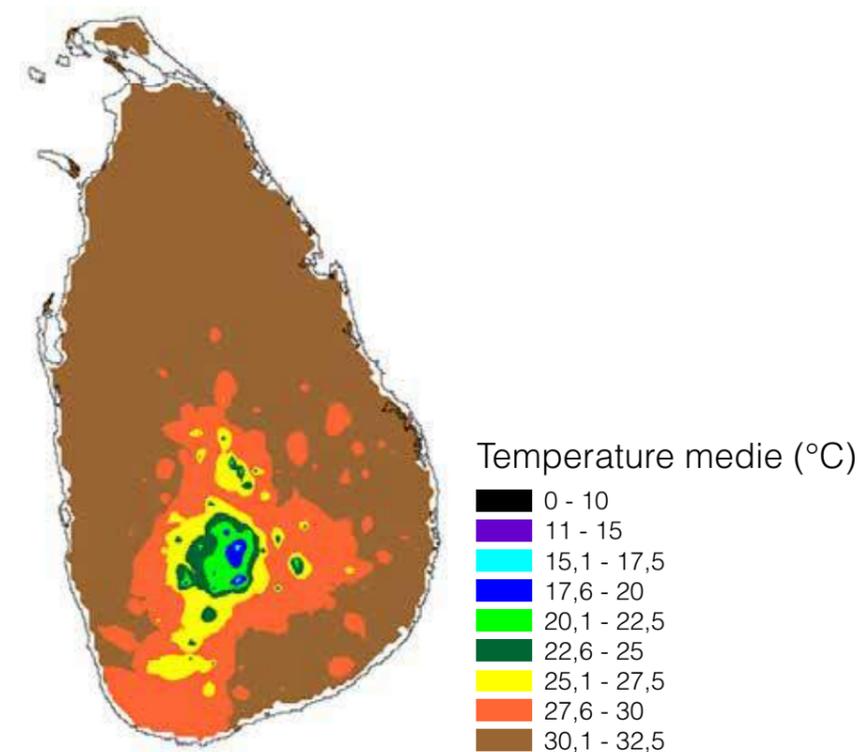
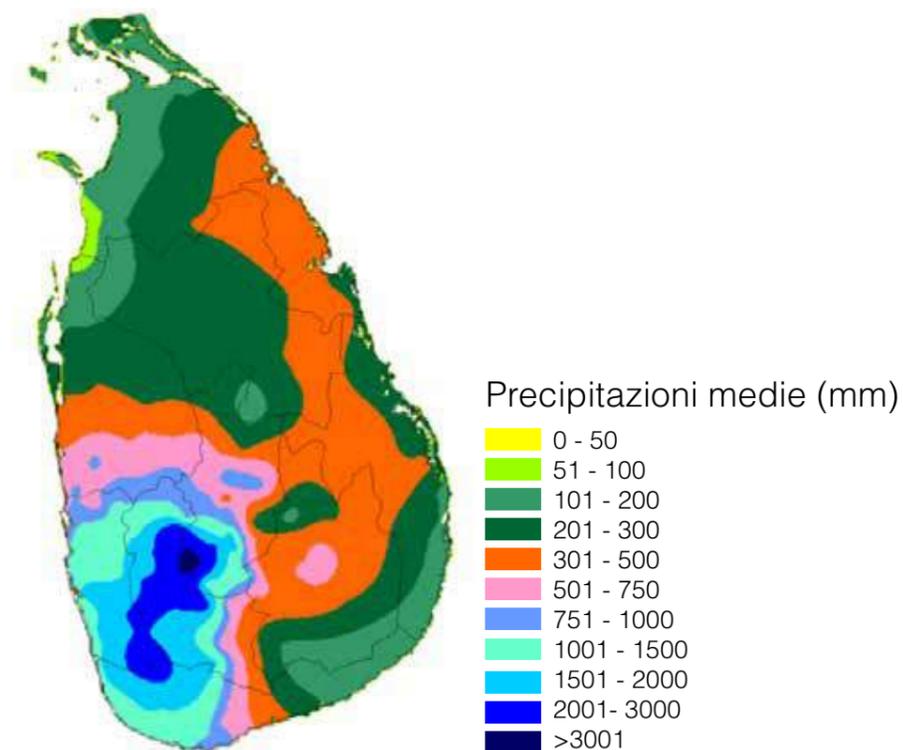
10- Andamento delle precipitazioni e delle temperature nella prima stagione intermedia

dai 100 (penisola a nord) ai 250 mm (area sud-occidentale) di pioggia.

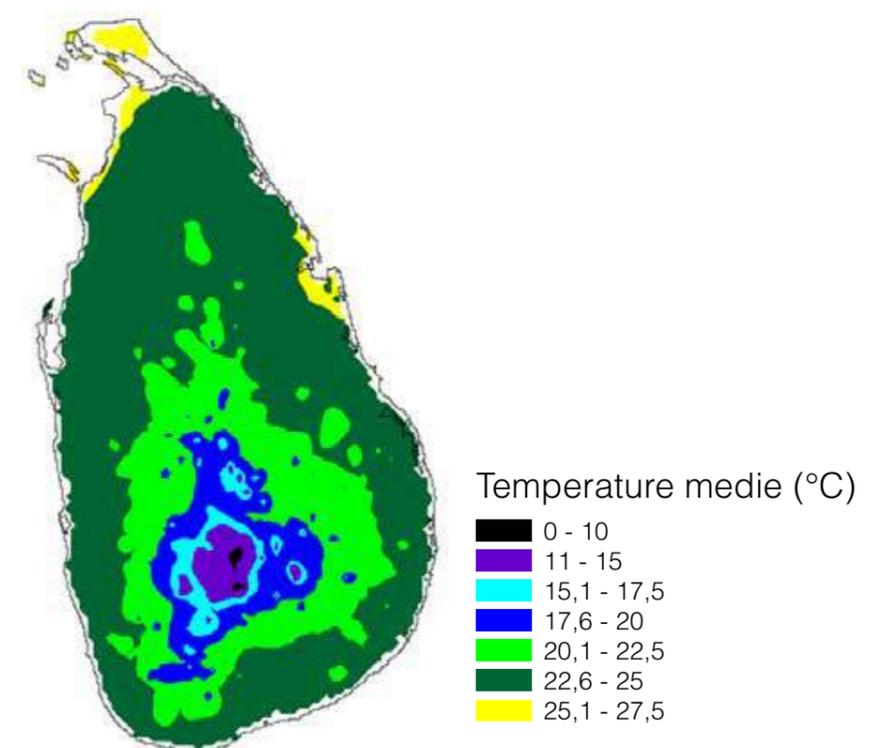
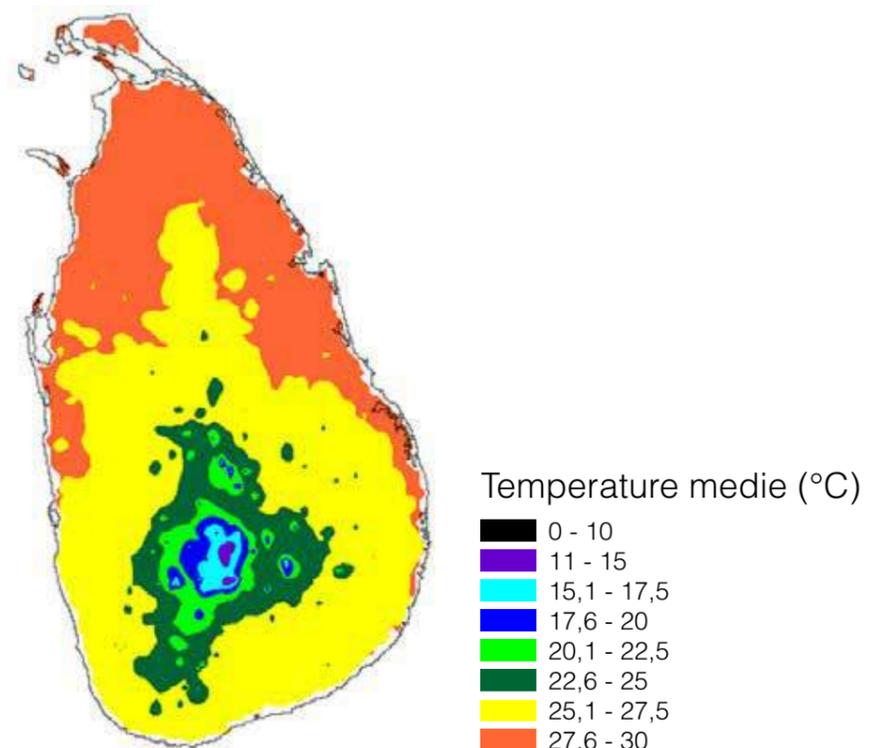
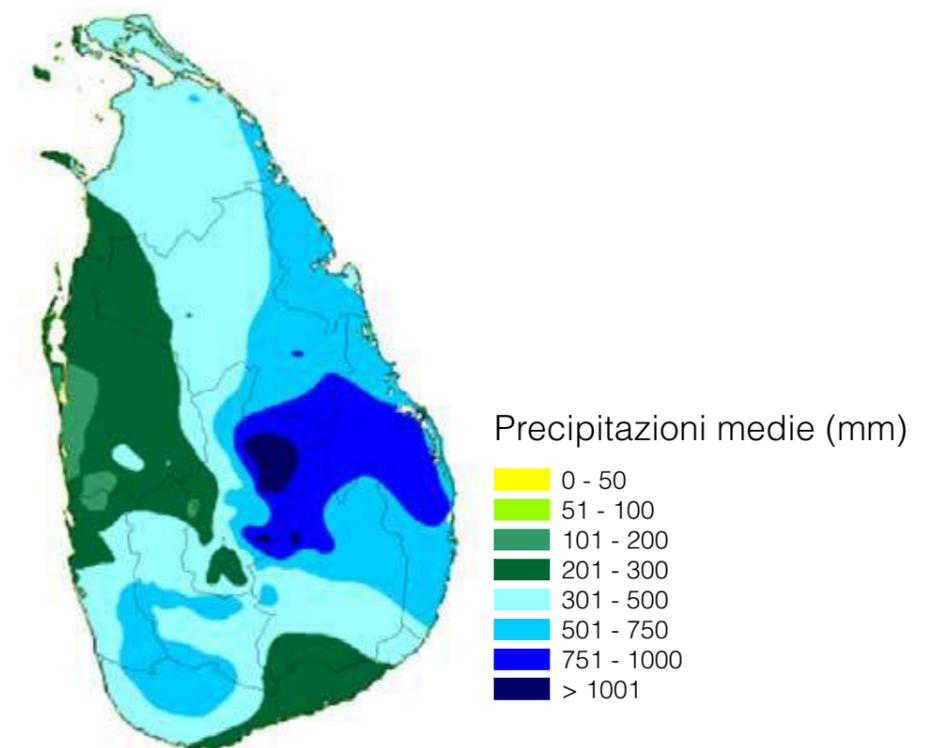
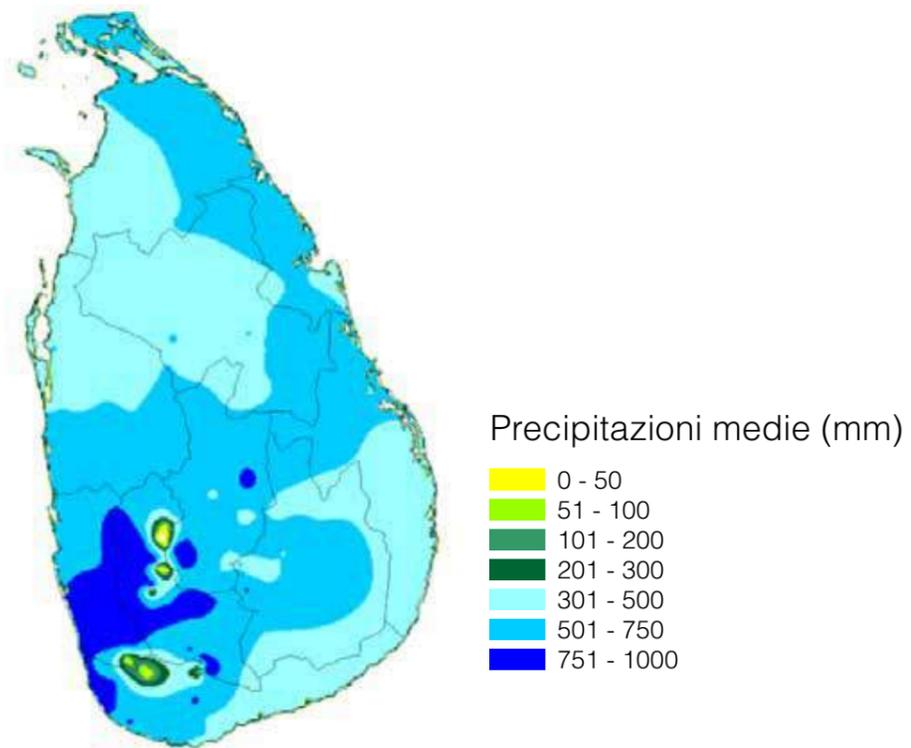
- **Stagione dei monsoni da sud-ovest**(11): questa stagione varia da maggio a settembre, è caratterizzata da temperature leggermente più basse ma con piogge più intense durante tutto l'arco della giornata e intermittenti nella parte sud-occidentale del paese. La quantità di precipitazioni nell'isola varia da 100 a 3000 mm. Le precipitazioni maggiori sono verso la metà altezza del versante occidentale e diminuiscono velocemente verso le zone montuose più alte. La variazione lungo la zona costiera a sud-ovest è meno rapida, con precipitazioni tra i 1000 mm e i 1600 mm. Valori più bassi si registrano nelle regioni del nord e del sud-est.

- **Seconda stagione monsonica intermedia**(12): da ottobre a novembre. Le depressioni e i cicloni nel Golfo del Bengala portano, in tutta l'isola, forti venti e piogge violente che, in alcuni casi, causano frane e inondazioni, a differenza della prima stagione intermedia. Le precipitazioni, distribuite in modo equilibrato nell'isola, raggiungono i 400 mm circa, ad eccezione del versante sud-ovest del massiccio centrale che riceve piogge dai 750 ai 1200 mm.

- **Stagione dei monsoni di nord-est**(13): quest'ultima stagione va da dicembre a febbraio. Il vento proveniente dall'India rende il clima fresco, ma più secco. In questo periodo il clima è gradevole e si registrano più giornate di sole. Le precipitazioni maggiori in questa stagione si hanno nel versante nord-est del massiccio centrale. I valori variano da un minimo di 180 ad un massimo di 1300 mm circa.



11- Andamento delle precipitazioni e delle temperature nella stagione dei monsoni sud-ovest



12- Andamento delle precipitazioni e delle temperature nella seconda stagione intermedia

13- Andamento delle precipitazioni e delle temperature nella stagione dei monsoni nord-est

1.6 Lo tsunami

Il 26 dicembre del 2004 un violento tsunami si abbatte sulle coste dello Sri Lanka, generato da uno dei più forti terremoti di sempre vicino alle coste dell'isola di Sumatra. La violenza di questo tsunami ha causato la devastazione delle zone costiere causando circa 41.000 morti e circa 1,5 milioni di sfollati. Con questi dati lo Sri Lanka risulta il secondo paese più colpito. L'evento ha anche causato la distruzione di circa 90.000 edifici²⁴. La ripresa è stata difficile, soprattutto a causa di eventi di impadronimento delle zone costiere, da parte di grandi investitori, per la maggior parte provenienti dalla Cina. Nel particolare, questi investitori hanno sottratto i terreni devastati lungo le coste ai piccoli proprietari per costruire grandi resort turistici.

1.7 L'architettura

Lo Sri Lanka, nonostante sia un'isola relativamente grande, ha vissuto lunghi periodi coloniali e diversi governi che hanno molto influenzato la sua cultura e soprattutto la sua architettura. Possiamo infatti distinguere sul territorio diverse tipologie di architettura in base al periodo storico.

Il buddhismo

Il Buddhismo è stato introdotto sull'isola nel 246 a.C. quando l'imperatore Asoka Moriya, dopo la sua conversione, iniziò a costruire monasteri. Circa 500 anni dopo, verso il 277 d.C, sotto il regno del re Mahasena, quando oramai il Buddhismo era la religione dell'isola, si iniziò la costruzione dello stupa più grande del mondo nella città sacra di Anuradhapur: il Jetavanaramaya (15). Questo gigante monumento che misura un'altezza di 122 m, un diametro di 112 m ed ha fondazioni profonde circa 8,5 m²⁵, è costruito interamente in mattoni.

La funzione principale dello stupa era quello di conservare reliquie e a livello simbolico è legato al corpo e la mente di Buddha. Ogni stupa ha quattro ingressi, perfettamente allineati ai 4 punti cardinali, ed al centro dei quali si trova la camera della reliqui. Inoltre, tutti gli stupa sono caratterizzati da alcuni elementi comuni (16) che possiamo individuare

²⁴ Wikipedia, disponibile a: https://it.wikipedia.org/wiki/Terremoto_e_maremoto_dell'Oceano_Indiano_del_2004

²⁵ Wikipedia, disponibile a: <https://en.wikipedia.org/wiki/Jetavanaramaya>



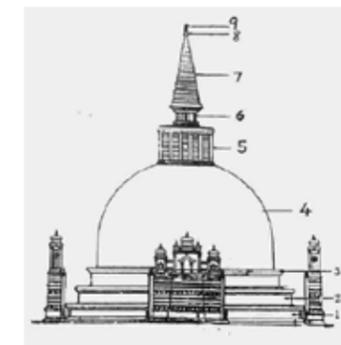
Numero di morti per distretto

□	0
□	1 - 2
□	3 - 50
□	n.n.
□	51 - 100
□	101 - 250
□	251 - 500
□	501 - 1000
□	1001 - 2000
□	2001 - 3001

14-Mappa dello Sri Lanka con indicazione delle zone colpite



15-Lo stupa Jetavanaramaya



Ogni stupa è composto da 9 elementi fondamentali:

- 1,2,3 - un basamento su tre livelli
- 4 - una cupola
- 5 - una camera quadrata
- 6 - base cilindrica
- 7 - torre a cono
- 8 - pinnacolo
- 9 - sfera.

16- I 9 elementi che caratterizzano gli stupa (Ranaweera, M.P., (2004), *Ancient stupas in Sri Lanka- Largest brick structures in the world*, CHS Newsletter No. 70, disponibile a: <http://www.stupa.org.nz/image/CHSPaper.pdf>)

in:

- un basamento su tre livelli;
- una cupola;
- una camera quadrata;
- una base cilindrica;
- una torre a cono;
- un pinnacolo;
- una sfera in sommità²⁶.

Sigiriya

Quello di Sigiriya è un grande sito archeologico risalente a V secolo d.C. e diventato patrimonio dell'umanità nel 1982²⁷. L'importanza di questo sito è data dall'incantevole connubio tra arte, architettura, pittura ed urbanistica. All'interno del sito sono conservati i resti di un antico palazzo reale, situato a 250 m di altezza. Tutto intorno al palazzo sorgono degli spettacolari giardini che sono la dimostrazione di una grandiosa padronanza di idraulica nella realizzazione di vere opere d'arte. In questi giardini hanno saputo mostrare l'amore per il pittoresco combinando e contrapponendo il lavoro dell'uomo sulla natura.

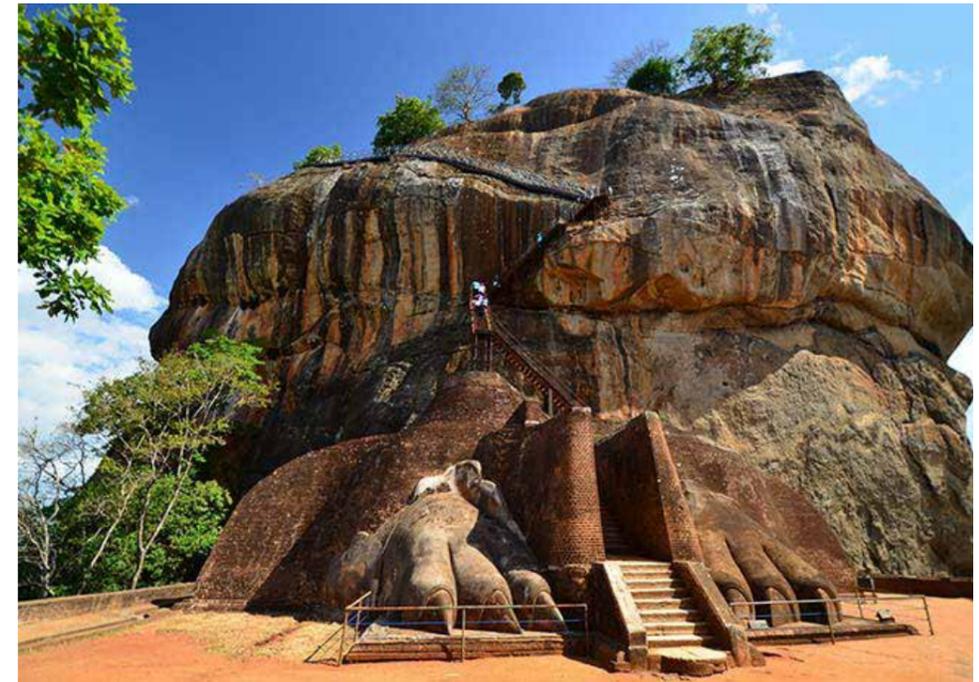
Polonnaruwa

Durante il V e il VI secolo tre grandi potenze Indù: i Pandyas, i Pallavas e i Cholas intrapreso una lunga battaglia per il controllo del sud India. Queste agitazioni ebbero profonde implicazioni per lo Sri Lanka e portarono ad un aumento dell'influenza indiana. I Singalesi, ad ogni modo, riuscirono a scongiurare gravi catastrofi alleandosi in momenti diversi con ognuna delle potenze straniere.

Nella prima metà dell'XI secolo i Cholas invasero lo Sri Lanka e si impadronirono del regno dei singalesi instaurando 60 anni di dominio straniero e provocando la fine del millennio di Anuradhapura. I nuovi comandanti spostarono la capitale 75 km verso sud-est da Anuradhapura a Polonnaruwa in quanto era più accessibile e meglio situata per controllare la ribelle provincia meridionale di Ruhunu.

²⁶ Ranaweera, M.P., (2004), *Ancient stupas in Sri Lanka- Largest brick structures in the world*, CHS Newsletter No. 70, disponibile a: <http://www.stupa.org.nz/imagine/CHSPaper.pdf>

²⁷ UNESCO, disponibile a: <http://whc.unesco.org/en/list/202>



17- Ingresso al palazzo di Sigiriya



18- Vista del palazzo di Sigiriya

Perseguitarono il buddismo, distrussero molti monasteri costruendo, di contro, nuovi santuari indù. Soltanto alla metà dell'XI secolo il re dei singalesi, Vijayabahu riuscì a farli ritornare in India e a ristabilire il primato del Buddismo.

La città di Polonnaruwa si sviluppò su un crinale di alture che dominavano una serie di canali di irrigazione alimentati dal fiume Amban Ganga. Durante il regno di Parakramabahu (1153-1186) questi piccoli canali si unirono per creare il mare di Parakramabahu e, con una superficie di circa 25 km², divenne il principale bacino dello Sri Lanka.

I Portoghesi

Il primo arrivo dei portoghesi nelle coste dello Sri Lanka fu nel 1505. L'obiettivo principale era quello di sfidare la dominazione araba nell'oceano indiano, controllare il commercio delle spezie e promuovere la religione cattolica. I portoghesi divennero così una forza dominante negli affari dello Sri Lanka al 1648 quando furono scacciati definitivamente dagli Olandesi.

Gli Olandesi

Stabilirono la loro base principale nella moderna Jakarta.

Come i portoghesi, anche loro fallirono nel tentativo di conquistare l'intera isola ma, governarono la maggior parte delle zone costiere.

Gli Inglesi

Gli inglesi spodestarono definitivamente gli olandesi da Ceylon nel 1796, dopo una breve campagna militare. Dopo essersi assicurati le regioni costiere, iniziarono ad estendere la loro influenza anche nelle zone interne; infatti furono la prima potenza ad occupare Kandy nel 1815 e a controllare l'intera isola. A differenza degli Olandesi, i Britannici non erano interessati soltanto al commercio ma realizzarono un sistema di piantagioni che trasformò l'intero scenario dello Sri Lanka. Con riferimento alla costruzione degli edifici pubblici, gli inglesi ruppero con le tradizioni olandesi e portoghesi, adottando un forte stile neo-classico per esprimere la loro potenza imperiale. Nella capitale Colombo, la maggior parte degli edifici pubblici furono costruiti in stile Palladiano,

con colonne e portici di stucco bianco, verande e finestre veneziane. Solo negli ultimi anni del dominio britannico, gli architetti iniziarono ad imitare i nuovi stili moderni dell'Europa interbellica e durante gli anni '30 le case in stile Art Decò o moderne divennero di moda. Per quello che riguarda l'architettura domestica, le costruzioni con cortili interni si sostituirono a compatti bungalows immersi in rigogliosi giardini. La trasformazione dello Sri Lanka durante il 19° sec. fu accompagnata da una grande accelerazione dell'urbanizzazione: villaggi di campagna divennero città di commercio e le città si trasformarono in centri regionali. Colombo iniziò ad allargarsi ben oltre i confini del forte olandese e di Pettah.

Architettura tropicale

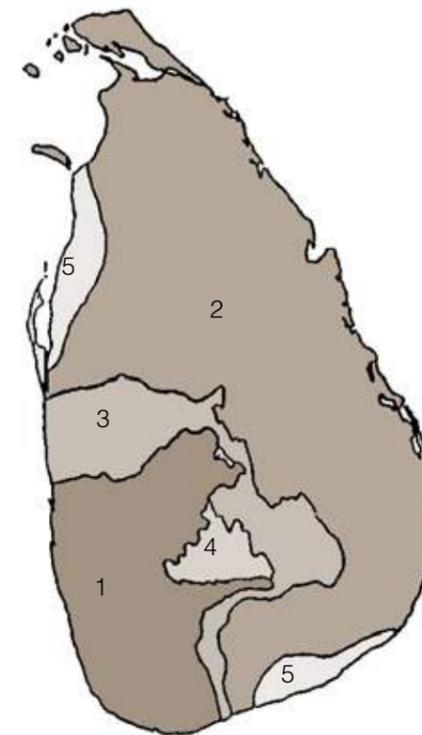
Il termine 'architettura tropicale' è generalmente utilizzato per definire l'architettura delle zone caldo-umide; in senso stretto il termine tropicale identifica l'area tra il tropico del Capricorno e quello del Cancro, che copre più del 40% della superficie terrestre. Questa definizione implica il profondo coinvolgimento dell'aspetto climatico e geografico nelle strutture architettoniche. L'isola dello Sri Lanka si trova al centro della vasta zona che può essere geograficamente definita come 'Asia Tropicale' e allo stesso tempo all'interno di un'area più circoscritta ma meno definita che abbraccia l'equatore e si estende attraverso l'Oceano Indiano: definita 'Monsoon Asia', in cui le stagioni sono determinate dai venti monsonici. Oltre allo Sri Lanka, fanno parte dell'Asia monsonica anche paesi quali Malesia, Indonesia, le zone meridionali dell'India, Birmania, Thailandia, Cambogia e Vietnam. La parte di oceano che collega questi paesi è stato definito come la 'Spice Road of the Sea', area di condivisione di storie legate al commercio, credi religiosi ed egemonie coloniali. I paesi dell'Asia monsonica condividono lo stesso clima, la stessa vegetazione e la stessa topografia ma, ciascuna ha sviluppato una personale tradizione architettonica influenzata anche dal periodo coloniale che ha contribuito a caratterizzare l'architettura di ogni singolo paese. L'architettura tropicale coloniale fu imposta alle popolazioni, le costruzioni si ispiravano alla moda e ai gusti europei con occasionali riferimenti agli stili locali. Esempi di architettura

moderna iniziarono a comparire nel subcontinente indiano negli anni '30 principalmente sottoforma di bungalow ed edifici commerciali in stile Art Decò, sebbene solo dopo l'indipendenza i grandi progetti pubblici modernisti si diffusero maggiormente.

1.8 Il bambù

Informazioni e tabelle presenti in questo capitolo sono state reperite da: Ministry of Forestry, Watershed Management, Sampathpaya, Battaramula, Colombo, Bamboo resources and utilization in Sri Lanka - Dayananda Kariyawasam, disponibile a: http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/Web_version/572/ch31.htm

Il bambù è uno dei più antichi materiali utilizzati dall'uomo, soprattutto nelle zone con clima tropicale. Questo largo uso è dovuto alle tante proprietà del materiale quali ad esempio la sua leggerezza, resistenza e flessibilità. L'uso del bambù andava da utensili per la cucina o cesti fino alla costruzione di case e ponti. Con i moderni sistemi di preservazione si è poi prolungata la durabilità del materiale ed il suo uso si è ancora più diffuso. Nello Sri Lanka Soderstrom ed Ellis (due botanici) nel 1988, hanno individuato 17 specie di bambù, dieci delle quali endemiche. Le varie specie sono riportate nella tabella 1. Le differenti specie di pianta sono sparse per tutto il territorio dell'isola ma, delle 10 native, 7 si trovano nella zona delle colline e del massiccio centrale, due nella zona secca, lungo le rive dei fiumi, e una nella zona umida, come illustrato nella mappa a fianco. Nel 1991, su informazione data dal dipartimento delle foreste dello Sri Lanka, l'estensione totale di foreste di bambù ammontava a 2666 ettari. Il dato attuale non è stato reperito. Alcune famiglie dell'isola riescono a sostenersi grazie all'economia del bambù in quanto, è la materia prima per la realizzazione di prodotti artigianali e, in alcuni casi, anche di abitazioni ed altre costruzioni. Nonostante ci sia una larga disponibilità di bambù sull'isola, questa risorsa è sicuramente inferiore rispetto agli altri paesi del sud-est asiatico ma, resta comunque il materiale più utilizzato nel paese sin dai tempi antichi. Le specie endemiche non sono molto adatte all'uso strutturale a causa delle loro dimensioni ridotte ma, ci sono tra le specie importate il *Dendrocalamus Giganteus* ed il *Bambusa Vulgaris* che invece sono perfette per questi scopi. Queste specie raggiungono diametri ed altezze



Zone climatiche:

- 1- Zona umida
- 2- Zona secca
- 3- Zona intermedia
- 4- Zona montana
- 5- Zona arida

Specie bambù strutturale:

- Zona 1 - *Dendrocalamus Giganteus*
- Zona 2,3 - *Bambusa Bambos*
- Zona 2 - *Dendrocalamus Strictus*
- Zona 3 - *Dendrocalamus Asper*

19- Zone climatiche e localizzazione delle principali specie

Specie
Nativo
<i>Arundinaria densifolia</i>
<i>A. debilis</i>
<i>A. scandens</i>
<i>A. floribunda</i>
<i>A. walkeriyana</i>
<i>Pseudoxytenanthera monadelphica</i>
<i>Davidsea attenuate</i>
<i>Ochlandra stridula</i> Syn. <i>O. talboti</i>
<i>Dendrocalamus cinctus</i>
<i>Bambusa bambos</i>
Introdotta
<i>Bambusa vulgaris</i>
<i>Bambusa multiplex</i>
<i>Dendrocalamus giganteus</i>
<i>Dendrocalamus membranaceus</i>
<i>Dendrocalamus asper</i>
<i>Dendrocalamus strictus</i>
<i>Thyrsostachys siamensis</i> Syn. <i>T. regia</i>

Tabella 1

spropositate, con delle screscite giornaliere pazzesche, mediamente 30 cm al giorno ²⁸(registrate per il *Bambusa Bamboos*, specie simile al *Bambusa Vulgaris*). Il *Dendrocalamus Giganteus* può raggiungere altezze di 24-60 m con diametri che variano dai 10-20 cm²⁹ mentre il *Bambusa Vulgaris* raggiunge altezze di 20 m con diametri fino a 12 cm³⁰. Nella tabella 2 è possibile vedere tutti le diverse specie presenti sul territorio ed i loro principali usi. Il continuo aumento di domanda di *Bambusa Vulgaris* e del *Dendrocalamus Giganteus* ma la scarsità di offerta, a causa della mancanza di vere e proprie piantagioni, ha portato ad un forte aumento dei prezzi dei culmi: si è passati da 30 Rupie nel 1988-89 a 80 Rupie agli inizi del 1995. Proprio per far fronte a questa problematica ed aumentare la disponibilità di offerta di bambù nel paese, il Ministero dell'industria e del Commercio dello Sri Lanka ha lanciato il programma chiamato *UNIDO's first Lankan bamboo industry initiative*, nel 2012, un programma della durata di 7 anni e che prevede uno stanziamento di 24 mln di dollari e disponibile solo per le famiglie che vivono in zone rurali e che raccolgono il bambù dalle rive dei fiumi e dalle campagne. Questa iniziativa prevede la coltivazione di bambù su circa 10.000 ettari di terreno sparsi per le varie zone rurali con lo scopo di:

- aumentare la disponibilità di offerta di bambù;
- aumentare il livello di occupazione, sia diretta che indiretta, nei piccoli villaggi per cercare di dare loro possibilità di economica;
- rendere competitiva l'economia del bambù dello Sri Lanka a livello internazionale³¹.

Infatti, la domanda di bambù (come combustibile, per manufatti o nel settore edile per costruzioni ed arredi), a livello mondiale, è sempre in aumento ed al momento la Cina è il maggiore esportatore nel mondo.

28 P. Shanmughavel, K. Francis (1996), "Above ground biomass production and nutrient distribution in growing bamboo (*Bambusa bambos* (L.) Voss)", in *Biomass and Bio-energy*, Vol. 10, pp. 383-391, disponibile a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0961953495001247>

29 Laverde Cárdenas, M.(2008), "Specie di bambù adatte alla costruzione", in *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 215

30 Laverde Cárdenas, M.(2008), "Specie di bambù adatte alla costruzione", in *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 214

31 Ministry of Industry and Commerce, disponibile a: http://www.industry.gov.lk/web/index.php?option=com_content&view=article&id=176%3Aunidos-first-lankan-bamboo-industry-initiative&catid=44%3Aindustry-events&Itemid=194&lang=en

Specie	Utilizzi
Native	
Bambusa Bamboos	Ponti; scale; foglie di paglia
Ochlandra stridula	scatole; ventilatori; flauti; persiane; cestini per il tè
Arundinaria densifolia	-
A. debilis	-
A. scandens	-
A. floribunda	-
A. walkeriana	-
Pseudoxytenanthera monodelpha	cesti, cesti di frutta & verdura
Davidsea attenuata	cesti, cesti di frutta & verdura
Dendrocalamus strictus	-
Introdotte	
Bambusa multiplex	Ornamenti
Bambusa vulgaris	pareti; ponti; ponteggi; rivestimenti per pavimenti; recinzioni; scalette
Dendrocalamus Asper	Usi multipli
D. giganteus	Ponti; telai della casa; pareti; scale; copertura del pavimento; ponteggi; candelabri; vasi
D. membranaceus	Usi multipli
D. strictus	cornici; pali della tenda; cemento armato; pareti; ponteggi; recinzioni; tappeti; paglia (foglie)

Tabella 2



20- Dendrocalamus Giganteus



21- Bambusa Vulgaris

Capitolo 2

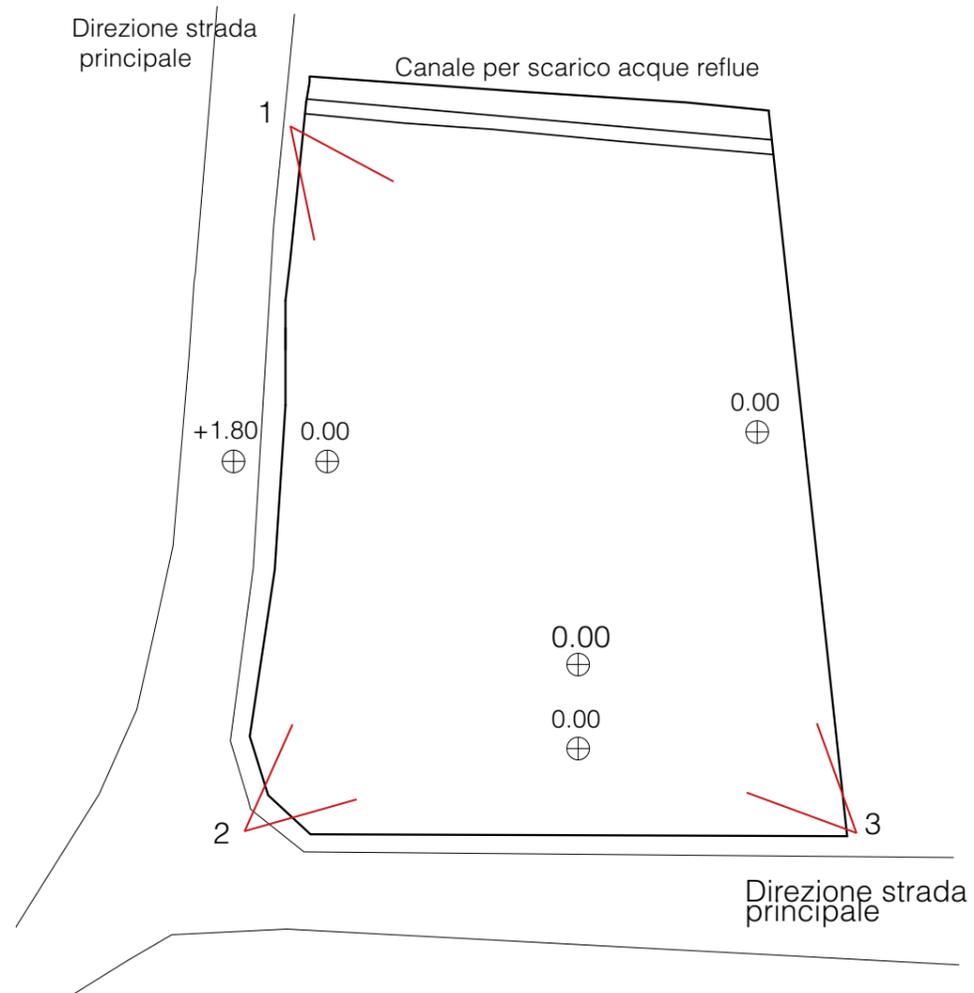
IL BRIEF

2.1 Localizzazione e norme igieniche

La fabbrica per la lavorazione delle spezie che verrà trattata in questa tesi è un progetto proposto dal Ministero dello Sviluppo Industriale dello Sri Lanka. Lo studio ArCò di Milano è stato incaricato di revisionare il progetto preliminare, per apportare miglioramenti alla progettazione, e supervisionare i lavori di realizzazione. L'edificio ad oggi risulta realizzato. Il lotto indicato dal Ministero per la Spice Unit è collocato lungo la strada di collegamento tra Monaragala e Buttala, un'arteria principale che collega anche con la città di Colombo, a circa 1,5 Km a nord-est della città di Buttala (coordinate: 6.772254 N, 81.264271 E). Il lotto scelto misura approssimativamente 3450 m², si trova ad una altitudine di circa 200 m slm ed è posizionato lungo un terreno con una pendenza del 5% circa. Rispetto alla quota stradale, su due lati, risulta a -1,8 m. A sud-est, è delimitato dalle alte rocce della riserva forestale di Rahatankanda mentre, a nord-ovest, è presente la riserva forestale di Katugaha-Galge. Queste montagne raggiungono picchi anche di 1500 m slm. La zona in cui sorgerà l'edificio risulta in parte sviluppata infatti, nelle vicinanze sono presenti una fabbrica di abbigliamento e diverse altre piccole industrie. Uno dei requisiti principali per la progettazione di questo edificio è il costo. Questo infatti deve essere il più contenuto possibile altrimenti, saranno necessari troppi anni per l'ammortamento della spesa iniziale e tutto ciò non è conforme con lo scopo della fabbrica, che è quello di cercare di fare sviluppare la piccola economia locale nel breve periodo. Le spezie lavorate nello stabilimento saranno pepe, curcuma e zenzero



1- Individuazione del lotto rispetto alla città



Vista dal punto 1



Vista dal punto 2



Vista dal punto 3



2- Planimetria del lotto e viste

e per poterle esportare a livello internazionale, ci sono alcune normative igieniche internazionali ed alcuni standard di cui bisogna tenere conto. Nello specifico sono:

- Codex Alimentarius: [...] è una raccolta di norme internazionali adottate dalla Commissione del Codex Alimentarius. Tale Organismo è stato creato nel 1962 da [...] FAO (Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura) e l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) con il compito di elaborare un corpo di norme relative a una disciplina uniforme, nei diversi Stati, sulla produzione ed il commercio dei prodotti alimentari, al fine di:

- facilitare gli scambi internazionali [...];
- garantire ai consumatori un prodotto sano e igienico, non adulterato oltre che correttamente presentato ed etichettato.

[...] Attualmente sono membri della Commissione del Codex Alimentarius 165 Paesi, che rappresentano più del 98% della popolazione mondiale¹.

I regolamenti del Codex Alimentarius che interessano il nostro caso studio sono di due e riguardano le norme generali per l'igiene alimentare e le norme specifiche per spezie e piante aromatiche essiccate e rispettivamente sono:

- 1 CAC/RCP 1-1969, Rev. 2 - 1985;
CAC/RCP 1-1969, Rev. 4 - 2003;
- 2 CAC/RCP 42 - 1995;
CAC/RCP 42 - 1995, Rev. 2014.

- Standard ISO 22000 "Food safety management systems-Requirements": non è un requisito obbligatorio ma è un importante punto di riferimento per certificare i sistemi di gestione della sicurezza in campo alimentare.

Gli obiettivi principali [...] sono:

- creare un sistema in grado di paragonare i differenti standard specifici riguardanti la sicurezza alimentare;
- fornire uno strumento per sviluppare il metodo HACCP in tutto il sistema produttivo del settore alimentare².

¹ Ministero delle Politiche Agricole e Forestali italiano, disponibile a http://www.otamolise.it/docs/normativa/normativa_alimentare/Codex%20Alimentar.pdf

² CSQA, disponibile a: <https://www.csqa.it/CSQA/Norme/Sicurezza-Alimentare/ISO-22000>

Questo standard è rivolto a tutto il processo produttivo della catena alimentare, dalle aziende agricole ai supermercati, rivenditori al dettaglio e all'ingrosso, dalle aziende di trasporto a quelle fornitrici di prodotti per la pulizia e sanificazione.

L'utilizzo di questo sistema permette:

- una comunicazione interattiva, tra l'azienda interessata e i diversi attori a monte e a valle della catena di fornitura;
- un sistema di gestione aziendale;
- il controllo del processo produttivo;
- la metodologia HACCP, applicata secondo quanto previsto dal Codex Alimentarius, con particolare attenzione rivolta all'analisi dei pericoli che diventa strumento guida per la politica di sicurezza alimentare aziendale;
- La gestione dei pericoli per la sicurezza igienica tramite misure di controllo operative⁽²⁾.

- HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point): è una certificazione del rispetto delle norme, nazionali e internazionali, in campo di igiene alimentare.

L'obiettivo principale è istituire un sistema documentato con cui l'impresa sia in grado di dimostrare di aver operato in modo da minimizzare il rischio. I principi su cui si basa l'elaborazione di un piano HACCP sono 7:

- 1) identificare ogni pericolo da prevenire, eliminare o ridurre;
- 2) identificare i punti critici di controllo (CCP - Critical Control Points) nelle fasi in cui è possibile prevenire, eliminare o ridurre un rischio;
- 3) stabilire, per questi punti critici di controllo, i limiti critici che differenziano l'accettabilità dalla inaccettabilità;
- 4) stabilire e applicare procedure di sorveglianza efficaci nei punti critici di controllo;
- 5) stabilire azioni correttive se un punto critico non risulta sotto controllo;
- 6) stabilire le procedure da applicare regolarmente per verificare l'effettivo funzionamento delle misure adottate;
- 7) predisporre documenti e registrazioni adeguati alla natura e alle dimensioni dell'impresa alimentare³.

3 Ministero della Salute italiano, disponibile a: <http://www.salute.gov.it/portale/te->

Questa certificazione va di pari passo insieme al Codex Alimentarius ed allo Standard ISO 22000 che, se rispettati, garantiscono la sicurezza alimentare dei prodotti presenti sul mercato, a livello internazionale.

- GMP (Good manufacturing practices): costituiscono un insieme di regole e procedure che dettano le linee guida alla base della produzione di «farmaci, cibi e sostanze farmacologicamente attive⁴». Il sistema GMP garantisce al consumatore che alimenti e farmaci vengono prodotti e controllati rispettando determinati requisiti qualitativi e «consente alle aziende di ridurre al minimo o eliminare i casi di contaminazione. GMP copre tutti gli aspetti della produzione dai materiali di partenza, ai locali e attrezzature per la formazione e l'igiene personale del personale⁵». Nello stabilimento devono essere presenti sistemi che documentino, per ogni fase del processo e per ogni prodotto, le corrette procedure di lavorazione. Queste leggi sono promosse dalla US Food and Drug Administration.

2.2 Ciclo di lavorazione

Come per tutti i prodotti alimentari, anche le spezie necessitano di determinati processi produttivi prima di essere introdotte sul mercato. Se volessimo riassumere tutto il ciclo in 5 macro fasi, potremmo suddividerle in:

- Lavorazione a umido;
- Essiccazione;
- Lavorazione a secco;
- Controllo qualità;
- Stoccaggio.

Queste macro fasi accomunano pepe, curcuma e zenzero anche se, ognuna di loro necessita di fasi specifiche. Risulta quindi utile identificare i diversi cicli di lavorazione, come sotto riportato:

mi/2_6.p?id=1225&area=sicurezzaAlimentare&menu=igiene

4 ISPE, Connecting Pharmaceutical Knowledge, disponibile a <http://www.ispe.org/gmp-resources>

5 ISPE, Connecting Pharmaceutical Knowledge, disponibile a <http://www.ispe.org/gmp-resources>

PEPE:

Arrivo delle bacche verdi nello stabilimento;

Fasi ad umido:

- Deposito del pepe in appositi magazzini è pesatura: la materia prima che non viene subito lavorata e depositata nel magazzino;
- Controllo iniziale a mano;
- Setacciatura: i grani del pepe vengono setacciati in appositi macchinari per separarli da eventuali altri corpi estranei prima di iniziare la lavorazione vera e propria;
- Sbollentatura: il materiale viene messo in vasche con acqua bollente per il lavaggio e per la preparazione all'essiccazione;

Essiccazione solare: dura alcuni giorni ed è necessaria per ridurre il più possibile l'umidità dai grani che, essiccandosi, anneriscono e prendono il nome di pepe nero.

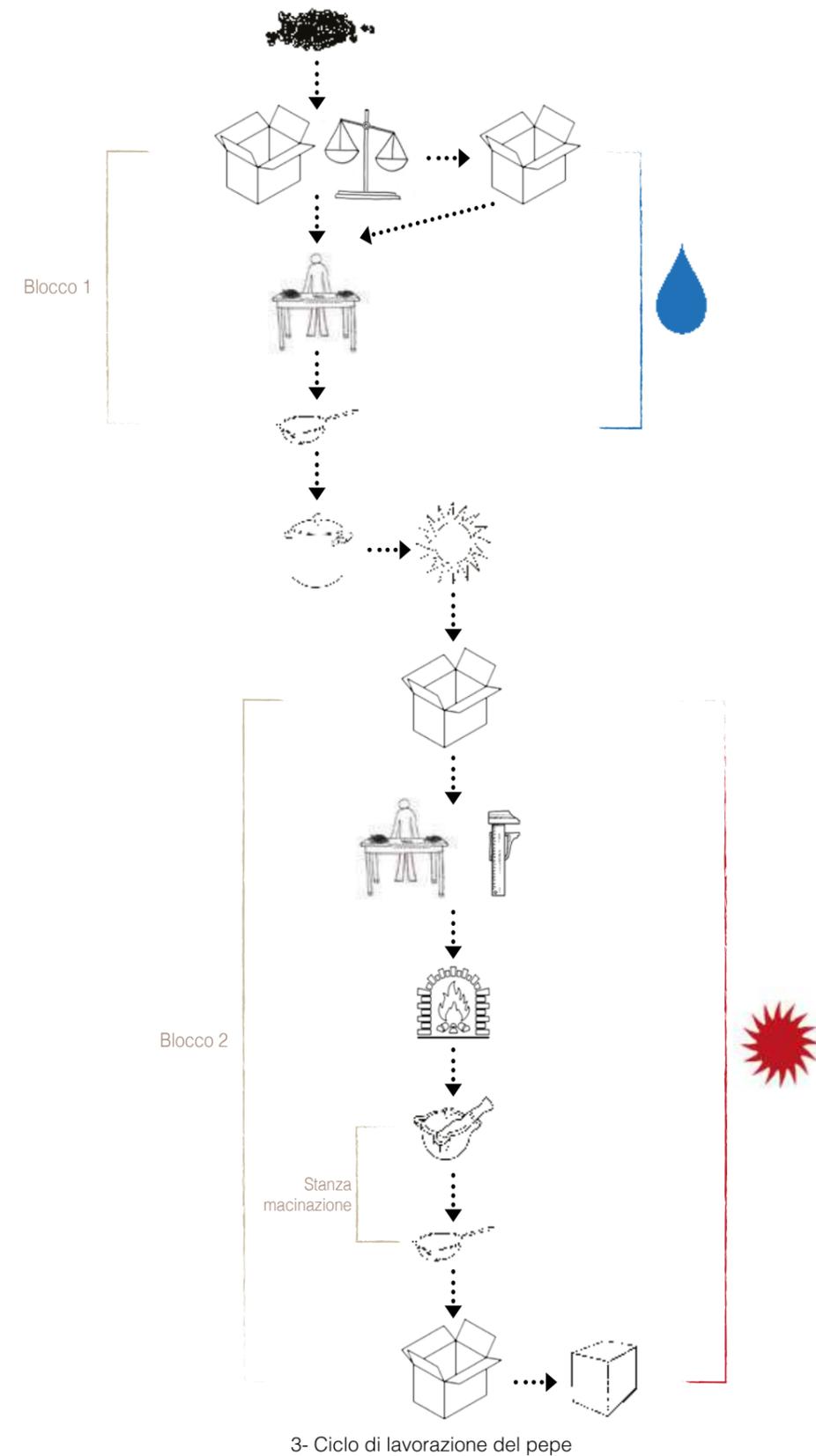
Fasi a secco

- Classificazione e controllo qualità: i grani vengono classificati, in base alla loro dimensione, da una apposito macchinario e poi smistati a mano;
- Essiccazione finale: in forni a legna;
- Macinazione: riduzione in polvere dei grani di pepe;
- Setacciatura;
- Confezionamento: il prodotto lavorato viene confezionato da una macchina e poi imballato a mano;
- Magazzino: il pepe confezionato viene depositato in magazzino, pronto per essere portato sul mercato.

Le fasi ad umido saranno tutte collocate vicine e all'interno del blocco 1 mentre tutte le fasi a secco dovranno essere collocate all'interno del blocco 2.

CURCUMA:

Arrivo delle radici di curcuma non lavate nello stabilimento;



Fasi ad umido

- Deposito della curcuma in appositi magazzini e pesatura: la materia prima che non viene subito lavorata è depositata nel magazzino;
- Controllo iniziale a mano;
- Lavaggio: le radici vengono lavate per rimuovere la terra, prima della lavorazione;
- Taglio: le radici sono tagliate in “bastoncini” e, se necessario, a fette con apposite macchine;
- Cottura: avviene ponendo il materiale in vasche con acqua bollente (come per il pepe) o in specifiche stufe a legna, per la preparazione all’essiccazione;

Essiccazione solare: necessaria per ridurre il più possibile l’umidità dalle radici per la polverizzazione.

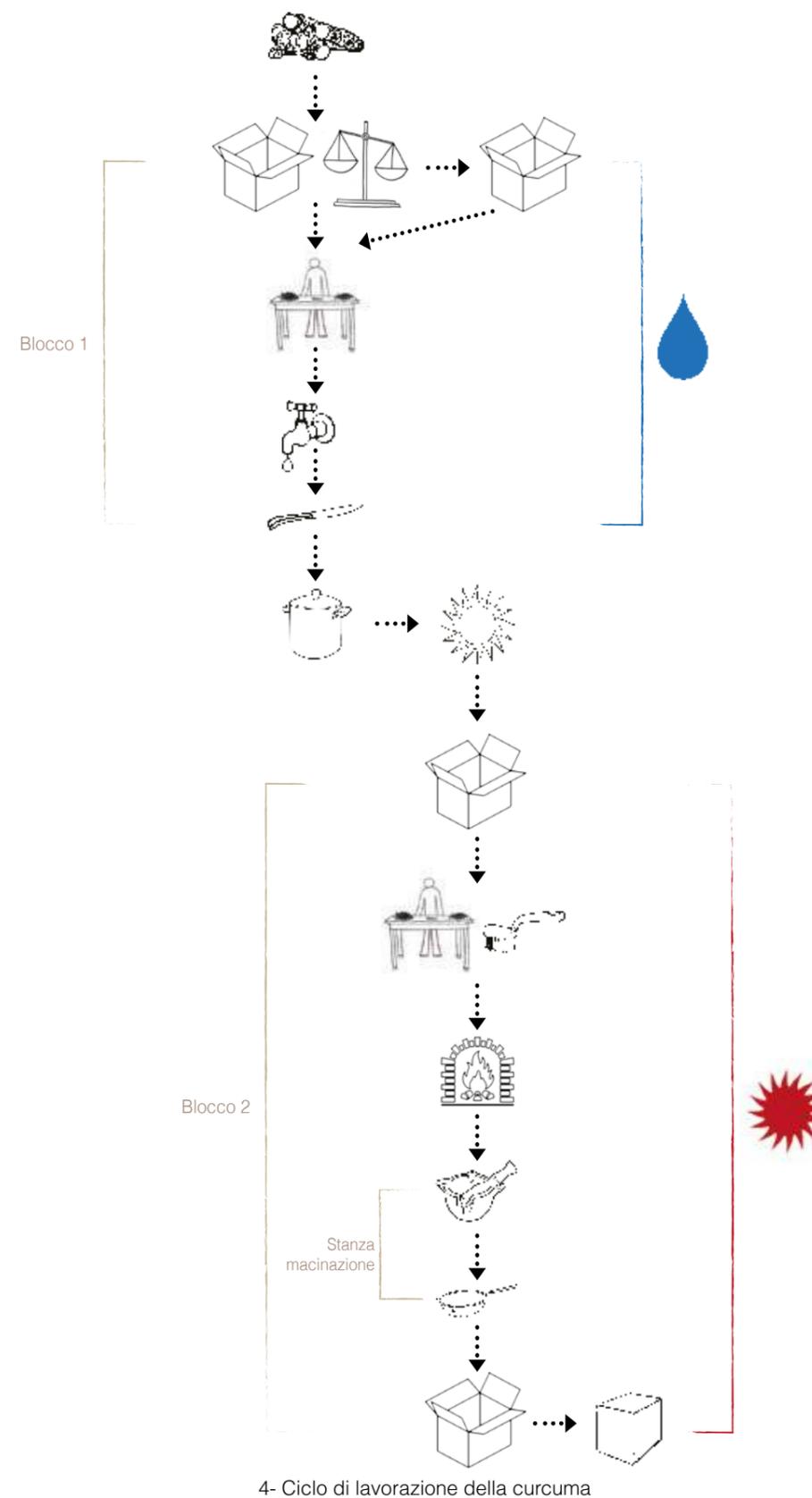
Fasi a secco:

- Spazzolatura e controllo qualità: le radici lavate ed essiccate vengono spazzolate da una macchina apposita, in modo da essere ripulite perfettamente da corpi estranei prima dell’essiccazione in forno e della macinazione, e poi smistate a mano;
- Essiccazione finale: in forni a legna;
- Macinazione: riduzione in polvere delle radici di curcuma;
- Setacciatura;
- Confezionamento: il prodotto lavorato viene confezionato da una macchina e poi imballato a mano;
- Magazzino: la curcuma confezionata viene depositato in magazzino, pronta per essere portata sul mercato.

Le fasi ad umido saranno tutte collocate vicine e all’interno del blocco 1 mentre tutte le fasi a secco dovranno essere collocate all’interno del blocco 2.

ZENZERO:

Arrivo delle radici di zenzero non lavate nello stabilimento;



Fasi ad umido

- Deposito dello zenzero in appositi magazzini e pesatura la materia prima che non viene subito lavorata è depositata nel magazzino;
- Controllo iniziale a mano;
- Lavaggio: le radici vengono lavate per rimuovere la terra, prima della lavorazione;
- Taglio: le radici sono tagliate in "bastoncini" e, se necessario, a fette con apposite macchine;

Essiccazione solare: necessaria per ridurre il più possibile l'umidità dalle radici per la polverizzazione.

Fasi a secco

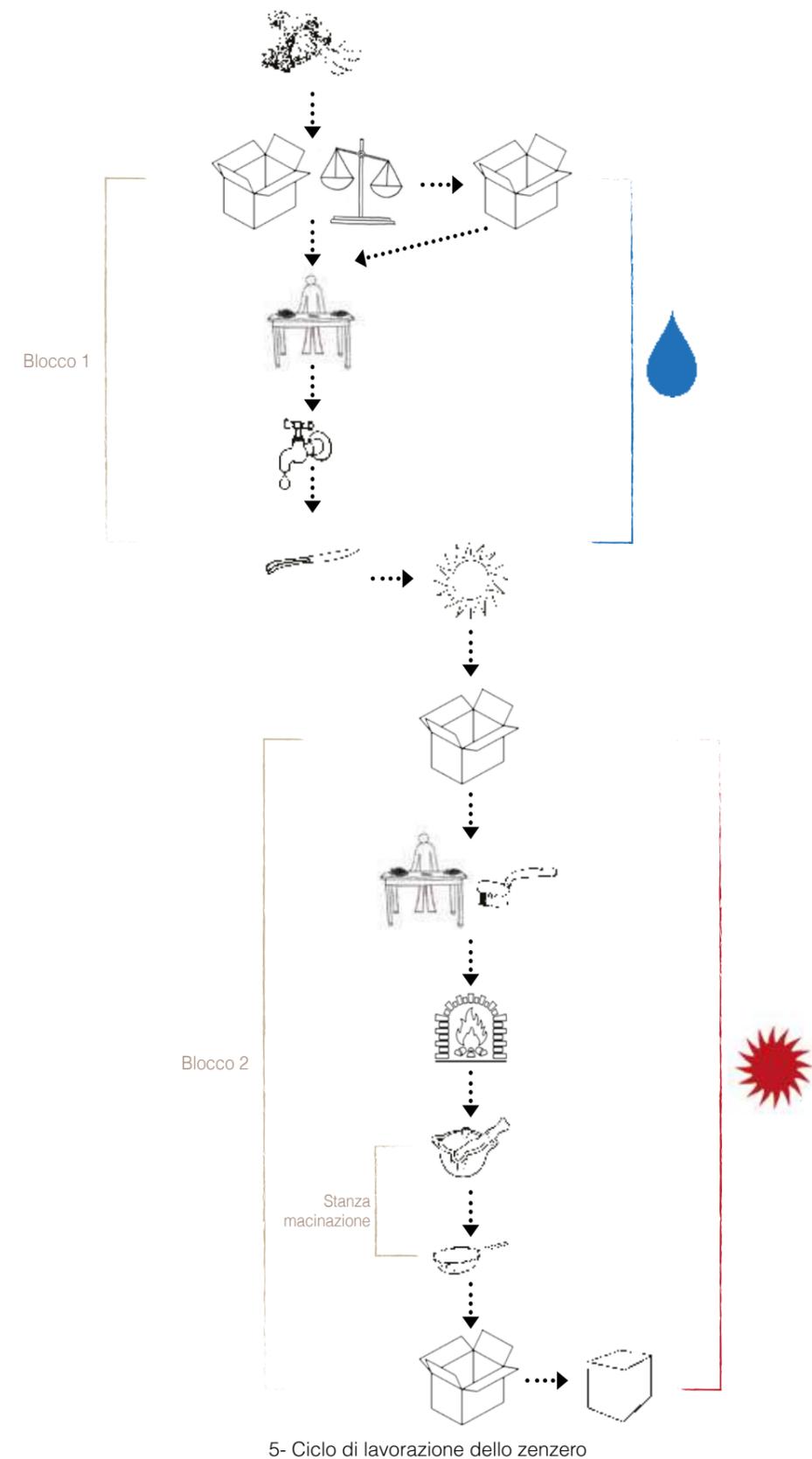
- Spazzolatura e controllo qualità: le radici lavate ed essiccate vengono spazzolate da una macchina apposita, in modo da essere ripulite perfettamente da corpi estranei prima dell'essiccazione in forno e della macinazione, e poi smistate a mano;
- Essiccazione finale: in forni a legna;
- Macinazione: riduzione in polvere delle radici di zenzero;
- Setacciatura;
- Confezionamento: il prodotto lavorato viene confezionato da una macchina e poi imballato a mano;
- Magazzino: lo zenzero confezionato viene depositato in magazzino, pronto per essere portato sul mercato.

Le fasi ad umido saranno tutte collocate vicine e all'interno del blocco 1 mentre tutte le fasi a secco dovranno essere collocate all'interno del blocco 2.

2.3 Ambienti e disposizioni spaziali

Le fasi di lavorazione richiedono ambienti specifici e precise disposizioni spaziali da rispettare, per assicurare il corretto funzionamento dello stabilimento, la salute dei lavoratori ed i requisiti igienici previsti dalle norme precedentemente citate.

Come visto sopra, bisogna fare una prima distinzione tra processi di lavorazione ad umido ed a secco, divisi rispettivamente nei blocchi 1



e 2. Tra questi due blocchi sarà collocato lo spazio per la cottura di pepe e curcuma, l'essiccazione solare e un blocco 3, dove saranno collocati gli ambienti ad uso degli operai ed impiegati, tra cui i servizi igienici. Gli spazi di produzione interna dovranno essere sviluppati su una superficie di circa 325 m² e il sistema metrico di riferimento sarà il pollice (2,54 cm).

BLOCCO 1

Gate 2: ingresso dei veicoli con le materie prime grezze.

Gli ambienti di questo blocco saranno collocati all'esterno dell'edificio e divisi in 3 stanze:

- Stanza 1

Reception: in questa zona le materie prime grezze verranno depositate e pesate;

- Stanza 2

Deposito: le materie prime che non verranno subito lavorate saranno stoccate in questi spazi per alcuni giorni;

- Stanza 3

Lavorazione: in questo ambiente saranno collocati i macchinari di:

- Lavaggio di zenzero e curcuma,
- Riduzione in bastoncini e affettatrice delle radici di zenzero e curcuma;
- Trebbiatrice del pepe;
- Setacciatura dei grani di pepe;
- Tavolo per il controllo qualità.

Alla fine di questi processi lo zenzero sarà trasferito negli essiccatori solari mentre il pepe e la curcuma dovranno prima essere cotti.

COTTURA

Questo spazio sarà collocato all'esterno, vicino ai tunnel per l'essiccazione solare. Oltre alle vasche per la cottura del pepe, in questo ambiente dovranno essere posizionate anche le stufe a legna per la cottura della curcuma e un deposito per la legna.

ESSICCATORI SOLARI

Inizialmente verranno costruiti due tunnel per l'essiccazione solare, affiancati a spazi per l'essiccazione a terra, costituiti da una soletta

in cemento sulla quale verranno poggiate delle stuoie. Le spezie da essiccare saranno posate su queste stuoie.

BLOCCO 2

Gli ambienti di questo blocco saranno collocati all'interno dell'edificio e divisi in 8 stanze:

- Stanza 1

Reception: qui arriveranno i prodotti essiccati;

- Stanza 2

Deposito: le materie prime che non verranno subito lavorate saranno stoccate in questi spazi per alcuni giorni;

- Stanza 3

Spogliatoio: si accede agli ambienti interni di lavorazione da questa stanza. Qui saranno collocati un lavabo e appositi armadietti per il deposito di disinfettanti, cappelli, calzature e grembiuli per l'accesso in fabbrica.

- Stanza 4

Lavorazione: in questo ambiente saranno collocati i macchinari di:

- Classificatore ad aria del pepe;
- Spazzolatrice per curcuma;
- Tavolo da lavorazione/smistamento.

- Stanza 5

Essiccazione artificiale: in questo ambiente saranno collocati:

- Forni a legna;
- Vassoi per l'asciugatura delle spezie;
- Deposito per la legna;

Questa stanza dovrà essere progettata in modo da posizionare due vassoi e due stufe a legna in entrambi i lati.

- Stanza 6

Macinazione: qui verranno collocati i macchinari per:

- Polverizzazione (con doppio macinino);
- Setacciatura.

- Stanza 7

Imballaggio: in questa stanza saranno posizionati:

- 2 Tavoli da imballaggio in acciaio con sgabelli;

- Macchinario sigillante a caldo e una confezionatrice sottovuoto;
- Bilancia digitale;
- Deposito per la vendita al dettaglio.

- Stanza 8

Magazzino: qui verrà depositato il prodotto finito e pronto ad essere portato sul mercato. La capacità dovrà essere approssimativamente di 20 ton, quindi 40 m³ (1 ton di pepe in sacchi è uguale a 2m³) e gli scaffali non dovranno superare i 2,3 m. La dimensione minima necessaria per questo ambiente è 22,75 m².

Gate 1: uscita del prodotto finito dai magazzini.

BLOCCO 3

Questo blocco include tutti gli ambienti per gli operai e gli impiegati della fabbrica. Per rispettare i requisiti igienici per la lavorazione di prodotti alimentari, i servizi igienici devono essere separati dagli spazi di produzione e verranno collocati in questo blocco.

- Stanza 1

Mensa

- Stanza 2

Infermeria

- Stanza 3

Servizi igienici separati per uomini, donne e impiegati.

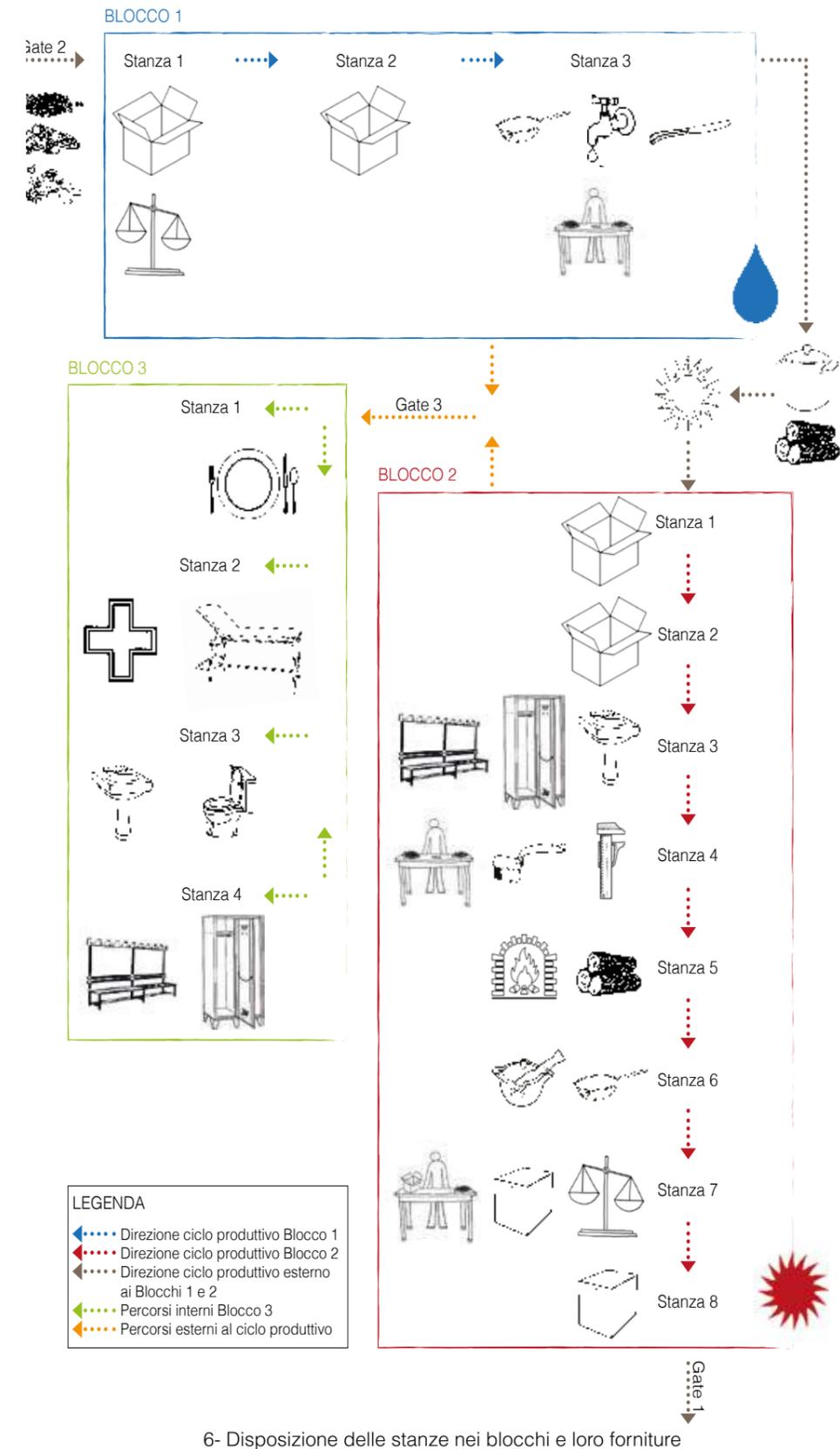
- Stanza 4

Spogliatoio con armadietti.

Gate 3: piccola porta d'ingresso per operai, impiegati e ospiti

2.4 Specifiche tecniche: edificio

Alcune precise disposizioni e normative definiscono l'aspetto e le finiture interne ed esterne dell'edificio, come anche la collocazione dei sanitari per gli impianti che lavorano prodotti alimentari specifici. Nel dettaglio, l'edificio, internamente ed esternamente, dovrà essere pulito, l'intonacatura dovrà essere indispensabile nel caso in cui l'edificio non presenti un aspetto adeguato, ad esempio, se costruito con blocchi di



6- Disposizione delle stanze nei blocchi e loro forniture

calcestruzzo o laterizi forati. All'esterno dovrà anche essere installata una targhetta ed il terreno circostante dovrà essere coltivato ad erba, le zone carrabili e pedonali dovranno essere pavimentate adeguatamente per evitare che le polveri contaminino le spezie semilavorate all'esterno. Per quanto riguarda gli ambienti, i sanitari devono essere previsti in un edificio separato. Se non fosse possibile, ci devono essere due porte che separano i servizi dall'area di lavorazione, per evitare che insetti e odori entrino.

2.5 Specifiche tecniche: solai

Devono essere costruiti con materiale duraturo, impermeabile, liscio, lavabile e adatto alle condizioni dello specifico processo lavorativo. Dove appropriato, i giunti di muri, pavimenti e soffitti devono essere sigillati e devono essere previsti angoli curvi per prevenire la contaminazione e facilitare la pulitura. Pavimenti e soffitti devono essere di materiali che non comportino la contaminazione dell'ambiente e del cibo. Soffitti, strutture sopraelevate, scale e ascensori devono essere progettati, costruiti e mantenuti in modo da prevenire la contaminazione. La lavorazione implica l'uso di grandi quantità di acqua e i pavimenti devono essere in grado di drenarla efficientemente. Il modo migliore è inclinarli verso un canale di drenaggio centrale che dovrà essere coperto da una grata removibile che permetta la pulizia. Questi canali sono gli ingressi preferiti per topi e scarafaggi e dovranno essere provvisti, all'uscita, di una grata fine e removibile.

2.6 Specifiche tecniche: partizioni verticali

Le pareti interne dovranno essere intonacate e trattate con vernice resistente all'acqua in modo che possano essere lavate. I muri dovrebbero essere rivestiti di piastrelle fino a 1/1,5 m da terra. Se risulta troppo costoso, può essere fatto solo intorno a lavandini e muri dove possono essere presenti schizzi di cibo.

2.7 Specifiche tecniche: infissi

Le finestre devono essere protette con zanzariere per evitare l'ingresso di insetti, uccelli e topi nella sala di lavorazione o nei depositi. Aree

importanti sono i vuoti dove il tetto incontra le pareti e le aperture nel tetto. Le finestre devono essere sigillate o dotate di schermi aderenti e, dove c'è il rischio di rottura, con conseguente contaminazione degli alimenti, vengono utilizzati materiali alternativi o vengono adeguatamente protette. Le porte hanno superfici lisce, non assorbenti e con chiusura automatica, dove necessario. Gli infissi situati in zone in cui vi è esposto il cibo e il materiale per il confezionamento devono essere protette per evitare la contaminazione in caso di rottura.

2.8 Requisiti impiantistici: illuminazione e prese elettriche

Luci prodotte da tubi fluorescenti forniscono una buona luce per il lavoro generale ma non possono essere poste vicino a macchine con parti in movimento perché le fanno apparire statiche a certe velocità. Vicino a questi macchinari devono essere invece utilizzate lampadine normali. Lampadine situate in zone in cui vi è esposto il cibo e il materiale per il confezionamento devono essere protette per evitare la contaminazione in caso di rottura.

Tutte le prese elettriche devono essere poste ad 1/1,5 m da terra. Anche se sono costose, le prese impermeabili sono preferibili in ambienti umidi.

I topi sono in grado di entrare negli edifici lungo le linee elettriche e queste dovranno essere chiuse da dischi metallici.

2.9 Requisiti impiantistici: deumidificazione

Alcuni processi di lavorazione del cibo implicano il riscaldamento degli ambienti, spesso con la produzione di vapore. Una buona ventilazione risulta essenziale e per questo motivo devono essere previste grandi finestre, ventilatori a soffitto e aperture sul tetto.

Capitolo 3

IL BAMBU'

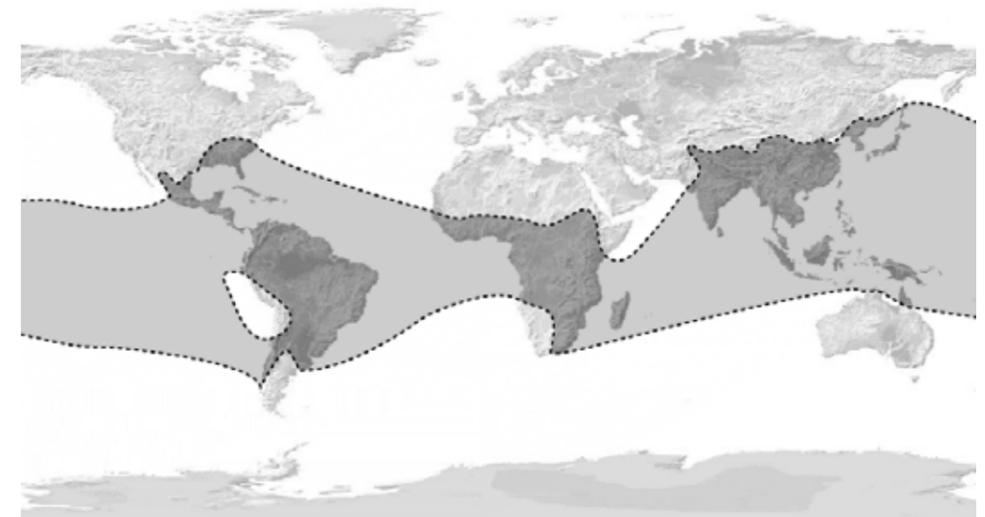
3.1 La pianta

Il bambù è una pianta che fa parte della famiglia delle graminacee tanto che, alcuni studi hanno individuato tra i suoi antenati il riso¹.

Esistono molte specie di bambù al mondo (circa 1400 ²) e si sviluppano principalmente tra i tropici del Cancro e del Capricorno, in aree geografiche caratterizzate da un clima caldo umido (1).

Molto importanti sono i boschi di bambù, che coprono «circa 20 milioni di ettari fra Asia, America Latina e Africa, pari all'1% dell'intera superficie boschiva mondiale (Ma Naixum, 2001)»³.

La crescita di queste foreste è da legarsi al rapido sviluppo dell'industria del bambù dovuto alle grandi qualità della pianta e, nello specifico, alla sua rapida crescita, elevata produttività, versatilità d'uso e qualità di sempreverde.



1- Wikipedia, disponibile a: https://it.wikipedia.org/wiki/Economia_a_bamb%C3%B9

1 Laverde Càrdenas, M.(2008), "La pianta del bambù", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 7

2 Come Sopra

3 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Piantagioni", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 17

Per poter essere identificata, una pianta di bambù si distingue dalle altre per la diversa conformazione di alcune parti che sono:

- rizoma;
- culmo;
- gemma;
- rami;
- foglie caulinare;
- fogliame.

3.2 Il Rizoma

Questa parte della pianta può essere identificata come la radice. Costituisce infatti la parte sottoterra e permette alla pianta di nutrirsi e di avere stabilità.

Si compone di tre parti:

- collo;
- rizoma;
- le radici.

Il collo è la parte che collega la nuova pianta alla precedente. Ogni pianta non è separata dall'altra ma collegata attraverso l'apparato radicale. Possiamo dire che la struttura del bambù è simile a quella del corallo marino.

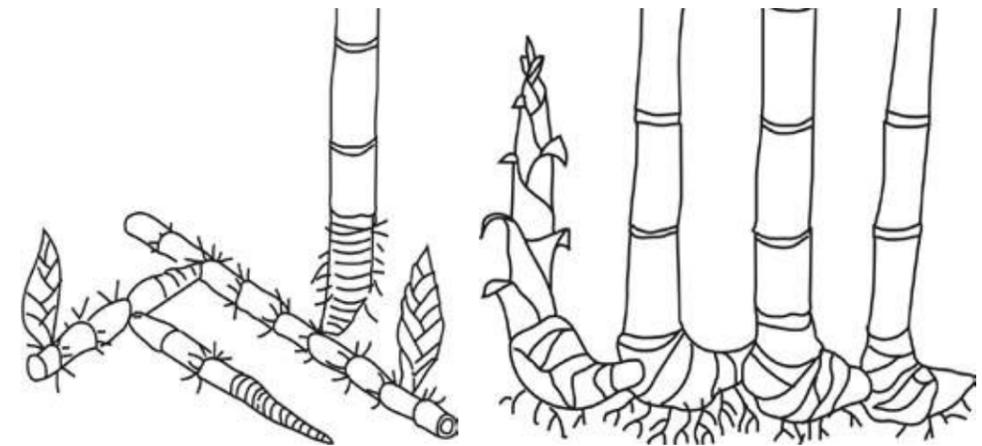
Il rizoma, che è la parte in cui si trovano le gemme e da dove parte la canna vera e propria, si caratterizza per due principali conformazioni che dipendono principalmente dalla regione climatica:

- rizoma leptomorfo; (2)
- rizoma pachimorfo. (3)

Il primo è caratteristico dei bambù che si trovano nelle regioni temperate mentre il secondo delle specie tipiche delle zone tropicali, come ad esempio la specie del *Dendrocalamus*.

Oltre alla diversa conformazione, i due rizomi si differenziano soprattutto per l'invasività: bambù con rizoma leptomorfo sono considerati invasivi a causa di questo sviluppo radicale in lunghezza anche se, sono ottimi per trattenere il terreno lungo i pendii ⁴.

⁴ Environmental bamboo foundation (2005), "Vertical Soak Diffusion for Bamboo Pre-



2- Rizoma leptomorfo

3- Rizoma pachimorfo

3.3 Il culmo

Il culmo è il corpo vero e proprio della pianta di bambù e si compone di nodi e internodi. I nodi sono la parte forte della canna, quella più resistente, infatti in questo punto la canna non presenta vuoti nella parte centrale. Gli internodi sono invece le parti di culmo tra due nodi, in verticale, e solitamente sono vuoti al loro interno. (4)

I culmi raggiungono altezze e diametri variabili a seconda della specie e possono arrivare fino a 60 m di altezza con diametri di 20 cm, come il *Dendrocalamus giganteus*⁵ ed hanno pareti di spessori variabili, da qualche millimetro fino alla chiusura totale del culmo. (5)

A seconda dell'età della pianta, i culmi possono essere impiegati in differenti usi che vanno da quello alimentare (fino a 7 mesi di età), strutturale (5-8 anni), fino a quello di combustibile quando la pianta raggiunge l'età di 10-12 anni ed è oramai secca⁶.

3.4 La gemma

Le gemme si trovano a diverse altezze lungo tutto il culmo e possono essere, o non essere, attive e riprotuttive. In genere si trovano nel rizoma, nella parte centrale e nella sommità del culmo. In alcuni casi, le gemme della parte basale della pianta iniziano la loro attività quando il culmo ha raggiunto la sua altezza massima mentre, in altri sono quelle della parte mediana a svilupparsi. (6)

3.5 I rami

I rami nascono lungo il culmo, proprio sopra la linea nodale e possono variare da uno fino ad oltre 100 per nodo ed è quasi sempre presente un ramo dominante centrale. (7)

Lo sviluppo dei rami varia durante la crescita della pianta ed in genere la conformazione più ricorrente si trova nella parte centrale del culmo quando la pianta raggiunge l'età adulta.

ervation", Vs. 3, disponibile a: http://www.bamboocentral.org/pdf_files/vsd_manualvs3us.pdf

5 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Specie di bambù adatte alla costruzione", appendice 7.E, *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 215

6 Laverde Càrdenas, M.(2008), "La pianta del bambù", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 10



4- Nodi e internodi



5- Sezione internodo di culmi di diverso diametro



6- Gemme di *Dendrocalamus giganteus*



7- Ramificazione nella parte nodale del culmo

3.6 Foglia caulinare

Questa foglia è molto importante perché protegge il culmo dalla sua nascita fino a circa 7 mesi di vita e gli conferisce rigidità quando è ancora giovane. La foglia caulinare per svolgere questa funzione è presente in ogni nodo del culmo e cambia di dimensione e forma mano a mano che ci si sposta verso l'alto. (8)

3.7 Il taglio e i trattamenti del bambù

Il bambù, in qualità di materiale vegetale, prima di essere utilizzato per scopi strutturali o per la realizzazione di mobili, utensili, e altro, deve essere trattato per evitare che tarli, insetti e funghi lo attacchino e lo deteriorino, riducendo o eliminando le sue capacità di assolvere la funzione datagli.

Da questo punto in poi descriveremo i procedimenti riguardanti solo il bambù con finalità strutturale.

Ci sono degli accorgimenti particolari che riguardano il momento del taglio della canna: si vanno a tagliare culmi con età compresa tra 3-5 anni, ad un'altezza di circa 20 cm da terra (9) e durante la stagione secca, subito dopo la stagione delle piogge perché, in questo periodo, il contenuto di amido è a livelli minimi ed in questo modo si limita l'attacco di parassiti⁷. Il bambù, infatti, crescendo in luoghi umidi, è una pianta ricca di acqua, il luogo ideale per la proliferazione di parassiti. Tagliare culmi di età superiore ai 5 anni non è consigliato perché la struttura porosa delle pareti del culmo si addensa tanto da rendere impermeabile il bambù alle soluzioni per il trattamento. Importante è anche non tagliare il bambù durante la stagione di sviluppo dei culmi.

Non rispettare le adeguate prescrizioni per il taglio dei culmi causerà uno sviluppo dei pali non rettilineo a causa della spinta reciproca a livello basale⁸.

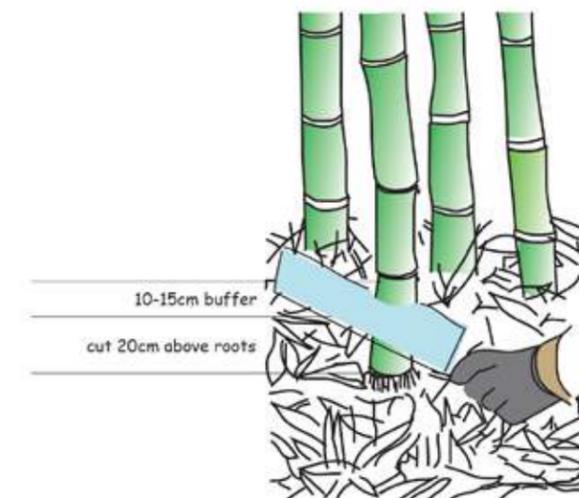
Una volta tagliati i culmi possono essere fatti asciugare qualche giorno all'aria aperta, in modo da ridurre il contenuto interno di umidità ed

⁷ Environmental bamboo foundation (2005), "Vertical Soak Diffusion for Bamboo Preservation", Vs. 3, disponibile a: http://www.bamboocentral.org/pdf_files/vsd_manualvs3us.pdf

⁸ Environmental bamboo foundation (2005), "Vertical Soak Diffusion for Bamboo Preservation", Vs. 3, disponibile a: http://www.bamboocentral.org/pdf_files/vsd_manualvs3us.pdf



8- Esempi di foglia caulinare



9- Taglio dei culmi

Immagine presa da: Environmental bamboo foundation (2005), "Vertical Soak Diffusion for Bamboo Preservation", Vs. 3, disponibile a: http://www.bamboocentral.org/pdf_files/vsd_manualvs3us.pdf

amido grazie alla continua traspirazione delle foglie del culmo, oppure essere subito trattati.

È infatti il problema della durabilità che limita di molto l'utilizzo del bambù: la sua durata è inferiore rispetto al legno, sia per la mancanza di alcune sostanze chimiche, sia a causa della sua sezione cava che, sottoposta ad attacchi di funghi e insetti, riduce di molto la sua sezione resistente anche se l'attacco è minimo. Nonostante la durabilità varia tra le diverse specie, possiamo comunque identificare un periodo di tempo oltre il quale il bambù inizia a deteriorarsi. Nello specifico, «un culmo di bambù resiste naturalmente e senza alcuna manutenzione:

- 1÷3 anni all'aperto e a contatto con il suolo;
- 4÷6 anni sotto una copertura e non a contatto con il suolo;
- 10÷15 anni al riparo, in ottime condizioni di utilizzo⁹».

Esistono vari metodi di preservazione del bambù, ognuno con una diversa efficacia. La struttura cellulare dei culmi di bambù è molto densa e questo rende la pianta molto resistente alla penetrazione degli agenti preservanti e, mancando di cellule radiali (a differenza del legno che ne ha), la circolazione e l'assorbimento dei liquidi sono processi molto lunghi. Solitamente questi agenti chimici vengono fatti circolare dall'alto verso il basso e si ha una penetrazione anche nei nodi nel momento in cui vengono tagliati i rami. È difficile però la circolazione radiale in quanto la pelle e la cera che proteggono il culmo oppongono resistenza al passaggio degli agenti¹⁰. A causa di questi problemi di assorbimento, i trattamenti per immersione hanno una efficacia molto limitata e per migliorarne il rendimento è consigliato raschiare sia la pelle interna che quella esterna del culmo, oltre a perforare gli internodi. Il trattamento più efficace è invece il «procello di Boucherie modificato che consiste nell'applicazione di preservante in un'estremità del culmo esercitando una pressione moderata di circa una atmosfera¹¹». Questa pressione va esercitata fino a riempimento completo dei vasi e la sua velocità

9 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 36

10 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Piantagioni", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 24

11 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Piantagioni", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 24

dipende unicamente dalle dimensioni dei vasi. Si possono distinguere due macro-gruppi di tecniche di preservazione:

- Con prodotti chimici;
- Senza prodotti chimici.

La grande differenza tra i due sistemi è che il primo è considerato affidabile e soprattutto sono una categoria di trattamenti consigliati per canne di bambù che andranno ad assolvere l'uso strutturale. Anche se l'investimento iniziale sarà più alto, la loro durata sarà più lunga: 15 anni in spazi aperti e 25 in spazi chiusi¹². D'altro canto, i bambù non trattati possono essere bruciati a fine vita, mentre gli altri no perché altrimenti rilasciano nell'aria delle sostanze tossiche.

Trattamenti con prodotti chimici

Questo tipo di trattamenti sono sicuramente più efficaci rispetto a quelli che non prevedono l'uso di prodotti chimici ma spesso i loro alti costi e la presenza di sostanze tossiche ne limita molto l'uso. Infatti, queste sostanze devono essere consentite a scala internazionale e non essere tossiche per uomo e animali. «La soluzione di borace e acido borico in proporzione 1:1 in 100 litri di acqua è molto efficace e [...] consentita a livello internazionale¹³».

I principali procedimenti per trattamenti con prodotti chimici sono:

- Immersione;
- Metodo di diffusione verticale;
- Bollitura;
- Metodi Boucherie o boucherie modificato;
- Pressione.

Immersione

Come detto in precedenza, questa tecnica è lenta e non molto efficace a causa delle caratteristiche cellulari del bambù tanto che il sistema è consigliato se il culmo è ridotto a strisce. Se invece si dovesse

12 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 36

13 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Piantagioni", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 26

trattare un culmo interno sarà necessario prima forare tutti i nodi e poi procedere con l'immersione che avverrà in una vasca. Per garantire che tutta la canna sia immersa vi vengono poggiate sopra delle pietre. L'immersione dura circa 8 giorni¹⁴ (per culmi interi) e successivamente viene fatto riposare in orizzontale in teli di plastica per un settimana. Infine viene messo in verticale e fatto stagionare per un'altra settimana.

Metodo di diffusione verticale

Con questo sistema vengono rotti tutti i nodi, tranne l'ultimo in basso, prima di iniziare il processo. Successivamente si pone la canna in posizione verticale e si procede al suo riempimento, ogni giorno per 14 giorni, con una soluzione di borace e acido borico. Bisogna sempre controllare che il liquido riempia la canna e che non ci sia alcun tipo di buco che causi la fuoriuscita della soluzione preservante¹⁵.

Bollitura

Questa tecnica prevede la cottura del bambù per circa 30 minuti ad una temperatura non inferiore ai 94 °C in una soluzione con soda caustica. Questa tecnica diventa problematica se si lascia cuocere troppo il bambù perché la soda attacca la parte superficiale del culmo danneggiandolo¹⁶.

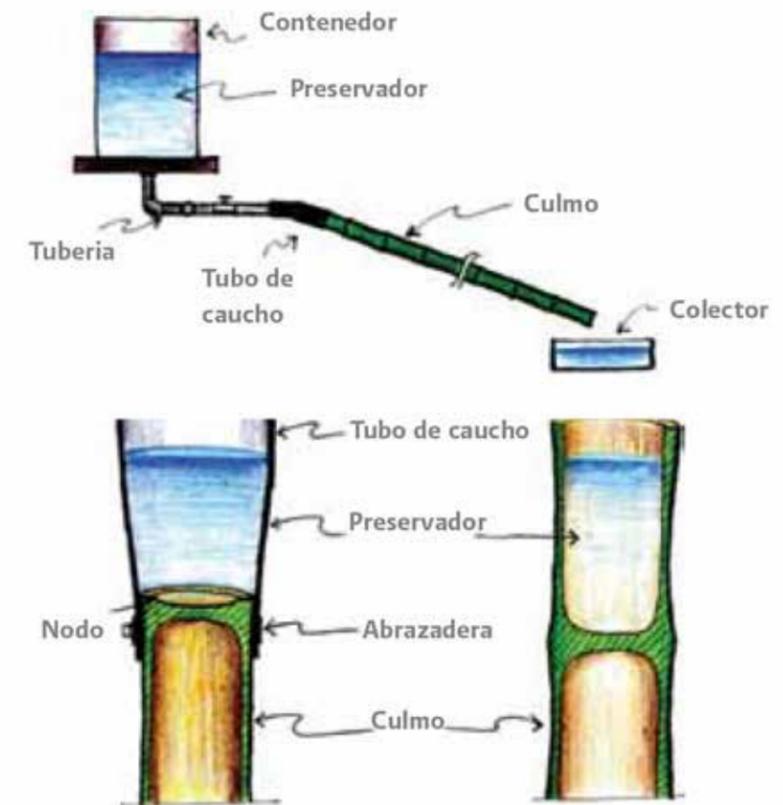
Metodo Boucherie o Boucherie modificato

Come illustrato in precedenza, questo sistema è il più efficiente e prevede che l'agente preservante sia iniettato a pressione nei vasi conduttori del culmo. La differenza tra i due metodi sta nella pressione fornita: il primo (10) infatti consiste nell'iniettare la soluzione che poi si sposterà tra i vari vasi per gravità mentre il secondo caso(11), quello modificato, prevede che si fornisca la pressione di 1 atmosfera tramite una pompa o compressore. Questo secondo sistema è sicuramente più veloce del

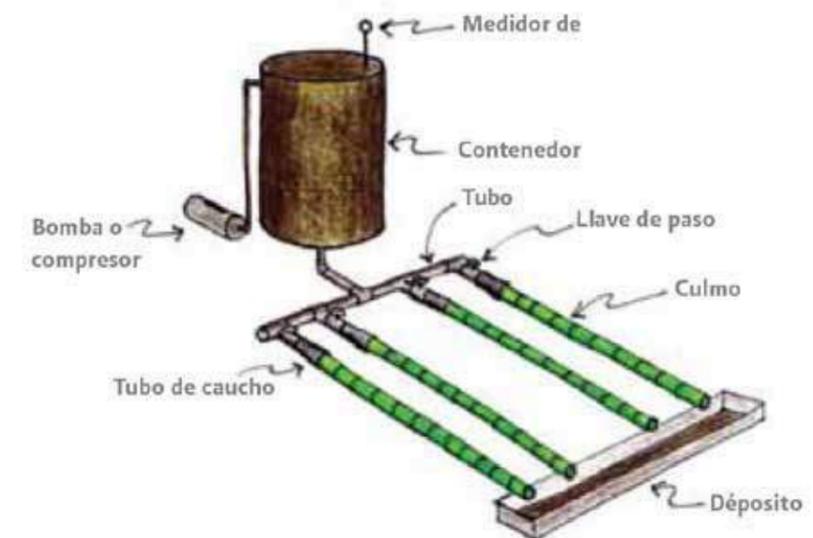
¹⁴ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Piantagioni", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 26

¹⁵ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Piantagioni", in Londoño, X. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 27

¹⁶ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Cárdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 35



10- Metodo di Boucherie (Conafor (2017), *Manual para la construcción sustentable con bambú*, disponibile a : <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=506>)



11- Metodo di Boucherie (Conafor (2017), *Manual para la construcción sustentable con bambú*, disponibile a : <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=506>)

primo tanto che si stima un tempo di circa 3-8 ore per quello modificato e qualche giorno per quello tradizionale¹⁷. Questo sistema, che prevede il passaggio di liquido attraverso i vasi conduttori, deve essere applicato entro 24 ore dal taglio, altrimenti si rischia che la maggior parte dei vasi si sia chiusa. Una volta che si è concluso il trattamento con il liquido, i culmi di bambù vanno fatti riposare per un paio di settimane in un luogo ventilato ed asciutto.

Pressione

Questo tipo di procedimento è anche utilizzato per trattare il legno e consiste nell'applicare «una pressione di 0.5-1.5 N/mm² in un recipiente sottovuoto al fine di far penetrare le sostanze preservanti in profondità e con rapidità¹⁸». Questo sistema, molto costoso e più efficiente in bambù tagliati a strisce, garantisce però una durata del bambù anche di 15 anni a contatto con il suolo¹⁹. Per trattare la canna intera è prima necessario fare dei fori prima e dopo il nodo.

Trattamenti senza prodotti chimici

Questa categoria di trattamenti è molto comune, soprattutto nelle zone rurali perché possono essere utilizzate da tutti, in quanto non richiedono l'uso di particolari attrezzature. L'unico grande limite è che non sono stati verificati scientificamente i benefici prodotti da queste tecniche. Come per i trattamenti con prodotti chimici, anche quelli senza sostanze chimiche sono di diverso tipo. I più utilizzati sono:

- Immersione in acqua
- Affumicatura
- Cottura
- Traspirazione
- Trattamento con fango

¹⁷ Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 35

¹⁸ Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 35

¹⁹ Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 35

Immersione in acqua

Il metodo dell'immersione è simile a quello fatto con agenti chimici solo che, invece che una soluzione di boro, qui c'è solo dell'acqua. Le canne vengono lasciate a bagno per alcune settimane in modo che l'amido e gli zuccheri presenti nel bambù fuoriescano e la canna sviluppi la giusta resistenza a funghi e parassiti. Successivamente i culmi vengono messi ad asciugare in luoghi ventilati e riparati dalle intemperie. Questo trattamento, nonostante sia il più utilizzato, non è sicuramente il migliore in quanto in alcuni casi è causa della comparsa di macchie nelle canne²⁰. (12)

Affumicatura

Questo sistema consiste nel disporre le canne orizzontalmente a 30-40 cm da un fuoco²¹ oppure di posizionarle in un grande affumicatoio verticale. L'affumicatura e l'aumento di temperatura contribuiscono ad uccidere gli insetti all'interno del culmo, ad eliminare l'amido e a rendere più rettilinee le canne in caso di necessità.

Cottura

Simile al trattamento per affumicatura ma le canne sono disposte in orizzontale sopra della brace ardente oppure ad un fuoco. Come per l'affumicatura, questo sistema è utile quando si richiede una modifica della curvatura del culmo. (13)

Trattamento con fango

Con questo sistema i culmi sono immersi nel fango da 1-8 settimane²² in modo che l'amido fuoriesca dalla canna e si trasferisca nel fango. I culmi dovranno poi essere depositati all'ombra per essere fatti asciugare lentamente. È stata dimostrata l'efficienza di questo metodo negli

²⁰ Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 25

²¹ Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 31

²² Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Càrdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 32

esperimenti del 1987 di Suhriman Khusniati²³.

Traspirazione

Questo metodo prevede la pura e semplice essiccazione in un luogo ventilato e protetto dalle intemperie dopo un periodo di posa successivo al taglio. In questa fase, infatti, i culmi vengono tenuti in verticale e lontani dal suolo per circa un mese in modo che l'amido presente nella canna fuoriesca.

3.8 La massa volumica e le caratteristiche meccaniche

La massa volumica (ovvero la densità) è la proprietà meccanica fondamentale del bambù. A differenza del legno, la cui densità si aggira intorno ai 300-1040 kg/m³, quella del bambù varia tra i 500-900 kg/m³ ²⁴. La densità di un materiale è direttamente collegata alla sua resistenza meccanica e per il bambù, considerando la direzione radiale, aumenta dallo strato interno a quello esterno, fino a variazioni del 50% ²⁵.

La massa volumica è ovviamente influenzata da alcuni fattori che principalmente sono l'età e l'altezza del culmo che si prende come riferimento. Lungo la canna la densità cresce mano a mano che si sale a causa dell'aumento del numero delle fibre. «Nella maggior parte delle specie la parte alta del culmo è la più resistente a compressione, a flessione e presenta i più alti valori di modulo elastico²⁶».

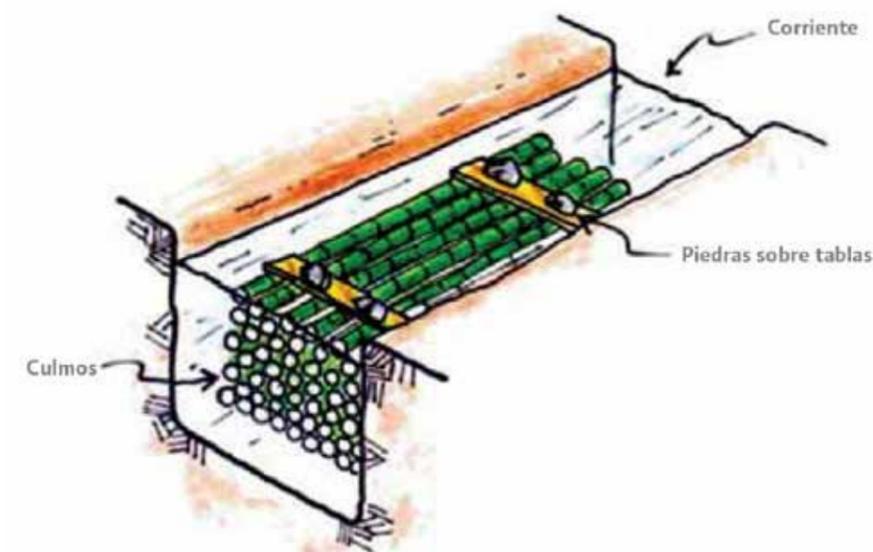
Le caratteristiche meccaniche del bambù non sono univoche ma variano in base alla specie presa in esame. Di seguito verranno descritte le principali caratteristiche meccaniche della pianta ma, «i dati di seguito riportati devono essere considerati più come un compendio delle

²³ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Cárdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 32 che cita S. Khuniati, *Laboratory study on the effect of mud-submerision treatment on the durability of two bamboo and one wood species against fungi*, Material-und-Organisment, 1987

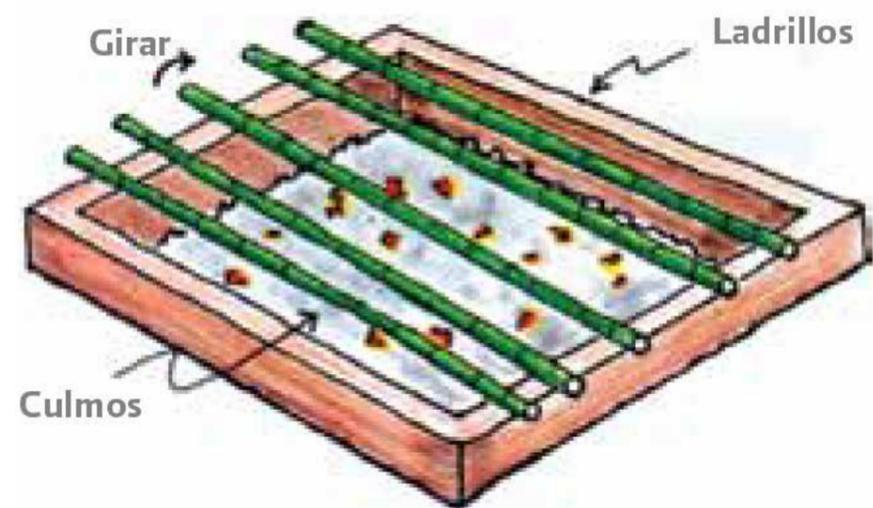
²⁴ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Cárdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 37

²⁵ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Cárdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 37

²⁶ Laverde Cárdenas, M.(2008), "Le caratteristiche fisiche del bambù", in Cárdenas, M.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 37



12- Metodo per immersione (Conafor (2017), *Manual para la construcción sustentable con bambú*, disponibile a : <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=506>)



13- Metodo di cottura (Conafor (2017), *Manual para la construcción sustentable con bambú*, disponibile a : <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=506>)

esistenti trattazioni sulla materia che come valori di riferimento²⁷».

La trazione

Rispetto a questa sollecitazione il bambù risponde in maniera sorprendente, se paragonato agli altri materiali edili. Nella tabella 1²⁸ vengono riportati i valori della resistenza ultima a trazione del bambù al nodo e internodo.

La resistenza a trazione è influenzata sia dalla densità che dall'età del culmo e nella tabella 2²⁹ sono riportati i valori di resistenza ultima a trazione in relazione all'età del culmo. «I culmi di età compresa tra 1 e 10 anni sono stati classificati in 5 classi di età ottenendo i dati riportati in tabella[...]»³⁰.

Nella tabella si può notare che dal secondo al terzo anno di età del culmo c'è un rilevante aumento delle prestazioni del materiale.

La compressione

I valori di resistenza a compressione sono circa la metà dei valori di tensione ultima a trazione nel bambù e variano in base al diametro ed allo spessore delle pareti del culmo. Nella tabella 3³¹ sono riportati i valori di resistenza a compressione. Come per la resistenza a trazione, anche quella a compressione varia in base all'età del culmo e i valori sono riportati in tabella 4³². Ogni classe di età comprende 2 anni e si può

27 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 45

28 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 46 che cita J.J.A. Janssen, *Mechanical Properties of Bamboo (Forestry Sciences)*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp.110

29 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 47 che cita J.J.A. Janssen, *Mechanical Properties of Bamboo (Forestry Sciences)*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp.107 che cita Zohu, Fangchun, *Studies on physical and mechanical properties of bamboo wood*. Journal of Nanjing Techn.Coll. of For. Prod, 1981, pp. 1-32

30 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 47

31 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 48 che cita J.J.A. Janssen, *Mechanical Properties of Bamboo (Forestry Sciences)*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp.62

32 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis,

Al nodo	107,5 N/mm ²
All'internodo	106,5 N/mm ²

Tabella 1 - Resistenza ultima a trazione al nodo e internodo

Classi di età	1	2	3	4	5
Età in anni	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10
Distretto					
Xiashu	151,96	189,00	178,89	199,60	181,74
Yixing	186,18	209,41	197,67	201,65	185,39
Shimen	163,92	191,22	194,82	184,46	169,98
Damaoshhan	137,11	185,46	187,50	187,00	172,88
Valore medio (N/mm ²)	159,79	193,77	189,72	193,18	177,50

Tabella 2 - Resistenza ultima a trazione in relazione all'età del culmo

Diametro	47,8 mm	60,5 mm	70,0 mm
Spessore = 4 mm	-	65,8 N/mm ²	-
Spessore = 5 mm	60,5 N/mm ²	65,3 N/mm ²	53,6 N/mm ²

Tabella 3 - Resistenza ultima a trazione in relazione al diametro ed allo spessore del culmo

Età	ρ in Kg/m ³	σ _c in N/mm ²
1	646	51,8
2	703	55,3
3	718	54,4
4	706	58,3
5	672	58,2
6	608	46,3

Tabella 4 - Resistenza ultima a trazione in relazione all'età del culmo

notare come fino alla classe 4 (7-8 anni) il valore di resistenza a compressione cresca costantemente per poi iniziare a decrescere.

La flessione

Il bambù, se soggetto a flessione, risponde in maniera eccellente, tanto da poter essere paragonato alle altre specie legnose adottate nell'edilizia. I valori di resistenza a flessione sono molto influenzati dal diametro della canna tanto che, come riportato in tabella 5³³, diminuiscono mano a mano che il diametro aumenta. Un altro fattore che influenza questi valori è la presenza o meno di nodi. Nella tabella 6³⁴ sono riportati i valori di resistenza ultima a flessione e modulo elastico in relazione alla posizione del nodo nel provino e si può notare come i valori più alti siano quelli del provino con nodo centrale.

Il taglio

Una caratteristica meccanica di cui il bambù è particolarmente carente è quella di taglio. I valori infatti sono molto bassi, come si può notare nella tabella 7³⁵, e si possono giustificare con il fatto che le fibre nel bambù non sono coese, fattore che influenza moltissimo la resistenza a taglio. Inoltre, nei nodi la resistenza a taglio è maggiore rispetto all'internodo.

Il modulo elastico

Il modulo elastico è quel valore che mette in relazione la tensione con l'allungamento. Ogni tensione ha il suo modulo elastico e in tabella 8³⁶

G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 51

33 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 55 che cita J.J.A. Janssen, *Mechanical Properties of Bamboo (Forestry Sciences)*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp.33

34 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 58 che cita J.J.A. Janssen, *Mechanical Properties of Bamboo (Forestry Sciences)*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp.46

35 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 59 che cita J.J.A. Janssen, *Mechanical Properties of Bamboo (Forestry Sciences)*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991, pp.100-101 che cita J.L. Atrops, *Elastitaet und festigkeit von Bambùsrohren*, Der Bauingenieur, 1969, pp. 220-225

36 Laverde Càrdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli,

Diametro (mm)	67	70	73,2	76,4	79,6	82,8	85,9
Spessore = 5mm	61,9	55,4	51,9	44,8	43	39,7	36,7
Spessore = 6 mm	60,2	—	—	49	41,5	38,9	30,4

Tabella 5 - Resistenza ultima a flessione in relazione al diametro ed allo spessore del culmo

	σ N/mm ²			E N/mm ²		
	Inferiore	Medio	Superiore	Inferiore	Medio	Superiore
Nodo centrale	73,0	70,3	71,7	9850	11230	13370
Internodo	73,0	61,3	60,6	11580	12470	14330

Tabella 6 - Resistenza ultima a flessione e modulo elastico in relazione a posizione nel culmo

	Resistenza a taglio min.	Resistenza a taglio max.
Striscia	16,9 N/mm ²	23,1 N/mm ²
Culmo	14,7 N/mm ²	22,2 N/mm ²

Tabella 7 - Resistenza ultima a taglio per strisce e culmi

Modulo elastico di compressione in N/mm ²			
mm	Ø100	Ø80	Ø 70
min	15190	18900	16500
Modulo elastico di trazione in N/mm ²			
mm	Ø90	Ø 80	
min.	17000	17900	
max	22000	24100	

Tabella 8 - Resistenza ultima a trazione e modulo elastico in relazione al diametro ed allo spessore del culmo

vengono riportati quelli relativi alla compressione e trazione, relativi a diversi diametri. Si può notare come i valori varino, per la compressione, tra i circa 15000 e i 19000 N/mm² mentre per la trazione siamo nell'ordine di 17000-24000 N/mm² che paragonato al modulo elastico di trazione del legno, che varia tra i 2500 e i 17000 N/mm², è decisamente maggiore³⁷.

3.9 Le legature

Immagini e informazioni sulle legature sono stati reperiti da J.J.A. Janssen (2000), Designing and Building with Bamboo, INBAR Technical Report No. 20, pp. 90-108

Le canne di bambù per formare una struttura devono essere collegate insieme tramite legatura. Col tempo e con lo sviluppo delle tecnologia queste legature diventano sempre più sviluppate tanto da non essere più considerate un punto debole ma vengono interamente progettate. Le connessioni tra le canne non sono un lavoro semplice in quanto la canna di bambù non è regolare. Essendo un materiale vegetale e non lavorato industrialmente, il suo diametro varia lungo la canna e la presenza di nodi ad intervalli non aiuta, anche se questo è la parte più forte della canna. Per cercare di arginare tutti questi problemi, i vari tipi di connessioni possono essere classificate e catalogate come segue:

- Giunto che coinvolge l'intera sezione di due canne;
- Collegamento interno attraverso un elemento che corre parallelo alla canna
- Collegare elementi che corrono paralleli o perpendicolari alle fibre della canna.

Sulla base di questa principale distinzione, possiamo distinguere vari tipi di giunzioni che classificheremo nei seguenti gruppi:

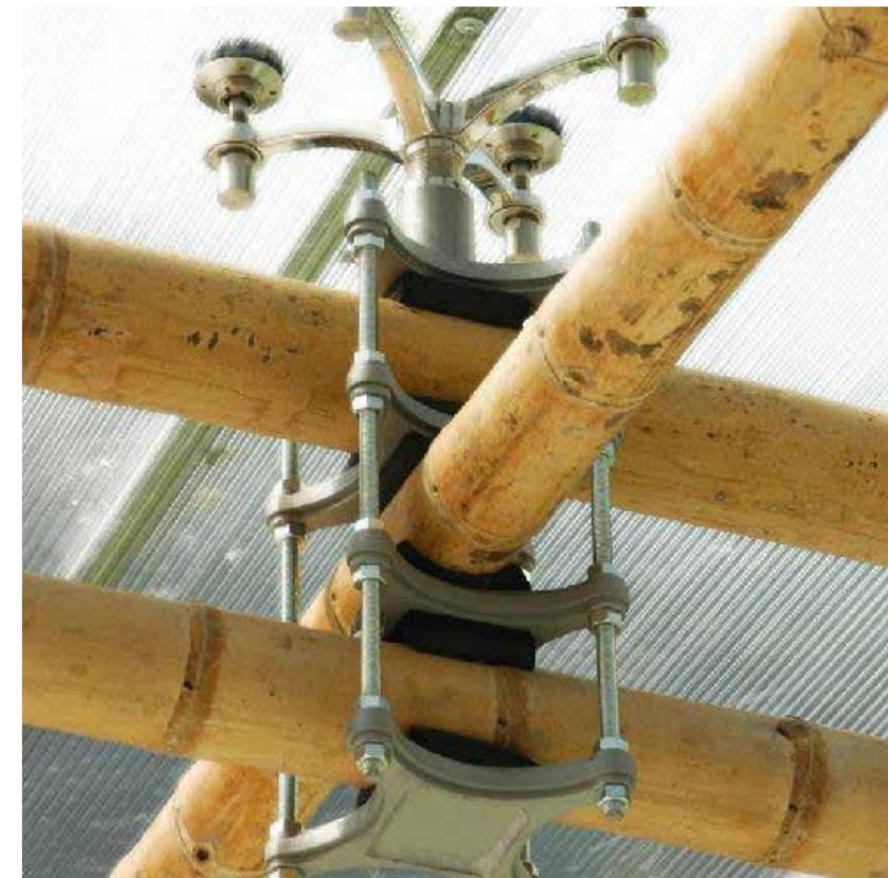
- 1 Intera sezione del culmo;
- 2 Elemento parallelo interno al culmo;
- 3 Dall'interno ad un elemento perpendicolare al culmo;
- 4 Intera sezione collegata ad un elemento parallelo al culmo;
- 5 Intera sezione collegata ad un elemento perpendicolare al culmo;

pp. 61

37 Laverde Cárdenas, M.(2008), "Le caratteristiche meccaniche del bambù", in Melis, G.; Tengattini, M. (Ed.), *Il bambù come materiale da costruzione*, Esselibri-Simone, Napoli, pp. 61



14 - Legatura tradizionale delle canne di bambù con corde o materiale vegetale



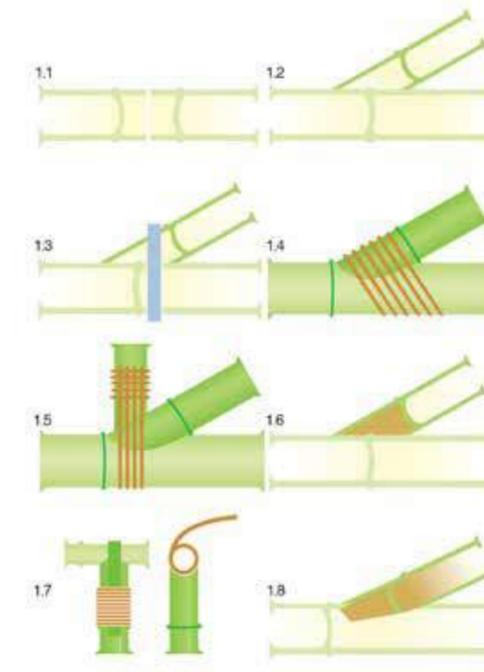
15- Sistema di fissaggio delle canne di bambù con complessi elementi in acciaio

- 6 Dall'esterno ad un elemento parallelo al culmo;
- 7 Dall'esterno ad un elemento perpendicolare al culmo;
- 8 Bambù ridotto a strisce.

I gruppi 3 e 7 sono i efficienti ma quasi impossibili da realizzare e per questo non verranno trattati successivamente. Quelli del gruppo 8 non sono delle vere e proprie connessione ma vengono inserite per la loro importanza e sono state introdotte con lo sviluppo tecnologico.

Gruppo 1 – Intera sezione del culmo

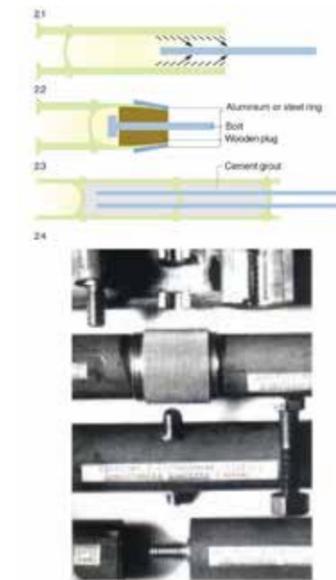
Questo tipo di giunzione mette in completo contatto tutte le canne che convergono in quel preciso punto. È un metodo tradizionale e quindi il più usato ma non sempre il più efficiente. Bisogna infatti prestare molta attenzione a come viene eseguita la legatura ed al deterioramento del materiale utilizzato. Solitamente viene impiegata una fibra vegetale come il rattan ma in alcuni casi questa può essere sostituita con corde o del filo di ferro. In altri casi si utilizza della malta ma questa non deve contenere troppo acqua altrimenti si rischia il marcimento del culmo.



16- Gruppo 1

Gruppo 2 – Elemento parallelo interno al culmo

Questo gruppo prevede che all'interno della canna sia posizionato un elemento di acciaio che ha il compito di trasmettere le forze in campo nel punto di giunzione. In questo modo si riescono a controllare meglio i punti di nodo e si evita, soprattutto in casi in cui più canne devono essere collegate in un unico punto, di avere sezioni molto grandi. La barra di acciaio all'interno della canna può essere fissata con un elemento di legno o con della malta cementizia. Questo tipo di giunto con l'uso di malta cementizia riscontra alcuni problemi per quanto riguarda il ritiro. Infatti il bambù, come ogni tipo di legno, è suscettibile all'umidità e quindi si ritira ed espande al variare di questa. Le capacità di contrazione del calcestruzzo e del bambù sono molto diverse - nell'ordine di 0,0004 per il calcestruzzo e 0,0075 per il bambù³⁸ - e questo causa una rottura del bambù in corrispondenza della malta.



17- Gruppo 2

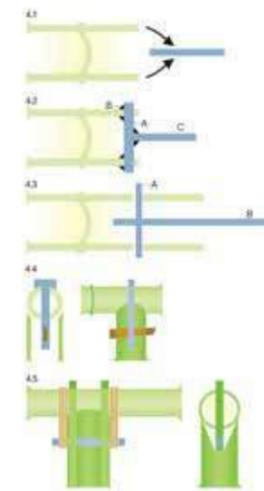
38 J.J.A. Janssen (2000), *Designing and Building with Bamboo*, INBAR Technical Report No. 20, pp. 94

Gruppo 4 - Intera sezione collegata ad un elemento parallelo al culmo
 Questo tipo di giunzione prevede l'utilizzo di perni di acciaio o legno paralleli all'asse del culmo di bambù. Nella maggior parte dei casi i perni utilizzati sono mantenuti in posizione da altri perni o da bulloni perpendicolari all'asse dei perni principali. Il problema di questa tipologia di connessioni sta nel costo e nella disponibilità dei materiali utilizzati per i perni. Infatti, se si utilizzano plastiche o acciaio al posto del bambù, la resa sarà migliore ma anche il prezzo molto superiore. La figura (18) mostra in maniera più esplicitiva i giunti 4.4 e 4.5 della figura (19).

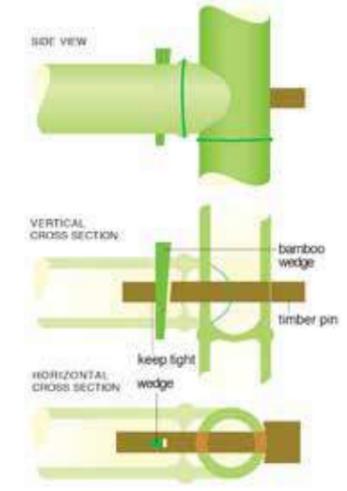
Gruppo 5 – Intera sezione collegata ad un elemento perpendicolare al culmo
 Come per il gruppo 4, anche qui le connessioni avvengono tramite l'uso di perni, di bambù o legno, e bulloni di acciaio. In alcuni casi si utilizzano anche colle particolari.

Gruppo 6 - Dall'esterno ad un elemento parallelo al culmo
 Questa categoria di collegamenti nella tradizione veniva realizzata con corde ma, con il passare del tempo, si sono sostituite con filo di acciaio e morsetti. Il principio sta nel fissare un elemento esterno alla canna, perpendicolare al suo asse, che poi verrà collegato al nodo da un altro elemento parallelo al culmo. Il principale problema è che la canna esternamente presenta una superficie molto liscia e trovare un materiale adatto, che non scivoli, non è semplice. Il metodo tradizionale prevede l'utilizzo di fibre di bambù o rattan ancora verdi, o bagnate prima dell'uso, in modo che durante l'essiccazione/asciugatura questi si ritirano e stringono i culmi insieme come in una morsa. La tecnica moderna, che sostituisce queste fibre vegetali con l'acciaio, non sempre dà buoni risultati. Infatti uno dei problemi maggiori è come fissare le morse d'acciaio al culmo considerato che questo varia in base al punto scelto ed è molto liscio.

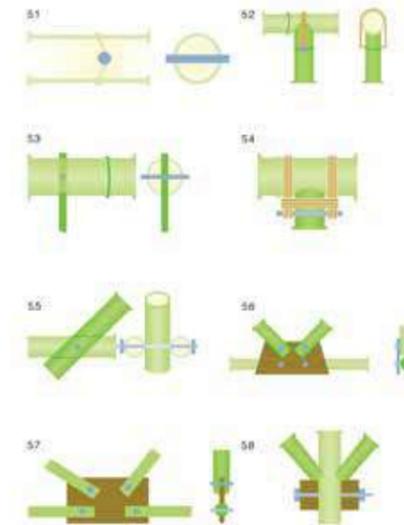
Gruppo 8 – Bambù ridotto a strisce
 Il bambù ridotto in strisce e non utilizzato come canna intera può essere classificato come materiale adatto per la prefabbricazione



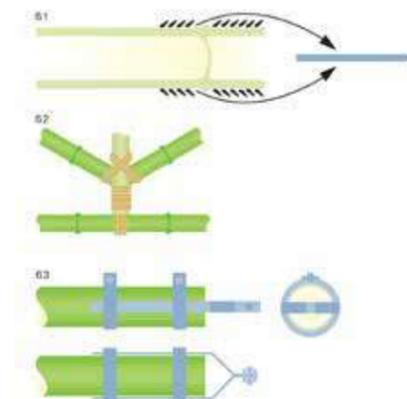
18- Gruppo 4



19- Gruppo 4



20- Gruppo 5



21- Gruppo 6

ed industrializzazione. Infatti, riducendo il bambù in tante strisce è possibile realizzare travi lamellari molto resistenti e soprattutto, riuscire ad impiegarlo come qualsiasi altro tipo di legname. Per questo tipo di impegno, la canna di bambù può essere divisa in 6 o 8 parti, a seconda della sua dimensione, e poi viene rimossa tutta la parte morbida presente all'interno, soprattutto quella nei nodi. In questo modo si avranno tutte strisce lisce e composte solo dalla parte resistente del materiale. A questo punto, per essere collegati, basta il semplice utilizzo di colle o chiodi a seconda dell'utilizzo finale. Con questo tipo di bambù si possono anche realizzare telai e controtelai per porte e finestre.

Nella pratica, per quello che riguarda le connessioni di bambù ci sono due principali scuole di pensiero:

- Colombiana: che prevede la foratura del bambù e l'utilizzo di sistemi tecnologici anche sviluppati per le connessioni tra le canne;
- Asiatica: che non prevede la foratura della canna, tranne che per alcune condizioni, per preservare l'integrità dell'elemento e l'uso di materiale vegetale per le legature.

I due principali esponenti di queste scuole sono Simon Velez, per la colombiana, e Shigeru Ban e Rocco Yim, per quella asiatica. (ee sito) Altri architetti hanno utilizzato il bambù per alcuni dei loro progetti. Tra questi troviamo anche Kengo Kuma con la Great (Bamboo) Wall in Cina del 2002.

Alcuni degli architetti che hanno utilizzato il bambù per i loro progetti si sono impegnati nel cercare di utilizzare il più possibile sistemi low-tech per le connessioni tra le canne, per dimostrare che progettare sostenibile non significa utilizzare materiali sviluppati e costosi ma che il significato del termine sostenibile sta nel modo in cui i materiali sono utilizzati e interpretati nella progettazione.

Capitolo 4

I MATERIALI E IL SISTEMA TECNOLOGICO

4.1 I materiali

Come illustrato nel Capitolo 2, lo scopo finale di questa tesi è quello di progettare una spice processing unit sulla base dei principi di architettura sostenibile, quindi prendendo in considerazione tutti quegli aspetti che riguardano le risorse locali, la sostenibilità ambientale del materiale e lo sfruttamento delle caratteristiche di quest'ultimo.

Sulla base di questo, il punto di partenza è quello che porta a definire quali siano i materiali che entrano in gioco. Per farlo prendiamo come riferimento la tabella dei principali materiali edili importati nello Sri Lanka, riferita ad India e Cina, e prendiamo come riferimento solo quelli adatti all'uso strutturale e quindi:

- acciaio;
- cemento;
- mattoni.

A questo primo elenco andiamo poi ad aggiungere il bambù che, come visto sempre nel Capitolo 2, è una importante risorsa locale e soprattutto è un materiale molto versatile ed utilizzato anche per le strutture. Infine, sempre sulle analisi fatte in precedenza, completiamo la lista con l'aggiunta di legno e terra.

Per quanto riguarda i materiali non strutturali, prendiamo come riferimento quelli maggiormente utilizzati nell'edilizia che possiamo identificare nei macrogruppi di:

- plastiche;
- metalli;
- ceramica;
- materiali vegetali (balle di paglia, terra);
- materiali sintetici.

4.2 Le tipologie strutturali

Se ora ci soffermiamo sulle varie conformazioni che possono assumere le strutture, ci troviamo davanti ad una infinità di tipologie che sembrano

tutte differenti l'una dall'altra. In realtà, si possono individuare alcuni elementi specifici che ci permettono di raggrupparle in determinate categorie. Diversi sono stati i tentativi di definizione di queste categorie e tra i vari, spicca quello di Jean Prouvé che è illustrato nell'immagine (1)¹. Prendendo proprio spunto da questo sistema di catalogazione delle tipologie costruttive, ne abbiamo fatto uno semplificato in cui la suddivisione avviene in base agli elementi che compongono la struttura e cioè:

- setti/lastre;
- elementi puntiformi;
- graticcio;
- arco.

La classificazione è illustrata nell'immagine (2). In questo modo abbiamo individuato dei sistemi strutturali 'semplici', relativamente facili da realizzare ed adatti per un piccolo edificio come quello della fabbrica.

4.3 Il sistema tecnologico

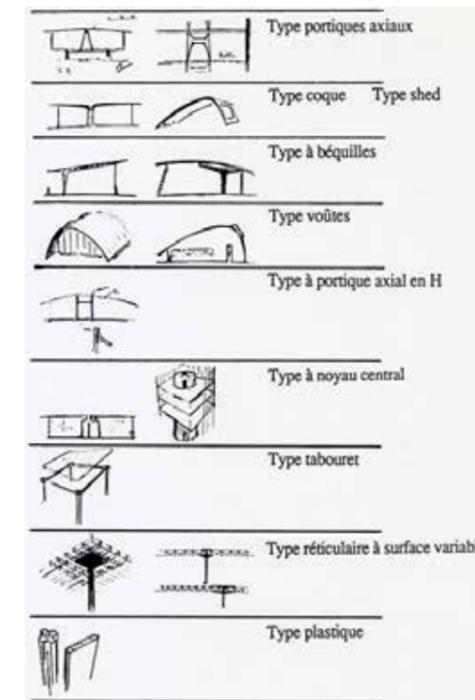
Arrivati a questo punto, fase fondamentale è quella di individuare i vari componenti del complesso sistema edilizio. Infatti, possiamo dire che un edificio può essere considerato come il risultato della composizione di diversi sistemi che entrano in gioco. Con la norma UNI 8290 si è scomposto l'intero sistema tecnologico in tre parti principali, suddivise a loro volta in sottocategorie:

- classi di unità tecnologiche;
- unità tecnologiche;
- classi di elementi tecnici.

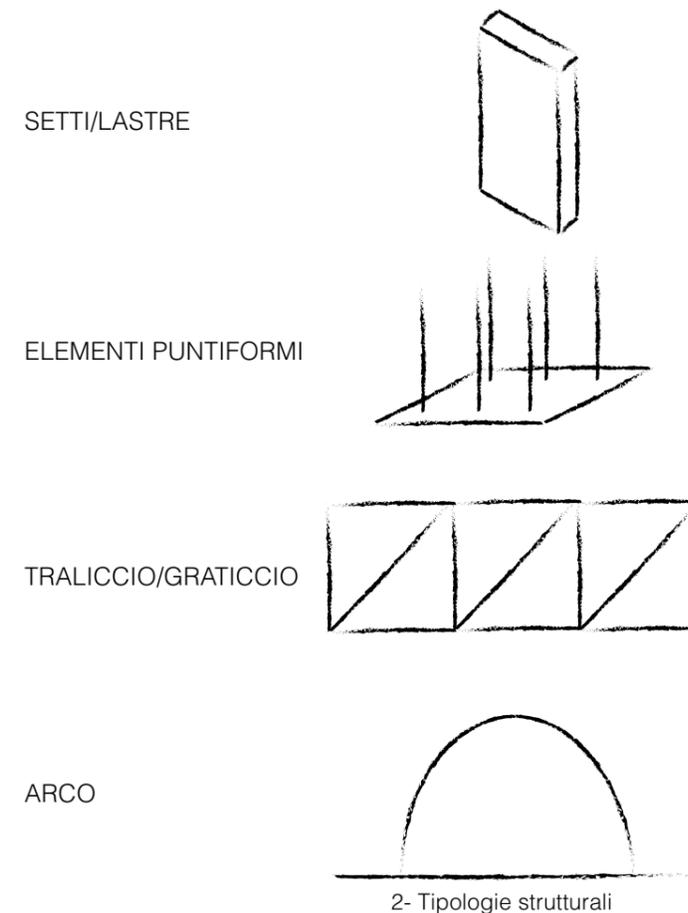
Le classi di unità tecnologiche sono suddivise in unità tecnologiche che a loro volta si dividono in classi di elementi tecnologici.

La norma UNI 8290 si pone come obiettivo quello di uniformare le scomposizioni dell'edificio in modo da poter avere una base comune per poter paragonare le varie stime analitiche o elementari. Le voci sopra citate possono essere poi ricondotte ad altre categorie identificate in:

- elementi tecnici;



1- Identificazione tipologie strutturali di Jean Prouvé



2- Tipologie strutturali

¹ Levasseur, J.P; Archieri, J.F.(2002); Prouvé, Cours du CNAM, 1957-1970. Essai de reconstitution du cours à partir des archives Jean Prouvé, Mardaga

- peculiarità (del materiale o delle modalità di esecuzione);
- variabili;
- oneri.

A questo punto andiamo ad identificare quelle che sono le classi di unità tecnologiche:

- struttura portante;
- chiusura;
- partizione interna;
- partizione esterna;
- impianto di fornitura servizi;
- impianto di sicurezza;
- attrezzatura interna;
- attrezzatura esterna.

Di tutte queste classi noi ci soffermeremo solo sulle prime due e quindi, struttura portante e chiusura.

La struttura portante è definita come «insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici appartenenti al sistema edilizio aventi funzione di sostenere i carichi del sistema edilizio stesso e di collegare staticamente le sue parti²».

La chiusura verticale è considerata come «insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici del sistema edilizio aventi funzione di separare e di conformare gli spazi interni del sistema edilizio stesso rispetto all'esterno³».

Queste classi di unità tecnologiche possono essere suddivise a seconda della funzione che assolvono come da tabella 1⁴.

Per la nostra tesi prenderemo in analisi solo le classi 1.2.1, 1.2.2, 2.1.1, 2.4.1 (3).

4.4 Metodi di realizzazione ed impatto ambientale

Dopo avere catalogato tutte le componenti sopra descritte, non resta che identificare quali sono i principali metodi di realizzazione delle classi del

² Molinari, C. (1996), *Elementi di cultura tecnica. Lezioni del corso di materiali e progettazione di elementi costruttivi*, Maggioli Editore

³ Molinari, C. (1996), *Elementi di cultura tecnica. Lezioni del corso di materiali e progettazione di elementi costruttivi*, Maggioli Editore

⁴ Molinari, C. (1996), *Elementi di cultura tecnica. Lezioni del corso di materiali e progettazione di elementi costruttivi*, Maggioli Editore

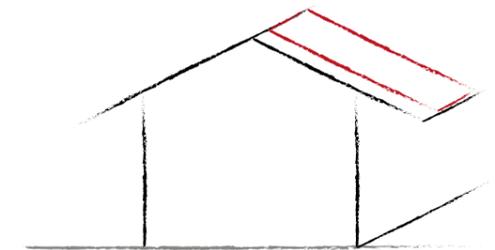
Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche	Classi di elementi tecnici
1. Struttura portante	1.1 Struttura di fondazione	1.1.1 Strutture di fondazione dirette 1.1.2 Strutture di fondazione dirette
	1.2 Struttura di elevazione	1.2.1 Strutture di elevazione verticali 1.2.2 Strutture di elevazione orizzontali e inclinate 1.2.3 Strutture di elevazione spaziali
	1.3 Struttura di contenimento	1.3.1 Strutture di contenimento verticali 1.3.2 Strutture di contenimento orizzontali
2. Chiusura	2.1 Chiusura verticale	2.1.1 Pareti perimetrali verticali 2.1.2 Infissi esterni verticali
	2.2 Chiusura orizzontale inferiore	2.2.1 Solai a terra 2.2.2 Infissi orizzontali
	2.3 Chiusura orizzontale su spazi esterni	2.3.1 Solai su spazi aperti
	2.4 Chiusura superiore	2.4.1 Coperture 2.4.2 Infissi esterni orizzontali

Tabella 1

STRUTTURA ORIZZONTALE/ INCLINATA



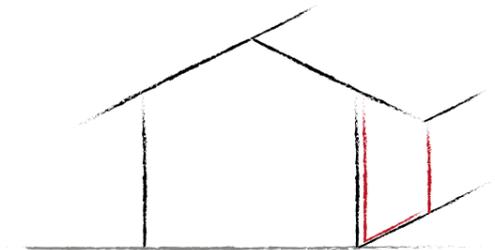
CHIUSURA ORIZZONTALE/INCLINATA



STRUTTURA VERTICALE



CHIUSURA VERTICALE



3- Classi di unità tecnologiche

sistema edilizio e il loro impatto ambientale.

Per quanto riguarda il primo punto, prendendo spunto dalle tipologie strutturali sopra descritte e dai principali metodi di costruzione moderni ed antichi, possiamo individuare in principali metodi costruttivi in:

- elementi discontinui (es. mattoni);
- formato in opera (es. calcestruzzo armato);
- prefabbricato (es. trave in legno lamellare).(4)

Queste categorie in parte si intersecano tra loro ma, c'è una suddivisione alla base che permette di tenerle bene separate. Un esempio può essere una trave reticolare in acciaio: se prendiamo l'elemento singolo, questo rientra nella categoria prefabbricato ma, se prendiamo la trave completa, questa rientra in quella di elementi discontinui. Per capire di quale categoria questo elemento fa parte bisogna rispondere ad una domanda: in che stato arriva l'elemento in cantiere? Sempre riferito al caso della trave in acciaio possiamo dire: se arriva in cantiere la trave completa pronta per essere posata in opera l'elemento rientra nella categoria prefabbricato se, invece, arrivano tutti i profili che verranno assemblati in opera, rientrerà nella categoria elementi discontinui. Lo stesso vale per tutti gli altri materiali.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale, uno dei punti fondamentali del costruire sostenibile, si analizzerà la provenienza dei materiali e quindi se questi sono locali o importati da paese più o meno vicini. Oltre a questo, altri criteri vanno presi in analisi per rendere più esaustivo il confronto dell'impatto ambientale e riguarderanno il materiale in sé. Nello specifico si valuteranno: l'impatto ambientale per il trasporto (che tiene conto dei dati relativi all'importazione dei materiali); l'impatto ambientale per la lavorazione (tutto il ciclo produttivo fino all'uscita della fabbrica); l'impatto ambientale per lo smaltimento (fine vita del materiale).

4.5 Il confronto

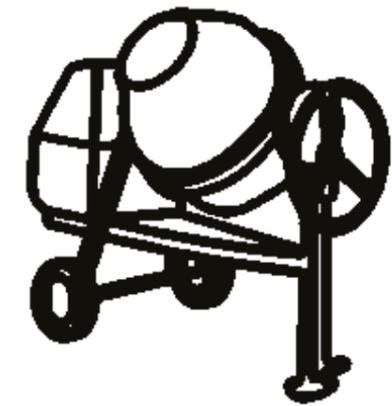
Sulla base di tutte le informazioni raccolte in precedenza, si è proceduto con la catalogazione in tabelle in modo da rendere visibile il confronto tra i vari materiali. Si sono scelti alcuni criteri di base che riguardano:

- dimensioni minime;
- sistema costruttivo umido/secco;

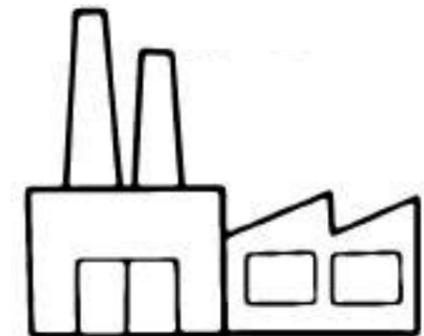
ELEMENTI DISCONTINUI



FORMATO/REALIZZATO IN OPERA



PREFABBRICATO



4- Metodi di realizzazione

- caratteristiche fisiche del materiale;
- provenienza (rispetto allo Sri Lanka);
- resistenza la fuoco;
- impatto ambientale per trasporto(rispetto allo Sri Lanka), lavorazione e smaltimento.

Per rendere più visibile il confronto delle ultime tre categorie, verranno assegnate delle stelle, da una a tre, dove una indica 'poco/per niente' e tre indica 'molto'.

Le tabelle sono illustrate nella pagine successive e suddivise in base alle classi elencate nel Paragrafo 4.3.

STRUTTURA	TIPOLOGIA	REALIZZAZIONE	MATERIALE	DIMENSIONI MINIME (cm)	FOTOSCHEMA	SISTEMA COSTRUTTIVO UMIDO/SECCO	PROVENIENZA	DENSITA' (kg/m ³)	CALORE SPECIFICO (kJ/kgK)	CONDUCIBILITA' TERMICA (kwh/mK)	COMPORTAMENTO AL FUOCO	IMPATTO AMBIENTALE TRASPORTO	IMPATTO AMBIENTALE LAVORAZIONE	IMPATTO AMBIENTALE SMALTIMENTO		
Struttura portante verticale	Setti/lastre	- Elementi discontinui	Terra cruda Terra stabilizzata Laterizio forato Calcestruzzo	20x40x10 14x29x9,5 11x23x12 40x20x20		Umido/secco Umido Umido/secco Umido/secco	*** ** *** **	1400 2000 905 2250	850 1000 1000 1000	0,46 0,95 0,216 0,4	*** *** *** ***	*	** ** *** ***	* ** *** ***		
		- Formati in opera	Figli Calcestruzzo	Sp= 20 Sp= 15		Umido Umido	*** **	2000 2300	1000 880	0,95 1,4	*** ***	*	** ***	* ***		
		- Prefabbricati	Pannelli multistrato in calcestruzzo Legno	Sp= 20 Sp= 8		Secco Secco	** ***	1800 400	900 2500	0,2 0,11	*** **	*** *	*** *	*** *	*** *	
		- Elementi discontinui	Acciaio Legno Bambù	Dim. base=15x15 Dim. base=15x15 d= 7		Secco Secco Secco	* *** ***	7850 400 700	1980 2500 2100	52 0,11 0,17	** * *	*** * *	*** * *	*** * *	*** * *	
		- Formati in opera	Calcestruzzo armato	Dim. base=30x30		Umido	**	2400	1000	2,5	***	***	***	***	***	***
		- Prefabbricati	Calcestruzzo armato Acciaio	Dim. base=50x50 Dim. base=10x10		Secco Secco	** *	2400 7850	1000 1980	2,5 52	*** **	*** **	*** ***	*** ***	*** ***	*** ***
	Tralicci/graticci	- Elementi discontinui	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 10		Secco Secco Secco	* *** ***	7850 700 400	1980 2100 2500	52 0,17 0,11	** * *	*** * *	*** * *	*** * *	*** * *	
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 10		Secco Secco Secco	* ** **	7850 700 400	1980 2100 2500	52 0,17 0,11	** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **	
		- Elementi discontinui	Acciaio Bambù	Sp= 5 d= 6		Secco Secco	* ***	7850 700	1980 2100	52 0,17	** *	*** *	*** *	*** *	*** *	
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 30		Secco Secco Secco	* *** **	7850 700 400	1980 2100 2500	52 0,17 0,11	** * **	*** * **	*** * **	*** * **	*** * **	
		- Elementi discontinui	Acciaio Bambù	Sp= 5 d= 6		Secco Secco	* ***	7850 700	1980 2100	52 0,17	** *	*** *	*** *	*** *	*** *	
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 30		Secco Secco Secco	* ** **	7850 700 400	1980 2100 2500	52 0,17 0,11	** * **	*** * **	*** * **	*** * **	*** * **	
Arco																

CHIUSURA	STRATO	REALIZZAZIONE	MATERIALE	DIMENSIONI MINIME (cm)	FOTO/SCHEMA	SISTEMA COSTRUTTIVO UMIDO/SECCO	PROVENIENZA	DENSITA' (kg/m³)	CALORE SPECIFICO (J/kgK)	CONDUCIBILITA' TERMICA (λ-w/mK)	COMPARTAMENTO AL FUOCO	IMPATTO AMBIENTALE TRASPORTO	IMPATTO AMBIENTALE LAVORAZIONE	IMPATTO AMBIENTALE SMALTIMENTO		
Chiusura verticale	Rivestimento esterno	- Lastre	Lamiera grecata Lastre di malleabile plastico Lastre in fibrocemento Imprescindibili, zanzie bituminose	Sp= 0,056 Sp= 0,3 Sp= 0,6		Secco Secco Secco	*	78/70 1200 1100	1900 1460 1800	0,2 0,37	** *	*** *** **	*** *** ***	*** *** ***		
		- Elementi discontinui	Terra alleggerita Terra e paglia Terra battuta Laterizio Bambù	Sp= 15 Sp= 12 Sp= 14 12x25xh5,5 Sp= 1,9		Umido Umido/secco Umido Secco	*** *** *** ***	800 800 2000 1710 700	1100 1100 1000 1000 2100	0,25 0,25 0,95 0,441 0,17	*** *** *** *** ***	*** * ** *** **	*** * * *** **	*** * * *** **		
		- Formati in opera	Intonaco	Sp= 3		Umido	**	1200	1000	0,33	***	**	**	**	**	
	Strato isolante	- Lastre	Origine animale Origine vegetale Origine minerale Origine sintetica	Sp= 4 Sp= 2 Sp= 5 Sp= 4		Secco Secco Secco Secco	*** *** *** *	30 100 100 25	1500 1800 1300 1450	0,04 0,042 0,045 0,036	** *** *** *	** * *** **	** * *** ***	** * *** ***	* * *** ***	
		- Lastre	Terra e paglia Balle di paglia CSB	Sp= 6 Sp= 45 Sp= 4		Umido/secco Secco Secco	*** *** **	800 120 650	1100 2000 1700	0,25 0,064 0,13	*** *	*** **	** *	** ***	** ***	* ***
	Strato di supporto	- Elementi discontinui	Terra alleggerita Terra e paglia Terra battuta Laterizio forato Calcestruzzo	Sp= 15 Sp= 12 Sp= 14 4 8x30xh14 50x8xh20		Umido Umido/secco Umido Umido/secco	*** *** *** *** **	800 800 2000 742 2250	1100 1100 1000 1000 1000	0,25 0,25 0,95 0,222 0,73	*** *** *** *** ***	*** *** *** *** ***	*** *** *** *** ***	*** *** *** *** ***	*** *** *** *** ***	*** *** *** *** ***
		- Prefabbricati	Pannelli sandwich	Sp= 2,5		Secco	**	31	1450	0,28	**	**	**	**	**	
		- Lastre	Cartongesso Lastre in fibrocemento Bambù	Sp= 2 Sp= 0,6 Sp= 1,9		Secco Secco Secco	** *	900 1625 700	1090 1600 2100	0,21 0,34 0,17	*** ** **	*** *** **	** *** *	** *** *	** *** *	** *** *
	Rivestimento interno	- Elementi discontinui	Ceramica	Sp= 0,8		Umido	**	2300	800	1,3	***	***	**	***	***	
		- Formati in opera	Intonaco	Sp= 3		Umido	**	1200	1000	0,33	***	***	**	**	**	
Chiusura orizzontale o inclinata	Lastre	- Formati in opera	Laterocemento Lamiera grecata e soletta c.a.	Sp= 12 Sp= 15		Umido Umido/secco	** ***	1375 1800	840 1000	0,70 0,94	*** **	** ***	** ***	*** ***		
		- Prefabbricati	Predalle	Sp= 18/7		Secco	**	1800	900	0,58	***	***	***	***		
		- Elementi discontinui	Legno Bambù	Sp= 15 d= 7		Secco Secco	*** ***	700 400	2100 2500	0,17 0,11	* *	* *	* *	* *		
	Elementi puntiformi	- Formati in opera	Calcestruzzo armato	Sp= 30		Umido	**	2400	1000	2,5	***	***	***	***		
		- Prefabbricati	Calcestruzzo armato Acciaio Legno	Sp= 60 Sp= 10 Sp= 15		Secco Secco Secco	** * ***	2400 7650 400	1000 1900 2500	2,5 52 0,11	*** ** **	*** *** **	*** *** *	*** *** *	*** *** *	
	Tralicci/graticci	- Elementi discontinui	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 10		Secco Secco Secco	* *** **	7650 700 400	1900 2100 2500	52 0,17 0,11	** * *	** * *	** * *	** * *	** * *	
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 10		Secco Secco Secco	* *** **	7650 700 400	1900 2100 2500	50 0,17 0,11	** ** **	** ** **	** * *	** * *	** * *	
		- Elementi discontinui	Acciaio Bambù	Sp= 5 d= 6		Secco Secco	* ***	7650 700	1900 2100	52 0,17	** *	** *	** *	** *	** *	
	Arco	- Elementi discontinui	Acciaio Bambù	Sp= 5 d= 6		Secco Secco	* ***	7650 700	1900 2100	52 0,17	** *	** *	** *	** *	** *	
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 30		Secco Secco Secco	* *** **	7650 700 400	1960 2100 2500	52 0,17 0,11	** ** **	** ** **	** ** **	** * *	** * *	** * *

STRUTTURA	TIPOLOGIA	REALIZZAZIONE	MATERIALE	DIMENSIONI MINIME (cm)	FOTO/SCHEMA	SISTEMA COSTRUTTIVO UMIDO/SECCO	PROVENIENZA	DENSITA' (kg/m³)	CALORE SPECIFICO (J/kgK)	CONDUCIBILITA' TERMICA (λ-w/mK)	COMPARTAMENTO AL FUOCO	IMPATTO AMBIENTALE TRASPORTO	IMPATTO AMBIENTALE LAVORAZIONE	IMPATTO AMBIENTALE SMALTIMENTO	
Struttura portante orizzontale o inclinata	Lastre	- Formati in opera	Laterocemento Lamiera grecata e soletta c.a.	Sp= 12 Sp= 15		Umido Umido/secco	** ***	1375 1800	840 1000	0,70 0,94	*** **	** ***	** ***	*** ***	
		- Prefabbricati	Predalle	Sp= 18/7		Secco	**	1800	900	0,58	***	***	***	***	
		- Elementi discontinui	Legno Bambù	Sp= 15 d= 7		Secco Secco	*** ***	700 400	2100 2500	0,17 0,11	* *	* *	* *	* *	
	Elementi puntiformi	- Formati in opera	Calcestruzzo armato	Sp= 30		Umido	**	2400	1000	2,5	***	***	***	***	
		- Prefabbricati	Calcestruzzo armato Acciaio Legno	Sp= 60 Sp= 10 Sp= 15		Secco Secco Secco	** * ***	2400 7650 400	1000 1900 2500	2,5 52 0,11	*** ** **	*** *** **	*** *** *	*** *** *	*** *** *
	Tralicci/graticci	- Elementi discontinui	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 10		Secco Secco Secco	* *** **	7650 700 400	1900 2100 2500	52 0,17 0,11	** * *	** * *	** * *	** * *	** * *
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 10		Secco Secco Secco	* *** **	7650 700 400	1900 2100 2500	50 0,17 0,11	** ** **	** ** **	** * *	** * *	** * *
		- Elementi discontinui	Acciaio Bambù	Sp= 5 d= 6		Secco Secco	* ***	7650 700	1900 2100	52 0,17	** *	** *	** *	** *	** *
	Arco	- Elementi discontinui	Acciaio Bambù	Sp= 5 d= 6		Secco Secco	* ***	7650 700	1900 2100	52 0,17	** *	** *	** *	** *	** *
		- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp= 5 d= 6 Sp= 30		Secco Secco Secco	* *** **	7650 700 400	1960 2100 2500	52 0,17 0,11	** ** **	** ** **	** * *	** * *	** * *

CHIUSURA	STRATO	REALIZZAZIONE	MATERIALE	DIMENSIONI MINIME (cm)	FOTOSCHEMA	SISTEMA COSTRUTTIVO UMIDO/SECCO	PROVENIENZA	DENSITA' (kg/m³)	CALORE SPECIFICO (J/kgK)	CONDUCIBILITÀ TERMICA (λ=0,05mK)	COMPOR-TAMENTO AL FUOCO	IMPATTO AMBIENTALE TRASPORTO	IMPATTO AMBIENTALE LAVORAZIONE	IMPATTO AMBIENTALE SMALTIMENTO	
		- Lastre	Lamiera grecata Lastre di resinate Lastre in fibrocemento Impermeabilizzanti bituminose	Sp= 0,056 Sp= 0,3 Sp= 0,6		Secco	*	7870	1600	80	**	***	***	***	
	Rivestimento esterno	- Elementi discontinui - Rivestimenti vegetali	Laterizio Bambù Cemento Foglie di banano Foglie di palma da cocco	Sp= 1 d= 6 Sp= 1 Sp= 2 Sp= 2	  	Secco Secco Secco Secco	*** *** ** *** ***	1600 700 2100 120 120	840 2100 1000 2000 2000	0,38 0,17 1,5 0,07 0,07	*** *** *** * *	*** *** *** * *	*** *** *** * *	*** ** *** * *	
	Strato isolante	- Lastre	Origine animale Origine vegetale Origine minerale Origine sintetica	Sp= 4 Sp= 2 Sp= 5 Sp= 4	   	Secco Secco Secco Secco	*** *** ** *	30 100 40 25	1500 1800 837 1450	0,04 0,042 0,042 0,056	** ** *** *	** * ** ***	* * ** ***	* * * ***	* * * ***
Chiusura orizzontale/inclinata		- Lastre	Lamiera grecata OSB	Sp= 0,056 Sp= 4	 	Secco Secco	* **	7870 650	1800 1700	80 0,13	** *	*** **	*** ***	*** ***	*** ***
	Strato di supporto	- Elementi discontinui - Prefabbricati	Legno Bambù Terra alleggerita Terra e paglia Terra battuta Laterizio forato Acciaio	Sp= 5 d= 6 Sp= 15 Sp= 12 Sp= 14 4,8x30x14 Sp= 5	      	Secco Secco Umido Umido Umido/secco Umido/secco Secco	*** *** *** *** *** *** *	400 700 800 800 2000 742 7850	2500 2100 1100 1100 1000 1000 1900	0,11 0,17 0,25 0,25 0,95 0,222 52	** * *** *** *** *** **	* * * * * * ***	* * * * * * ***	* * * * * * ***	* * * * * * ***
	Rivestimento interno	- Lastre - Formati in opera	Cartongesso Lastre in fibrocemento Bambù Intonaco	Sp= 2 Sp= 0,6 Sp= 1,9 Sp= 3	   	Secco Secco Secco Umido	** * ** **	900 1625 700 1200	1090 1800 2100 1000	0,21 0,34 0,17 0,33	*** ** ** ***	** *** * **	** *** * **	** *** * **	** *** * **

4.6 Conclusioni

Sulla base delle tabelle precedenti di confronto, possiamo concludere che l'unico materiale in grado di assumere una tipologia strutturale ad arco senza prefabbricazione e l'uso di particolari sistemi di supporto per la messa in opera, come ad esempio le centine, è il bambù. Inoltre, è una grande risorsa naturale presente in larga misura sul territorio ed ha un impatto ambientale minimo, rispetto a tutti gli altri materiali in quanto, per la messa in opera, non richiede alcun tipo di lavorazione o prefabbricazione, a parte i trattamenti di preservazione.

Capitolo 5

LA SPICE PROCESSING UNIT

5.1 La fabbrica

Il progetto di cui si occupa questa tesi è quello di una Spece Processing unit nel villaggio di Buttala. L'edificio è già stato realizzato ma con una struttura completamente in acciaio e calcestruzzo, i due materiali più utilizzati nelle costruzioni dell'isola.

L'obiettivo di questa tesi è quello di riproporre un nuovo edificio sfruttando le risorse locali e riportando alla luce le caratteristiche dell'architettura vernacolare, oramai schiacciata dal desiderio di dimostrare la crescita economica. Questo infatti è quello che accade nello Sri Lanka: si costruisce in acciaio e calcestruzzo, si costruiscono grattacieli e il tutto per mostrare al mondo che il paese si sta sviluppando, sta crescendo. Dall'altro lato è anche da considerare l'interesse che hanno India e Cina di ottenere il controllo dei commerci, a causa della sua posizione strategica al centro dei commerci asiatici, acquistando grandi lotti di terreno e costruendo con materiali che loro stessi importano in grande quantità nel paese.

Il sito è orientato lungo l'asse sud-ovest e nord-est e per metà è costeggiato da una strada. Nella parte sud-ovest è presente un canale per la raccolta e lo smaltimento delle acque piovane, canale molto importante durante le stagioni delle piogge per evitare l'allagamento di lotto e fabbrica. Il lotto internamente è stato suddiviso quasi a metà tra quella che è la parte che ospita l'edificio vero e proprio (a nord-ovest) e quella dove sono previste le fasi di lavorazione ad umido e le stazioni di compost (sud-est).

La strada che costeggia il sito permette di avere due ingressi bene separati per l'arrivo del materiale grezzo e l'uscita del materiale lavorato dal magazzino. Seguendo il percorso produttivo, si entra dal gate 2, dove è presente un box per il controllo degli ingressi e delle uscite. Da lì, si va verso la stanza 1 dove il materiale viene pesato e poi depositato per iniziare la lavorazione nella stanza 3 dove viene accuratamente lavato. Queste tre stanze sono poste tutte all'interno di una sorta di box,

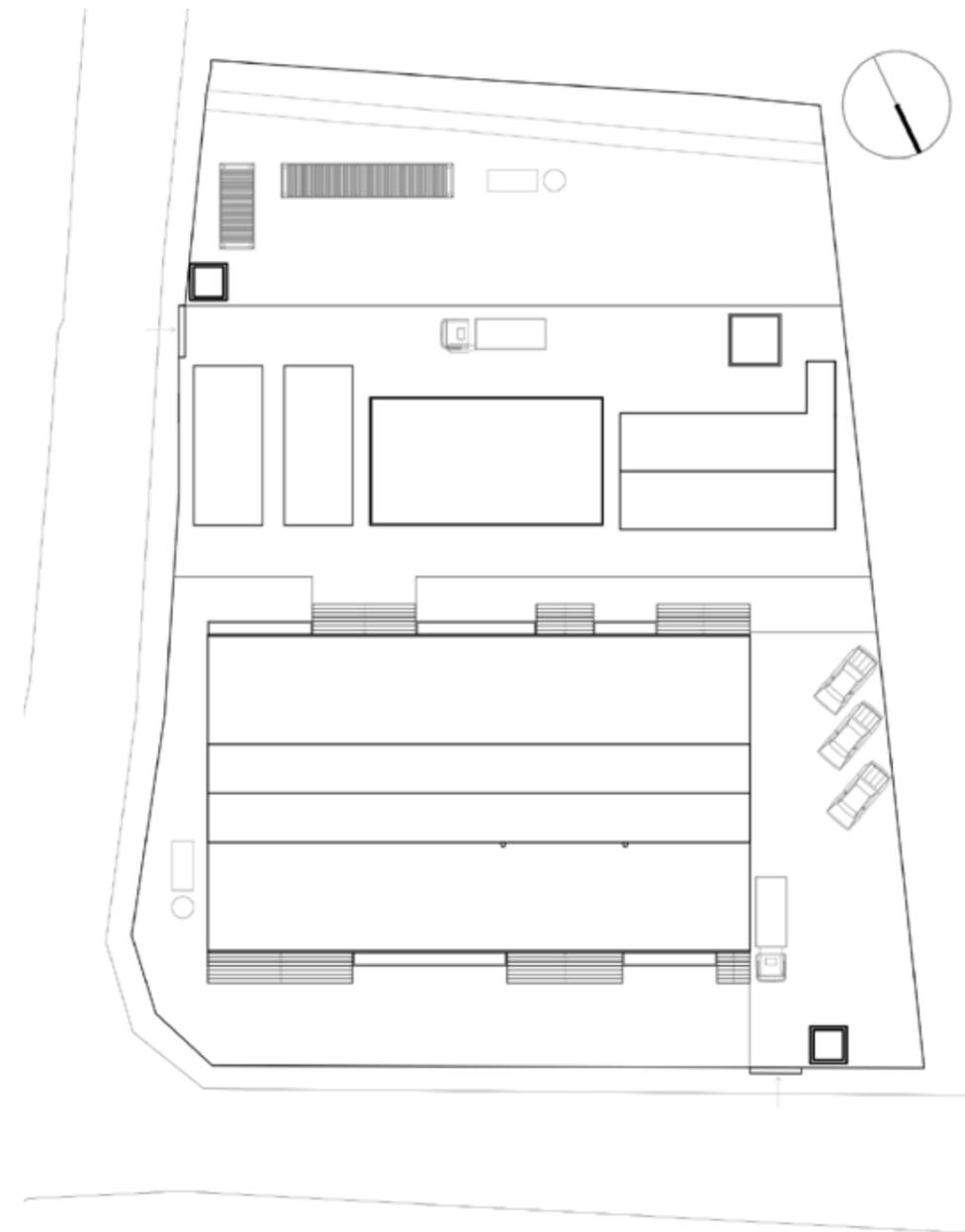
per evitare che il materiale grezzo si bagni prima della lavorazione ma, soprattutto per tenere il materiale stoccato al sicuro da eventuali intrusioni e furti. Attaccato a questo box c'è un deposito per la legna utilizzata nella fase di cottura, al riparo dalla pioggia per evitare di rallentare il processo di produzione se la legna è umida.

L'ultima parte di lavorazione esterna è costituita da un essiccatore solare e da due tunnel solari. L'essiccatore consiste in una grande platea di calcestruzzo sopra la quale verranno depositate delle stuoie. Questo procedimento verrà interrotto in caso di pioggia ma, al suo posto, possono essere utilizzati i tunnel solari che sono una sorta di vasche rialzate da terra e coperte da un telo di plastica trasparente. La stazione di compostaggio si trova vicina la canale di raccolta delle acque e il più lontano possibile dall'edificio, per evitare che eventuali insetti ed animali entrino nella fabbrica contaminando i prodotti lavorati.

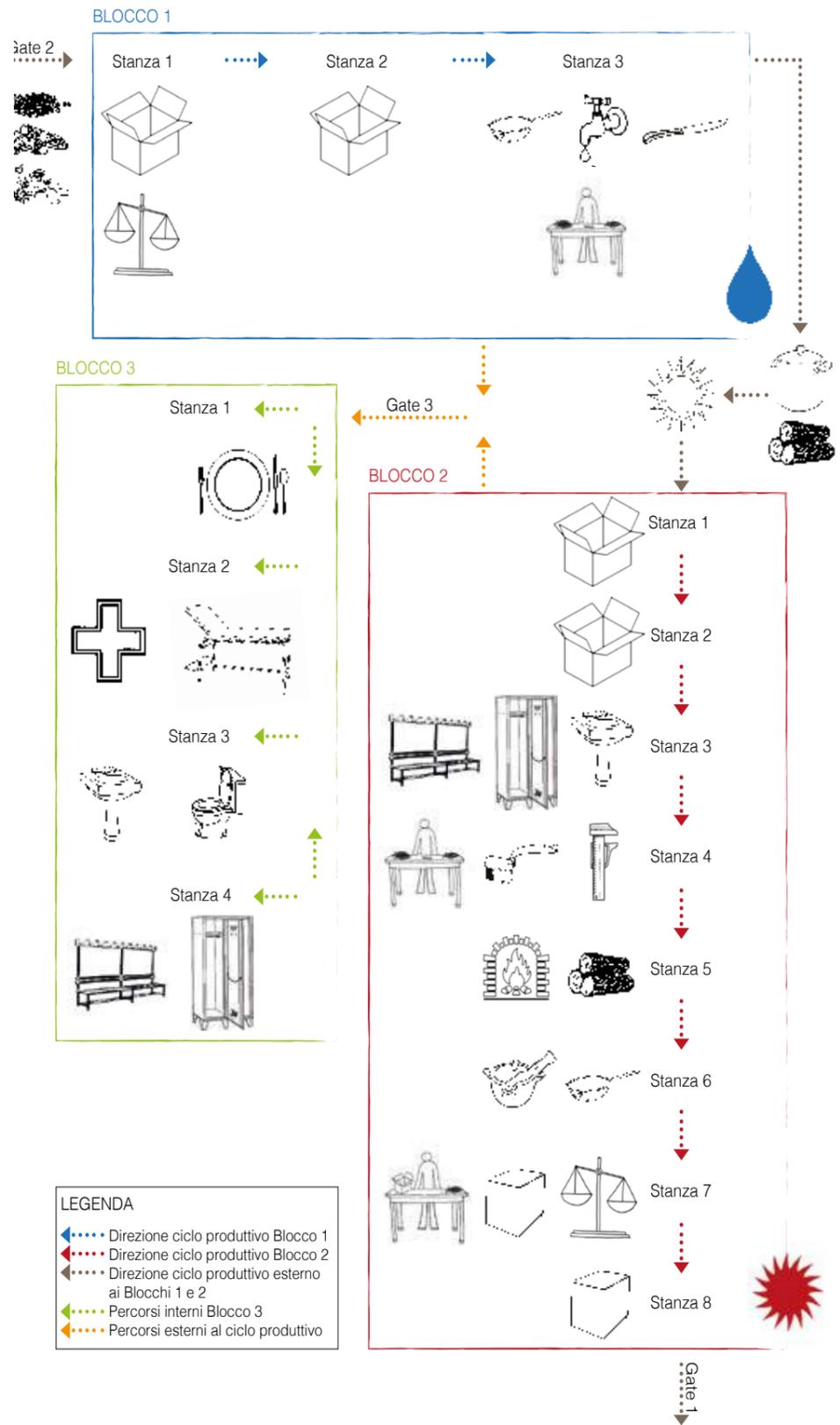
A questo punto si entra nella fabbrica vera e propria che vede al suo interno raccolti tutti i procedimenti a secco e, separata da questa, la zona dei servizi. Anche il corpo della fabbrica è sviluppato secondo il senso dei processi produttivi e disposto in modo tale che le stanze meno utilizzate facciano da schermi per la radiazione solare. A questa latitudine l'inclinazione del sole è di quasi 90° sul mezzogiorno e per questo non ci preoccupiamo troppo dell'esposizione a sud perché è praticamente nulla. Quelli che sono più interessanti, invece, sono i lati est ed ovest, dove la radiazione solare arriva nella prime ore della mattina e nel pomeriggio. Ed è proprio in questi due lati che sono stati disposti gli ambienti di sacrificio e cioè il blocco dei servizi, ad est, e il magazzino, ad ovest.

Altra stanza che richiede particolare attenzione è quella dei forni (stanza 5), l'ambiente più caldo della fabbrica e che necessita di determinati spazi per il deposito della legna. Per evitare che il calore passi direttamente da questa stanza alle altre è stato messo un corridoio di filtro ed è stata separata ai lati. Altra accortezza è stata quella di predisporre grandi vetrate e finestre per la ventilazione dell'ambiente interno.

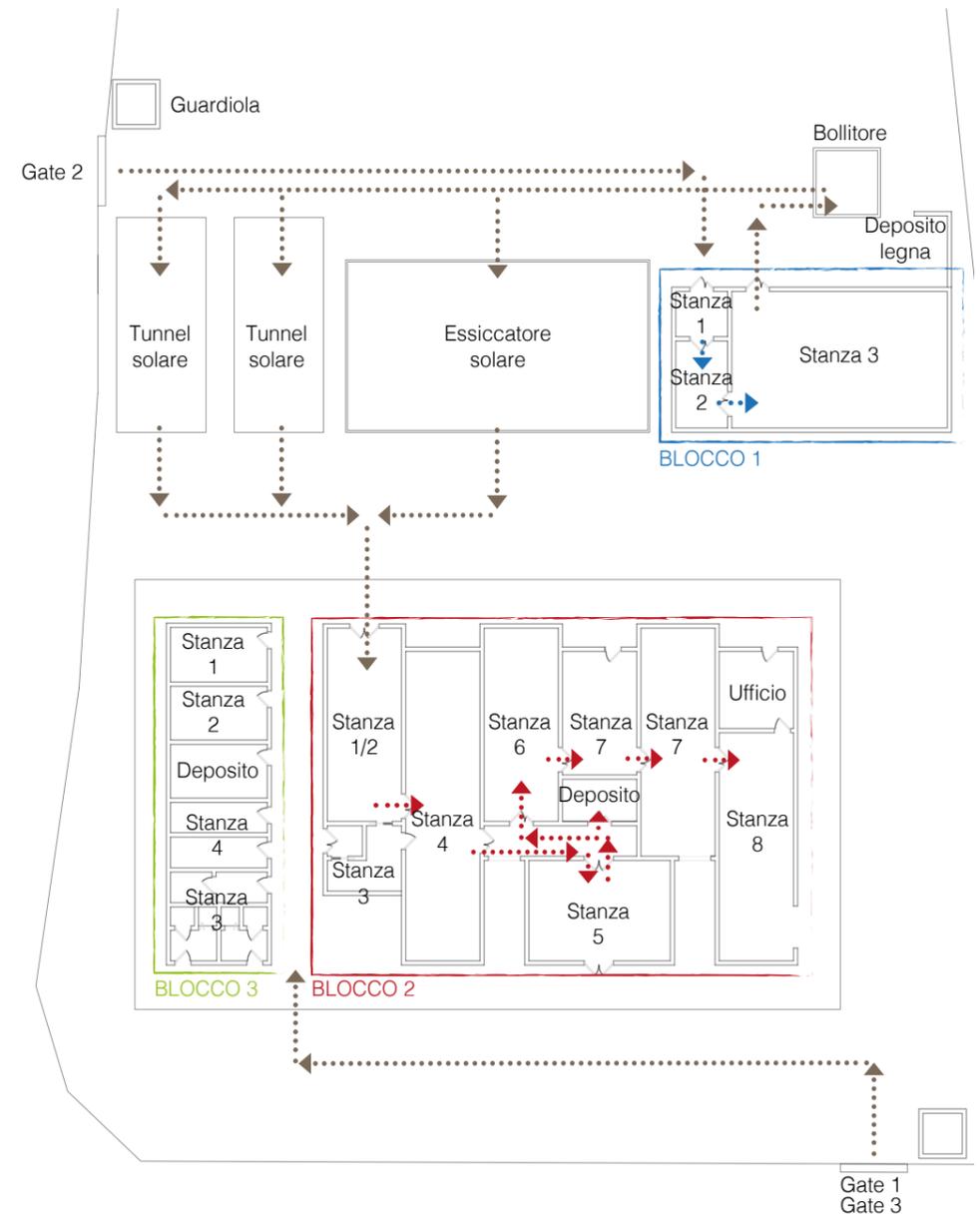
La progettazione di questa fabbrica non si è basata sulla semplice analisi e disposizione degli ambienti in base ai flussi produttivi o sulla base di scelte estetiche ma, ha tenuto conto anche di quelli che sono i



1- Planimetria lotto



2- Ambienti e dotazione della fabbrica



3- Flusso di produzione della fabbrica

requisiti passivi e quindi ci siamo posti l'obiettivo di cercare di garantire un certo livello di confort interno per quanto riguarda l'illuminazione e umidità, due dei problemi maggiori. Tutto questo perché a volte il costo di gestione di un edificio è molto alto o comunque incide in maniera rilevante nell'elenco dei costi e non prestare attenzione a determinati fattori, va contro quello che è l'obiettivo principale della fabbrica e cioè un impianto che porti lavoro e riduca la povertà presente nel villaggio.

Sulla base di questi principi passivi, si sono prese in analisi le principali problematiche a livello climatico che sono:

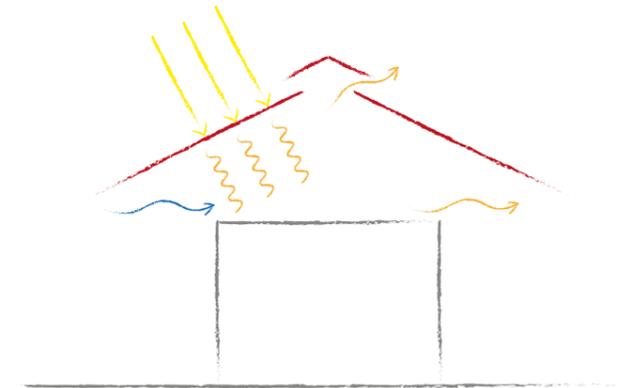
- Radiazione solare;
- Pioggia;
- Umidità.

Per quanto riguarda la radiazione solare, bisogna cercare di non far arrivare direttamente il calore all'interno dell'edificio ponendo degli schermi. Il nostro schermo è rappresentato dalla grande struttura di copertura che funge anche da ottimo sistema per la protezione dalla pioggia. In questo modo, se ci dovessero essere delle infiltrazioni di acqua, queste non arriverebbero direttamente dentro la fabbrica, perché sarebbero schermate dai solai dei blocchi di produzione.

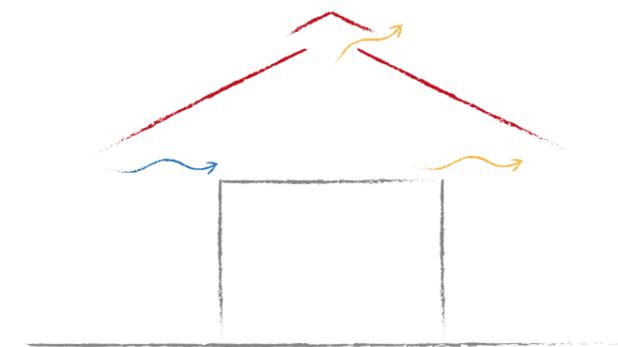
La questione delle piogge è la più importante da tenere in considerazione, soprattutto in relazione alle quote altimetriche del lotto. Sappiamo infatti, che per metà, il lotto si trova a circa -1,8 m rispetto a livello stradale. Le stagioni monsoniche portano con loro grandi ondate di pioggia che, in molti casi, causano inondazioni ed allagamenti. Con queste situazioni estreme, non è assicurato che il canale funzioni alla perfezione e che riesca a smaltire completamente l'acqua che vi si riversa. Per questo motivo, per proteggere il più possibile gli ambienti interni da eventuali allagamenti, si è proceduto con l'alzare la quota del pavimento della fabbrica di +1,2 m e disporre una serie di canali tutto intorno per la raccolta dell'acqua.

Per il problema dell'umidità, bisogna garantire una certa ventilazione all'interno degli ambienti per ridurre la quantità. Si è partiti proprio con l'analizzare le principali direzioni dei venti, che dipendono molto dall'andamento dei monsoni. Nella pratica: i venti dei monsoni spirano, in base alle stagioni, da sud-ovest o da nord-est. Lungo questo asse

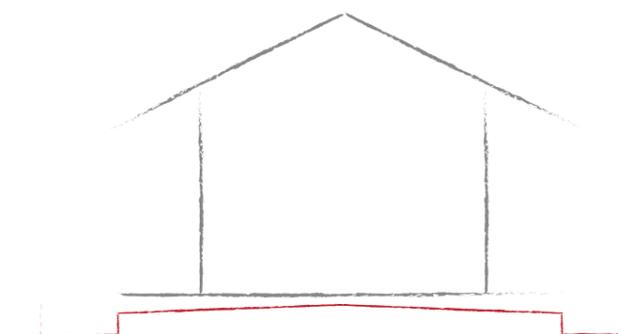
Radiazione solare



Umidità



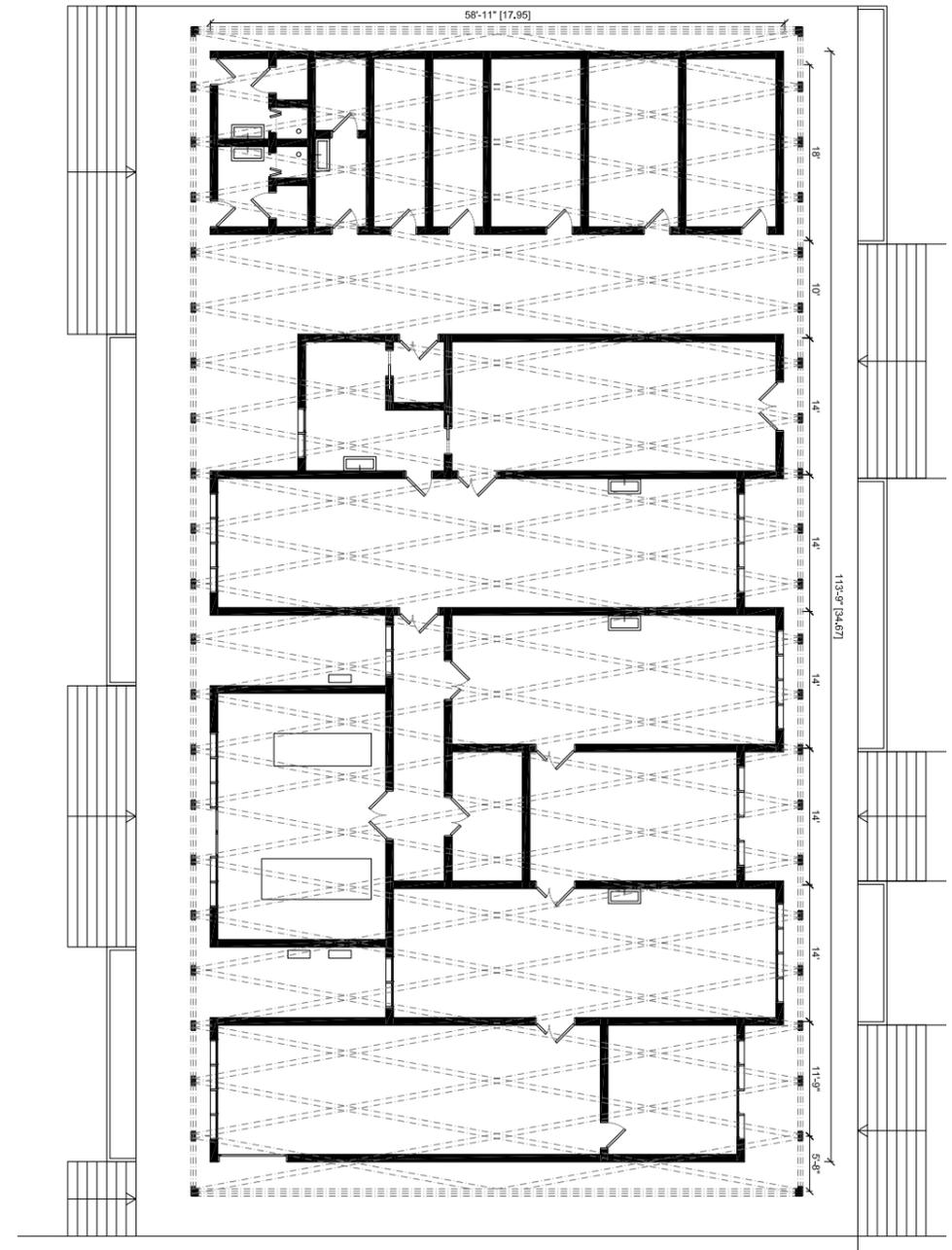
Pioggia



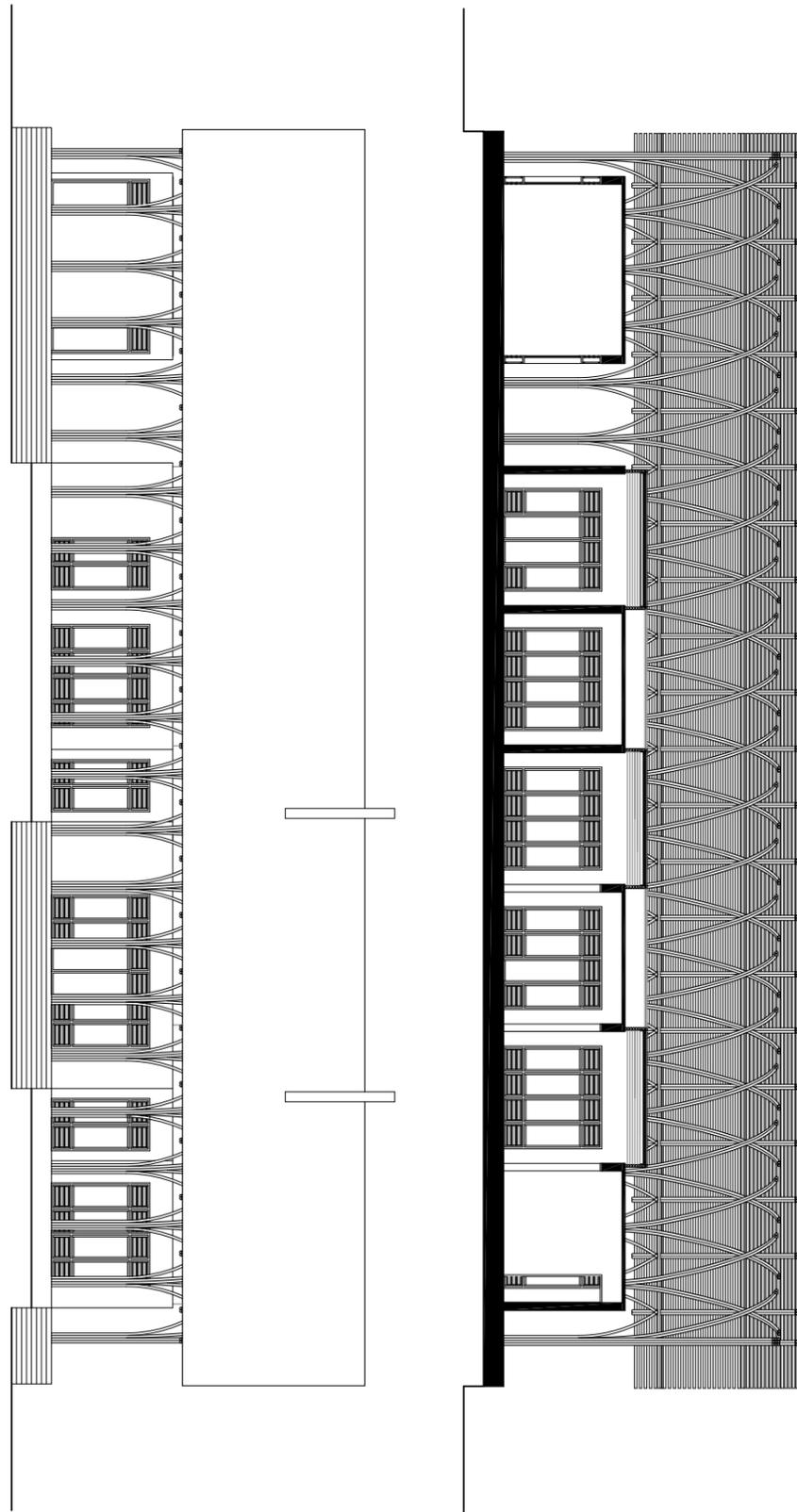
4- Le strategie passive

è posizionato proprio il nostro edificio e si è provveduto a posizionare delle apposite finestre nella parte alta e nella parte bassa di ogni lato perpendicolare alla direzione dei venti. Queste finestre sono dotate di schermi mobili e possono essere regolate in base all'intensità dei venti. Nello specifico, nel caso in cui, in una particolare giornata, il venti spiri particolarmente forte e sia causa dell'ingresso di polveri o problemi per la produzione, questi infissi possono chiudersi completamente o in parte, a seconda della necessità. Per lo stesso motivo, e per garantire un certo livello di illuminazione interna, sono stati posti dei lucernari lungo la copertura, apribili verso l'interno, così da poter anche essere puliti in base alla necessità.

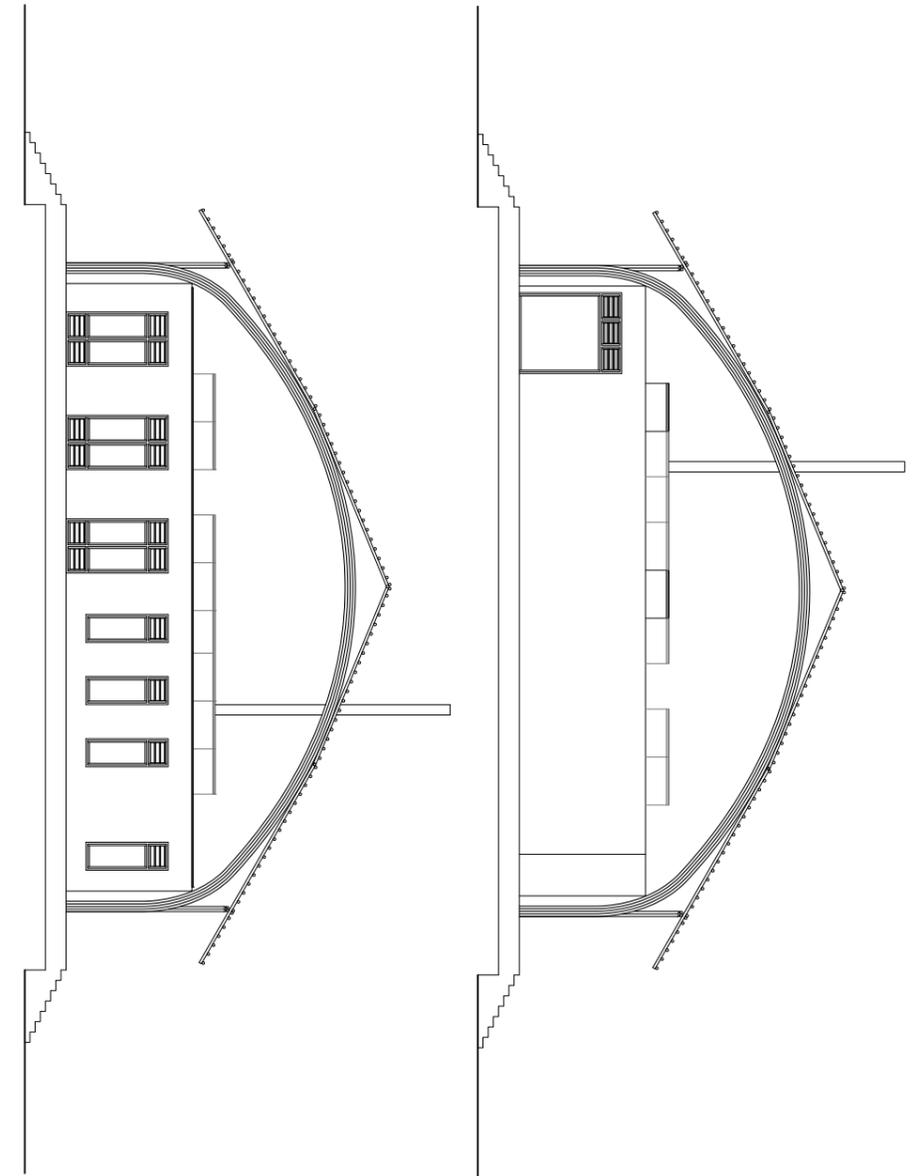
In ogni finestra apribile e lucernaio sono state previste apposite zanzariere per evitare l'ingresso all'interno della struttura di insetti ed animali.



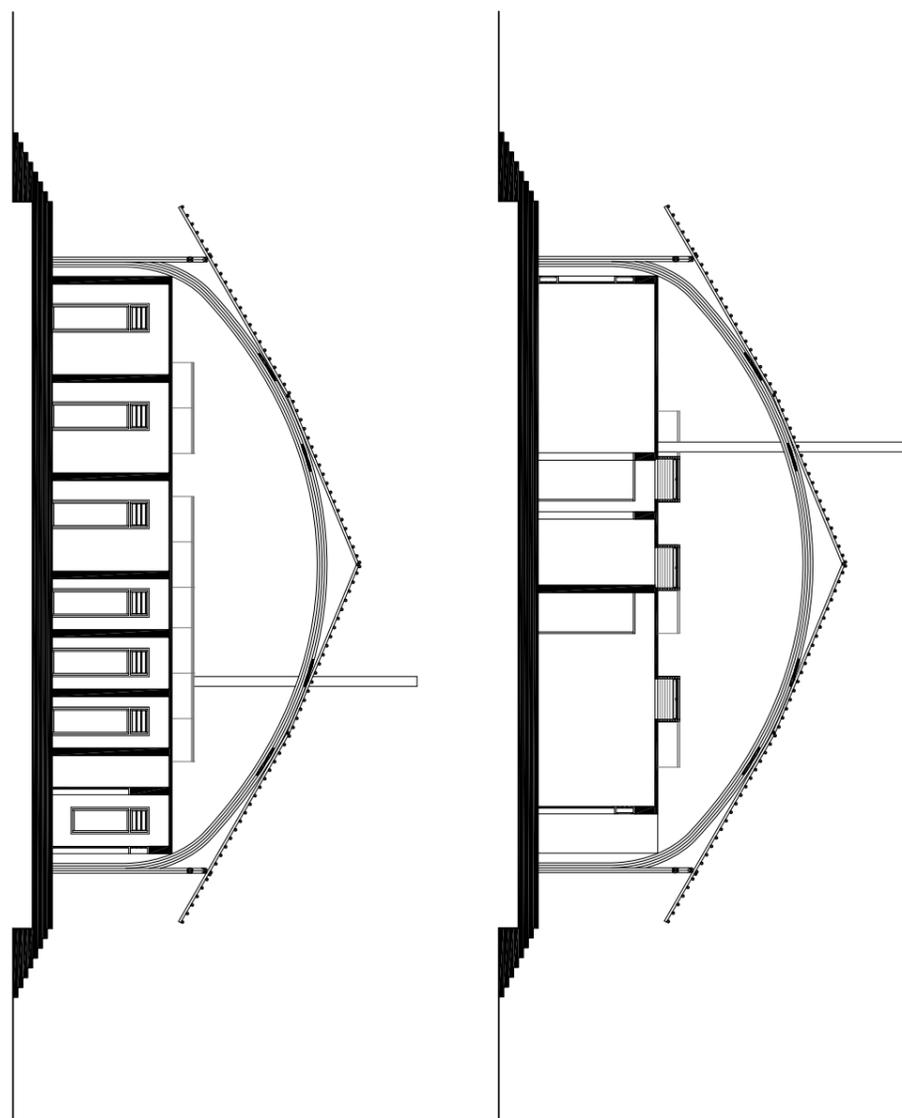
5- La pianta dell'impianto



6- Il prospetto nord e la sezione longitudinale



7- Il prospetto est e il prospetto ovest



8- Le sezioni trasversali

5.2 La grande copertura

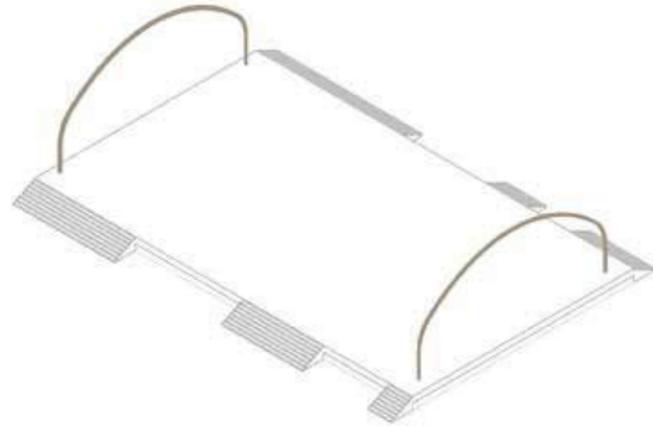
L'elemento principale di questa fabbrica è la grande copertura in bambù che risponde a determinate strategie passive ed enfatizza molto la scelta dell'uso del materiale in questo progetto. La struttura della copertura consiste in una serie di archi che si intrecciano tra loro in modo da formare una struttura unitaria e collaborante. Ogni arco è composto a sua volta da due archi accoppiati. Gli archi non sono perpendicolari al piano di facciata ma ruotati in modo da arrivare a terra due posizione successive rispetto al punto di partenza. Nella parte terminale e in quella iniziale della copertura sono presenti degli archi di testa che racchiudono tra loro tutto il sistema della struttura.

Sopra questi archi sono poi stati disposte travi e travetti, che costituiscono il sostegno per manto di copertura, realizzato con foglie di palma, che sono a loro volta sorretti da archi a sesto acuto disposti tra le campate dei grandi archi della struttura. Nelle immagini delle pagine successive è possibile vedere come si compone la struttura di questa grande copertura per fasi, divise in base ai vari elementi.

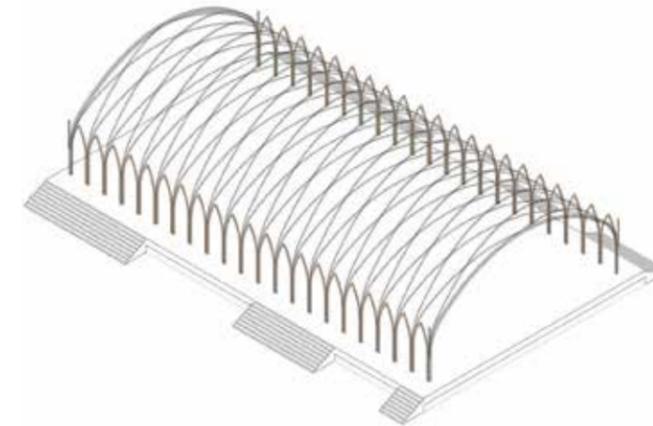
La forma degli archi vuole cercare di portare allo stremo le capacità del materiale per mostrarne tutta la sua flessibilità. In particolare, l'arco parte rettilineo per poi incurvarsi mano a mano che sale fino a cambiare direzione a metà per ripetere specularmente la curva appena fatta. La curva che segue l'arco di bambù può essere interpretata come una curvatura naturale portata allo stremo.

Per questa struttura si utilizzeranno tutte canne con un diametro di 8 cm, una dimensione che permette al materiale una buona flessibilità nella piegatura e una certa resistenza meccanica.

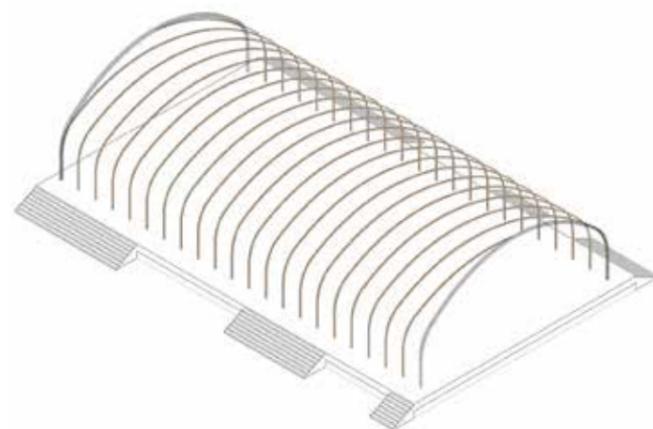
Vista la particolarità di questa copertura e le sue dimensioni (alta 8,5 m con una luce di circa 19 m), ci siamo posti il problema della stabilità che abbiamo provato a risolvere con dei calcoli basilari, tendendo conto solamente del peso proprio della struttura e della copertura, in quanto non si hanno altri carichi particolari oltre al vento. Per rendere più semplice il calcolo si sono schematizzati gli archi con la forma di archi parabolici e come vincoli sono state utilizzate le cerniere, in modo da andare a favore della sicurezza verificando la struttura con la situazione più sfavorevole.



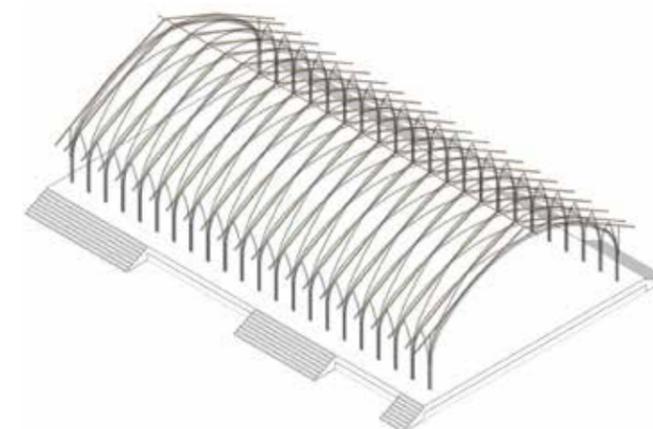
FASE 1- Archi di chiusura del graticcio di copertura



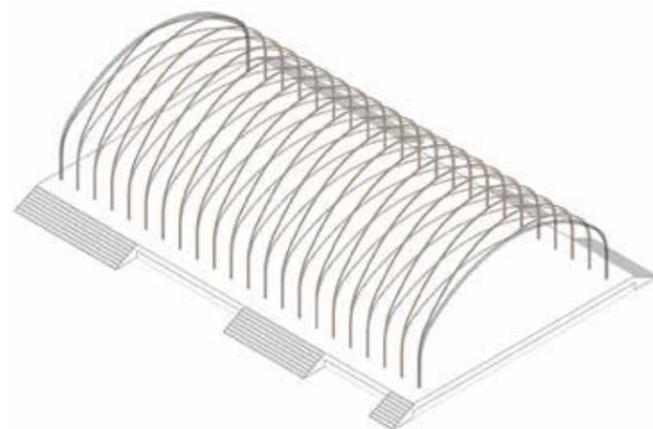
FASE 4- Archi a sesto acuto laterali



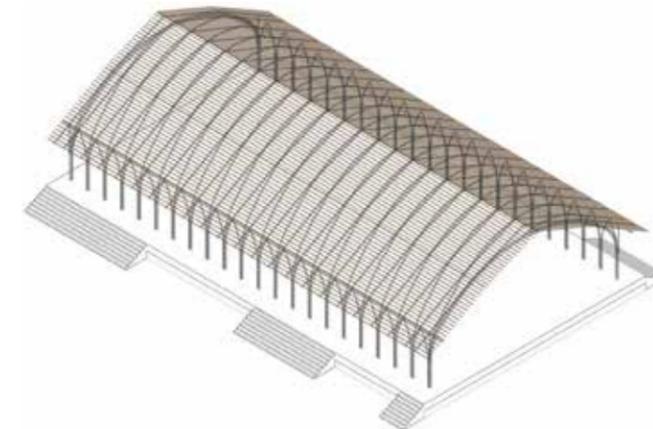
FASE 2- Archi del graticcio di copertura verso destra



FASE 5- Travi secondarie



FASE 3- Archi del graticcio di copertura verso sinistra



FASE 6- Travetti

Nel libro di “Scienza delle costruzioni” di Riccardo Baldacci, volume secondo, sono riportati nella tabella IX di pagina 288 alcuni schemi strutturali di archi parabolici a due cerniere con varie tipologie di carico applicate. Da queste tabelle è possibile ricavare il momento in mezzzeria e le varie reazioni vincolari, inserendo nelle formule il valore del carico che deve sopportare la struttura. Nel nostro caso abbiamo solo il peso proprio della struttura e il peso non strutturale delle foglie di palma. Nella tabella di figura (9) è possibile vedere il calcolo che è stato eseguito per stabilire i carichi in gioco e successivamente la verifica della struttura. Come valore limite di sforzo a trazione e compressione (sigma massima) prendiamo come riferimento 60 N/mm². Procedendo con i calcoli come da tabella, otteniamo che la tensione di progetto è 1,56 kg/cm² e, per poter essere verificata una struttura, la tensione di progetto deve essere inferiore della tensione massima. Nel nostro caso la struttura risulta verificata.

Per quanto riguarda la tabella della figura (10), i calcoli riguardano la verifica della struttura sottoposta ad un vento con velocità di 50 Km/h.

Il carico del vento è un valore dato dalla moltiplicazione di diversi fattori tra i quali la velocità del vento, il coefficiente di esposizione, il coefficiente di forma e il coefficiente dinamico. Per poter verificare la struttura con una certa velocità di vento, questa va convertita in modo da essere utilizzata nei calcoli sotto forma di pressione cinetica di riferimento, come illustrato nelle NTC 2008, nel capitolo 3 “azioni del vento”. In questa sezione vengono spiegati tutti i criteri di scelta dei vari coefficienti. Per i nostri calcoli i coefficienti considerati sono illustrati nella tabella a fianco. Dopo la scelta dei coefficienti si procede al calcolo del carico del vento che poi dovrà essere moltiplicato per la larghezza della sezione che influisce sull’arco analizzato, che risulta di 1,72 m.

Sempre sulla base degli schemi del libro di “Scienza delle costruzioni” di Riccardo Baldacci, volume secondo, riportati nella tabella IX di pagina 288, riusciamo a ricavare il momento in mezzzeria e, successivamente, la tensione di progetto. Paragoniamo questo valore con la tensione massima utilizzata in precedenza (60 N/mm²) e la struttura sarà verificata se la tensione massima è maggiore di quella di progetto: la struttura risulta verificata anche per il carico del vento.

Materiale	Densità (kg/m ³)	Numero elementi	Diametro (m)	Area sezione	Spessore (m)	Carico (kg/m)
Bambù	700	94	0,08	0,000157		10,3
Foglie di palma	120	-	-	0,344	0,2	41,28
Totale	-	-	-	-	-	51,6

Altezza arco	8,49	m		
Luce	19,12	m		
Area influenza	1,72	m		
σ_{max}	60	N/mm ²	611	kg/cm ²

Momento di inerzia J ₀	1,66322E-06	m ⁴		
Coefficiente di Poisson	0,000275572			
Momento in mezzzeria	0,649741558	Kg*m		
$\sigma_{progetto}$	15626,12393	kg/m ²	1,562612393	kg/cm ²

Verifica	$\sigma_{max} > \sigma_{progetto}$	611 > 1,56	VERIFICATO
----------	------------------------------------	------------	------------

9- Verifica struttura carichi strutturali e non strutturali

Velocità vento	50	km/h	13,89	m/s
Densità aria	1,25	kg/m ³		
Pressione cinetica di riferimento	120,56	N/m ²	12,06	kg/m ²
Coefficiente esposizione	1,5			
Coefficiente forma	1			
Carico vento	18,08	kg/m ²		
Carico vento su parete	31,11			
Momento in mezzzeria	-80,04	kg*m		
$\sigma_{progetto}$	-1924992,08	kg/m ²	-192,50	kg/cm ²
σ_{max}	611	kg/cm ²		
Verifica	$\sigma_{max} > \sigma_{progetto}$	611 > 192,5	VERIFICATO	

10- Verifica struttura carico del vento

5.3 I materiali

Le scelte dei materiali si sono basate sui principi dell'architettura sostenibile, intesa come architettura responsabile, attenta a quelle che sono le risorse del luogo, le caratteristiche dei materiali e il loro impatto nell'ambiente. In poche parole si può definire un'architettura low-tech. Si è cercato infatti di apportare meno tecnologia possibile per dare risalto ai materiali ed alle loro straordinarie qualità, riscoprendo quella che era l'architettura vernacolare del luogo. Per questo motivo e sulla base delle considerazioni fatte nel capitolo precedente, si è scelto di realizzare questa grande copertura in bambù, una grande struttura che copre tutto l'edificio e che enfatizza l'uso di questo materiale. Per dimostrare la grande versatilità del bambù, questo è stato utilizzato anche per la realizzazione di solai e pareti dei blocchi della fabbrica con una struttura mista di canne di bambù, cannicciato in bambù. Come per le costruzioni in legno, le canne sono state fissate a terra con appositi ancoraggi. Il tutto ricoperto con della terra, per ridurre la vulnerabilità al fuoco del materiale ed allungarne la sua durata. Alla necessità, lo strato di terra può essere intonacato o rivestito internamente con piastrelle.

La platea di base è invece l'unico elemento realizzato in calcestruzzo e si ipotizza come piano finito. Adoperando determinate ed attente scelte sui materiali siamo riusciti a limitare l'uso del calcestruzzo alla sola platea di base e l'impiego dell'acciaio ai sistemi di ancoraggio a terra della canna. Per la copertura, in linea con il pensiero della riscoperta dell'architettura vernacolare, si è prevista la realizzazione del manto di chiusura in foglie di palma da cocco. Infatti, le foglie di palma sono le più utilizzate per le coperture insieme al bambù e la parte nord dell'isola è ricca di palme tanto che, lo Sri Lanka esporta prodotti derivanti dalle palme da cocco in tutto il mondo.

5.4 I dettagli costruttivi

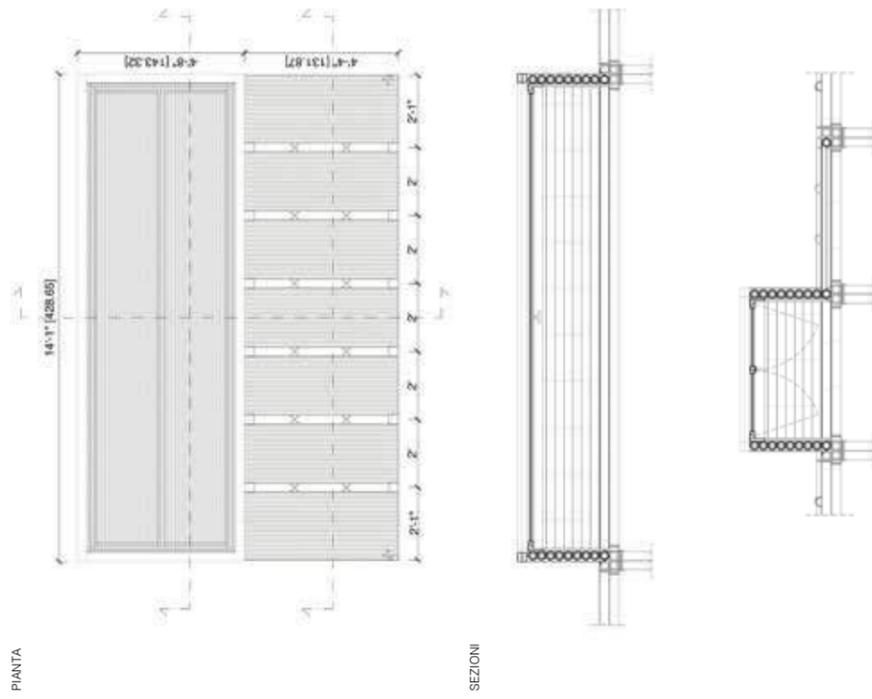
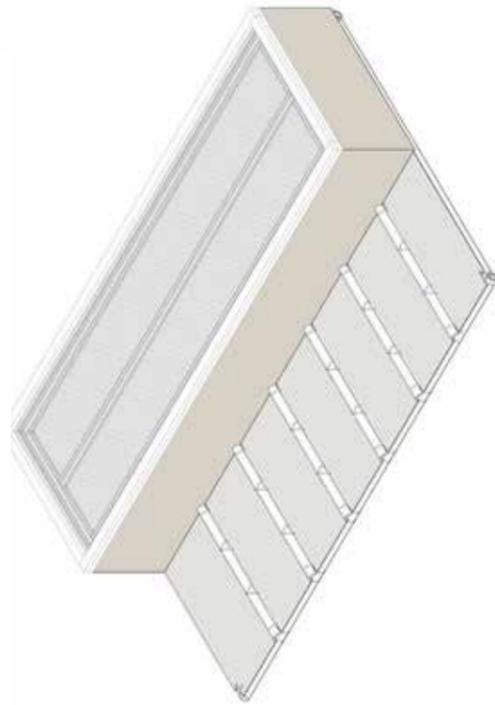
Nelle immagini successive sono riportati i dettagli costruttivi del pacchetto di copertura e della parete, entrambi con struttura in bambù e, soprattutto, prevedono entrambi l'utilizzo di canne tutte con lo stesso diametro di 8 cm. Si è scelto di utilizzare lo stesso diametro per tutte

le canne posate in opera e questo permette di enfatizzare ancora di più l'aspetto della versatilità del materiale: non è necessario cambiare la dimensione della canna per svolgere diverse funzioni all'interno del sistema edilizio ma, basta aumentare il numero di elementi utilizzati.

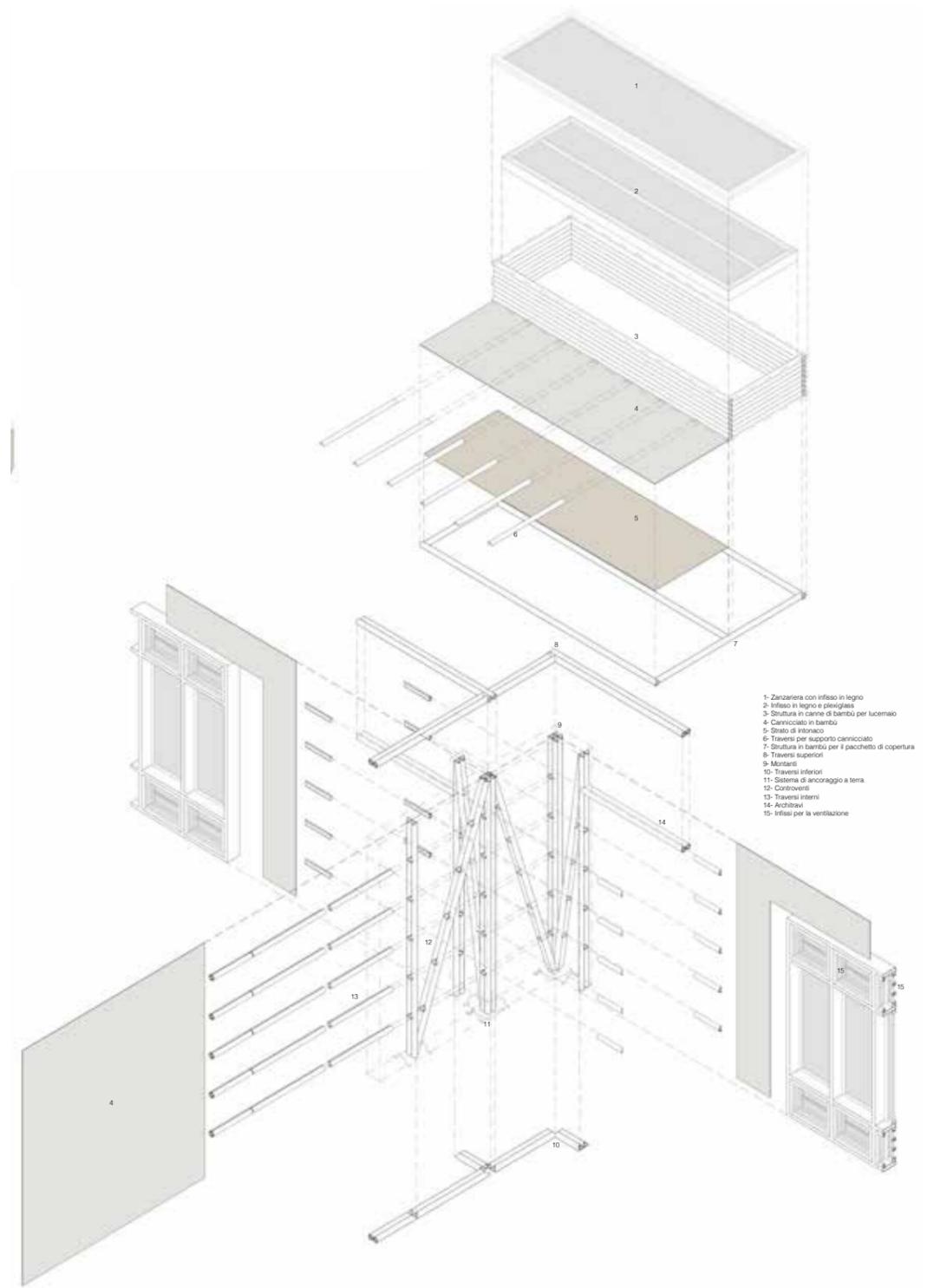
La parete

Le pareti della Spice Unite sono dei sistemi composti da montanti e traversi in bambù, con un pannello di cannicciato, sempre in bambù, all'interno. Prima della posa in opera dei montanti e dei traversi vanno disposti sulla platea di base determinati elementi in acciaio, soprattutto in corrispondenza degli angoli. Questi supporti sono una sorta di piastre con un elemento a croce centrale che servono per alloggiare le canne che poi verranno legate insieme. L'elemento centrale a croce consente di tenere insieme le canne ovviando il problema della diversa dimensione dei diametri delle canne. Se, infatti, si fosse utilizzato un elemento a bicchiere, questo doveva essere provvisto di un'apposita cerniera in grado di essere stretta all'occorrenza. Per quanto riguarda gli elementi di ancoraggio dei traversi di base, questi sono una specie di morsetti che vengono bullonati alla platea e stretti all'occorrenza.

Una volta posizionati montanti e traversi (alla base e superiori) si procede con la posa in opera dei traversi interni, ma solo su un lato del pacchetto perché poi dovrà essere posto in opera il cannicciato interno. Per potere alloggiare questi travetti è necessario che i montanti siano sagomati in quei punti. Questa operazione può essere fatta prima o dopo aver posto in opera in montanti, con determinati utensili simili a carote. Dopo la posa dello strato interno, la struttura della parete viene completata con l'aggiunta dei traversi interni, sul lato mancante, e dei controventi, che dovranno essere sagomati in corrispondenza dei traversi interni. Infine si procederà alla legatura delle varie componenti in modo da rendere il tutto stabile e collaborante. A questo punto, in corrispondenza delle aperture, saranno posati in opera i controtelai in legno che saranno fissati ai montanti. Questi controtelai avranno una larghezza tale da consentire di fare da cassero per la fase successiva di rivestimento con terra. Per proteggere il bambù da eventuali attacchi da parte di parassiti, funghi e dal fuoco, tutto il sistema di parete viene ricoperto con uno strato



12- Dettaglio copertura



13- Sfogliato di dettaglio parete e copertura

5.5 Le fasi di cantiere

Per la progettazione della struttura si è cercato di ragionare per step, quindi di procedere in base anche a quelle che sarebbero state le varie fasi di cantiere. Questo tipo di approccio si è ritenuto fondamentale per comprendere quali tipi di macchinari si sarebbero ritenuti necessari e quale sarebbe stato il grado di difficoltà della realizzazione perché, nell'ottica di un approccio low-tech, c'è la volontà di utilizzare sistemi semplici che possono essere replicati senza difficoltà e senza l'impiego di particolari macchinari o manodopera altamente specializzata.

Fase 1

Per poter sollevare da terra il piano di calpestio dell'edificio e portarlo a quota +1,2 m è necessario fare una sorta di riporto di terreno di circa 60 cm, principalmente composto di terra, ghiaia ed altri materiali di scarto. Sulla sommità verrà poi realizzato uno strato di magrone in modo da creare una superficie liscia per la realizzazione della platea.

Fase 2

Realizzazione della platea di fondamenta. Consideriamo questo piano finito, pronto per la realizzazione delle pareti.

Fase 3

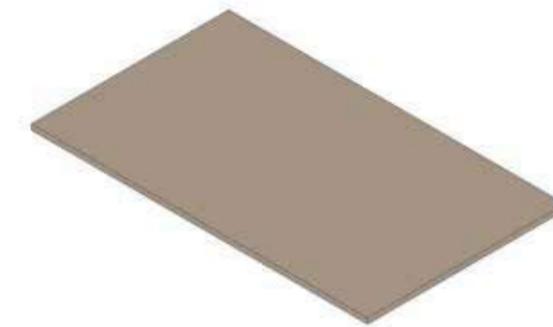
Questa fase può essere considerata quasi in concomitanza con la precedente e prevede la posa in opera degli elementi di ancoraggio e sostegno dei traversi di parete e dei montanti.

Fase 4

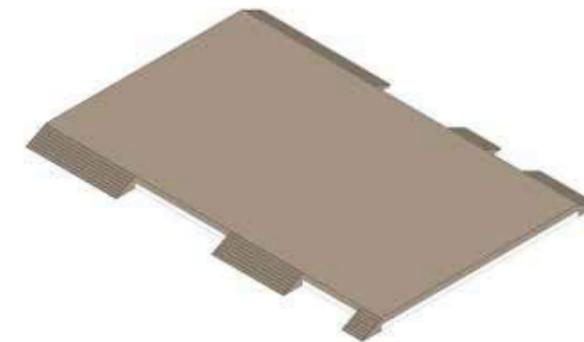
Posa in opera di montanti, traversi e architravi. In questa fase i traversi interni sono posati solo su un lato per consentire di realizzare la fase di posa dello strato interno. Le fasi successive sono state separate da questa per rendere meglio l'idea di come si compone la struttura ma, in realtà, si può dire che si realizzano in contemporanea.

Fase 4.1

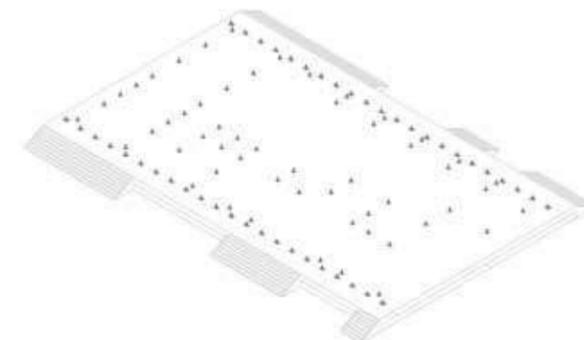
Posa in opera dello strato interno di cannicciato in bambù.



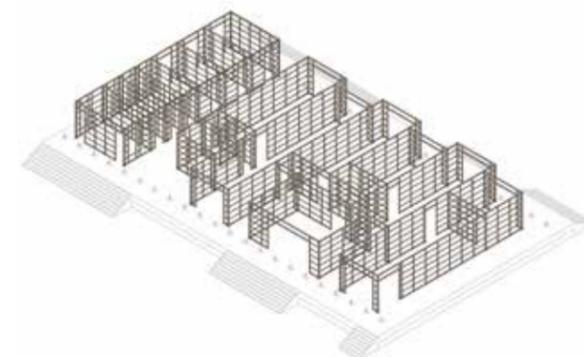
Fase 1



Fase 2



Fase 3



Fase 4

Fase 4.2

Posa in opera dei restanti tralci e dei controventi in corrispondenza di aperture ed angoli.

Fase 5

Posa in opera dei controtralicci in legno delle aperture

Fase 6

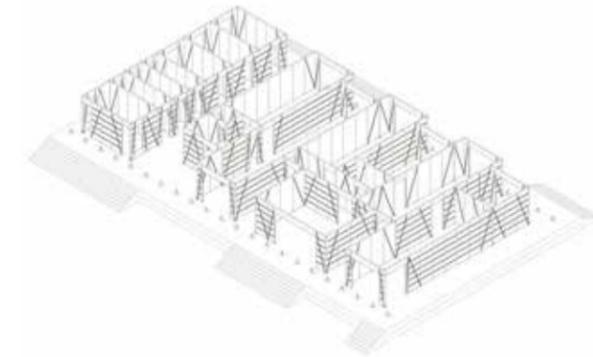
Posa in opera dei pacchetti di copertura e legatura con i tralci superiori del sistema parete. Una volta assicurato il sistema si procederà con l'intonacatura interna.

Fase 7

Realizzazione dello strato protettivo di terra e posa in opera degli infissi. Se necessario, si procederà con eventuale intonacatura e posa in opera di piastrelle di rivestimento interno.

Fase 8

Realizzazione della grande struttura di copertura con archi in canne di bambù e posa in opera del manto di copertura in foglie di palma.



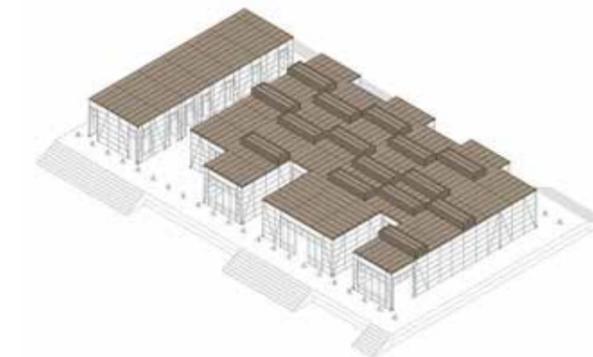
Fase 4.1



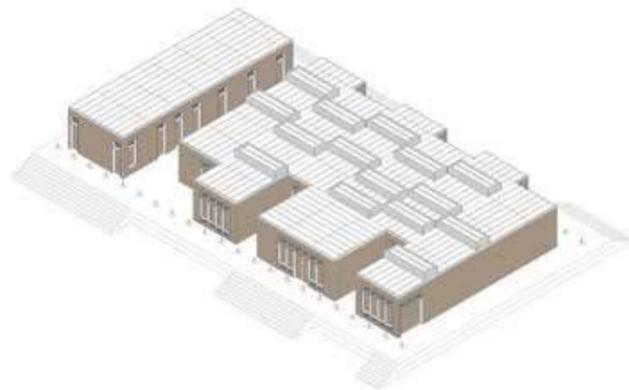
Fase 4.2



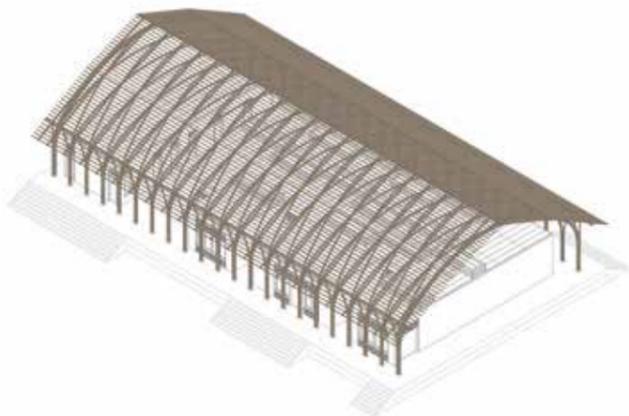
Fase 5



Fase 6



Fase 7



Fase 8

Capitolo 6 CONCLUSIONI

5.1 L'edificio realizzato

Come detto più volte in precedenza, questa Spice Processing Unit è già stata realizzata ma, non sulla base dei principi di architettura sostenibile. Si tratta infatti di un edificio realizzato in blocchi di cemento ed acciaio. I blocchi sono stati realizzati direttamente in cantiere tramite l'utilizzo di una pressa e fatti asciugare al sole.

Durante la messa in opera, per creare maggiore coesione tra i blocchi e una struttura più resistente che sostenesse il peso della copertura, si sono realizzate travi e pilastri in calcestruzzo armato. Il tutto è stato poi semplicemente intonacato e la copertura è stata realizzata con travi in acciaio e chiusura in lamiera grecata.

Oltre ad una non consapevole scelta dei materiali utilizzati nella realizzazione, non si è tenuto neanche conto delle diverse e possibili strategie passive per garantire un certo livello di confort interno.

A lato sono riportate alcune immagine della fase di cantiere e dell'edificio realizzato.

5.2 La valutazione dell'impatto ambientale

L'edificio che è stato realizzato non tiene per niente conto di quanto i materiali utilizzati possano inquinare l'ambiente, soprattutto perché sono per la maggior parte importati da India e Cina, due paesi che non hanno alcuna politica ambientale. A questo proposito, si è scelto di fare un paragone, tra l'edificio realizzato e quello oggetto di tesi, basato proprio sull'impatto ambientale. Ora sorge spontanea una domanda: come si valuta l'impatto ambientale di un edificio o di un materiale?

Per rispondere spieghiamo cosa è LCA (Life Cycle Assessment). LCA è un metodo, uno strumento che valuta «il potenziale impatto ambientale di un prodotto, un processo o di un'attività durante tutto il suo ciclo di vita¹», quantificando l'uso di risorse come energia, acqua e materie prime e le emissioni di CO₂ nell'ambiente.

Sulla base di questi parametri siamo in grado di paragonare diversi

¹ ECODYGER (2014), disponibile a: <http://it.ecodyger.com/2014/lca/>

materiali e procedimenti e di capire che impatto hanno verso l'ambiente. LCA prende in considerazione l'intero ciclo di vita e cioè, se prendiamo come esempio un materiale da costruzione, si analizzerà il suo percorso a partire dall'estrazione della materia prima grezza fino allo smaltimento a fine vita del materiale. Questo sistema è anche detto dalla culla alla tomba, proprio perché prende in esame l'intero percorso.

Questo metodo racchiude in sé un altro sistema di valutazione dell'impatto ambientale che, però, si occupa solo della prima parte di lavorazione del materiale o del procedimento ed è chiamato EPD (Environmental Product Declaration)². L'EPD si occupa del tratto che va dalla culla al gate e cioè da quando la materia prima grezza è stata reperita fino all'uscita dello stabilimento di produzione. All'interno di questo percorso si distinguono tra fasi chiamate A1, A2, A3 e si riferiscono a estrazione, processo e trasporto e sono paragonate sulla base della quantità di energia non rinnovabile necessaria per realizzare un kg di prodotto ed la quantità di CO₂ emessa per ogni kg di prodotto. Ovviamente più questi valori saranno bassi e più il materiale è sostenibile e meno impattante rispetto all'ambiente. Per il nostro confronto, analizzeremo l'EPD e il trasporto solo per le pareti verticali. Prima di procedere, bisogna analizzare la stratigrafia dei due pacchetti e calcolare la loro trasmittanza perché il paragone sarà fatto su un m² di parete a parità di prestazioni termiche. Solo riferendoci ad una particolare prestazione il confronto dell'impatto ambientale sarà attendibile.

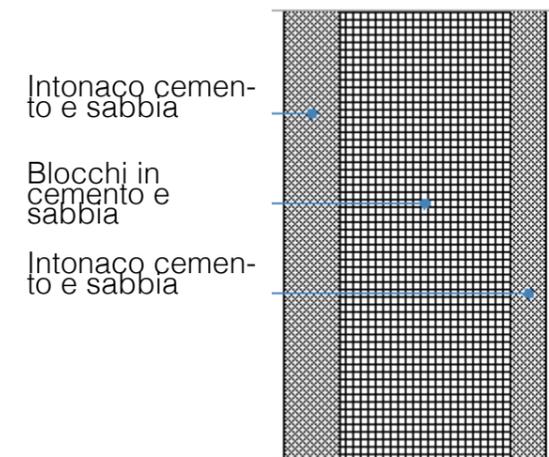
Per verificare le trasmittanze dei due diversi pacchetti, si è proceduto utilizzando il programma di calcolo TERMOLG che calcola in automatico il valore dopo aver scelto/inserito i vari materiali con le loro caratteristiche fisiche, come mostrato nelle due figure a lato (1 e 2).

Otteniamo valori di 1,818 W/m²K per l'edificio realizzato e, quindi per la parete in blocchi di cemento e 1,907 W/m²K per la parete in bambù dell'edificio oggetto di tesi. A questo punto si procede con il calcolare il peso di 1 m² di parete per ogni strato/materiale e riportiamo i valori su un foglio di calcolo Excel. Ora non resta che reperire gli indici di riferimento da moltiplicare per il peso ottenuto. La ricerca ci porta ad individuare un articolo³, sul portale scientifico ScienceDirect, che tratta

² Environdec.com, disponibile a: <http://environdec.com/en/What-is-an-EPD/>

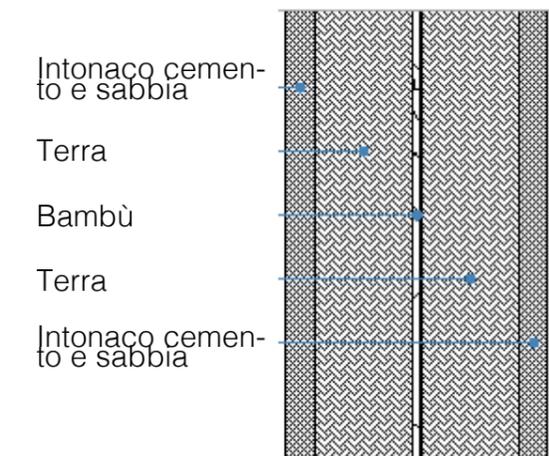
³ Dongwei.Y., Hongwei, T., Yingjun, R.,(2011) *A future bamboo-structure residential*

PARETE CON BLOCCHI IN CEMENTO



Tipologia:	Parete
Verso:	Esterno
Trasmittanza U:	1,818 W/(m ² K)
Massa superf.:	354 Kg/m ²
Area:	- m ²

PARETE IN TERRA E BAMBÙ



Tipologia:	Parete
Verso:	Esterno
Trasmittanza U:	1,907 W/(m ² K)
Massa superf.:	562 Kg/m ²
Area:	- m ²

della valutazione LCA di un prototipo di casa in Cina realizzato con materiali alternativi come il bambù. Prendiamo questi valori come indici perché risultano attendibili e riferiti ad una paese paragonabile allo Sri Lanka o, comunque, legato a quest'isola per quanto riguarda i materiali edili. Gli indici utilizzati e i diversi calcoli effettuati per il calcolo delle emissioni di CO₂ e i MJ di energia utilizzata proveniente da fonte non rinnovabile sono riportati nelle tabella a lato. Gli indici sono riferiti all'estrazione, processo e trasporto. Per il trasporto sono stati presi come riferimento i km di distanza dallo Sri Lanka all'India, che risulta l'unico importatore di cemento dell'isola, e ricavati dal software Ecoinvent unit processes, scegliendo un camion EURO 5 con carico variabile da 7,5 a 16 t. Nelle pagine seguenti sono riportati i diversi grafici riferiti alle diverse fasi e al totale.

Dai risultati emerge il grande divario che c'è tra le due soluzioni: la parete con struttura in bambù consuma in meno rispetto a quella in blocchi di cemento il 42,51% di energia non rinnovabile ed emette l'81,61% in meno di CO₂ nell'aria.

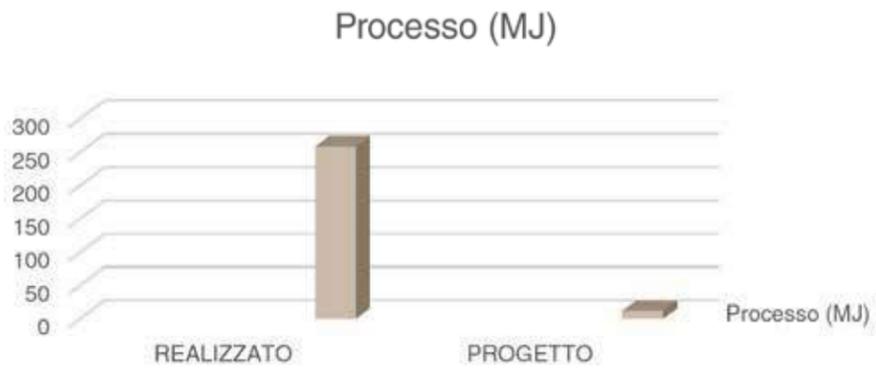
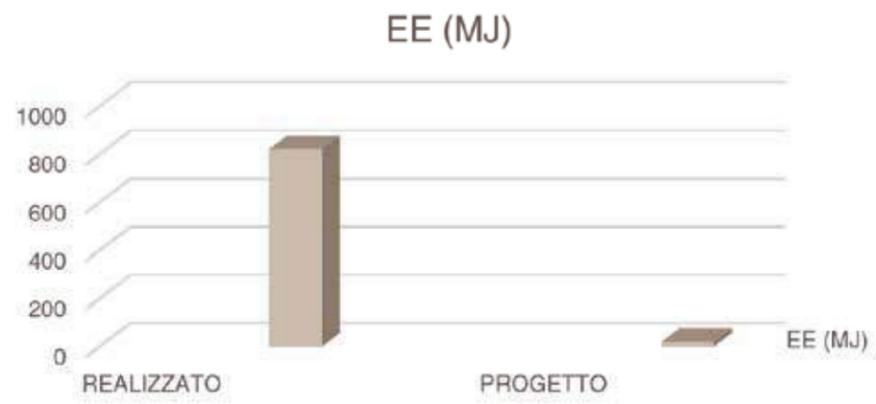
A questo, dopo aver dimostrato che la struttura in bambù è decisamente più ecologica di quella in calcestruzzo, possiamo dire che utilizzare le risorse locali fa bene all'ambiente ma anche all'economia del paese. Infatti, considerando i valori della bilancia commerciale del 2014 (Capitolo 1, Economia), utilizzare le risorse locali e limitare le importazioni potrebbe riportare all'equilibrio che il governo sta cercando di stabilire per poter essere un paese economicamente stabile e sviluppato.

building prototype in China: Life cycle assessment of energy use and carbon emission, disponibile a: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778811002623>

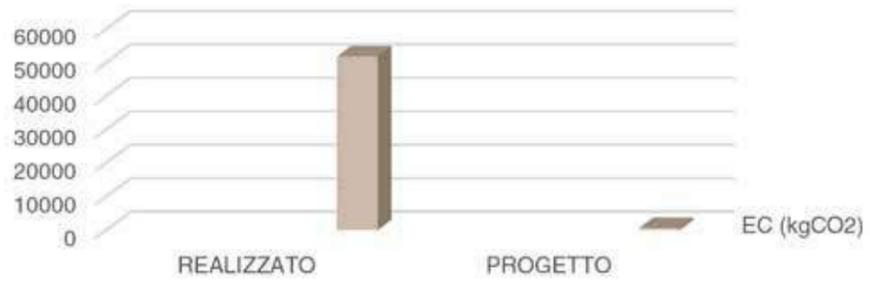
Materiale	Spessore (m)	Densità (kg/m ³)	Peso di un m ² di parete (kg)	Indice Estrazione (MJ/kg)	Estrazione (MJ)	Indice Processo (MJ/kg)	Processo (MJ)	EE (MJ)	Indice EC (kgCO ₂ /kg)	EC (kgCO ₂)
REALIZZATO										
BLOCCHI IN CEMENTO										
Cemento	0.15	1400	35							
Sabbia		1500	187,5	0.03	1.05	4.62	161,70	162,75	1.05	36,75
INTONACO CEMENTO E SABBIA										
Plaster 1,4	0.048									
Cemento		1400	14	0.03	0.42	4.62	64,68	65,10	1.05	14,70
Sabbia		1500	57							
Plaster 1,5	0.032									
Cemento		1400	7	0.03	0.21	4.62	32,34	32,55	1.05	7,35
Sabbia		1500	40,5							
TOTALE			341		1,68		258,72	260,40		58,80
PROGETTO										
Terra	0.22	1400	308							
Cannocciolo bambù	0.01	700	7	0.044	0.31	1.71	11,97	12,28	0.13	0,91
INTONACO CEMENTO E SABBIA										
Cemento	0.064	1400	14	0.03	0.42	4.62	64,68	65,10	1.05	14,70
Sabbia		1500	57							
TOTALE			386		0,73		76,65	77,38		15,61

Trasporto	Peso materiale al m ² (t)	Provenienza	Distanza (km)	Indice tonnellate per km (tkm)	Energia utilizzata (MJ/m ²)	Emissioni CO ₂ (kgCO ₂ /m ²)	Superficie pareti (m ²)	Impatto totale energia utilizzata (MJ)	Impatto totale emissioni CO ₂ (kgCO ₂)
REALIZZATO									
Cemento	0.056	India	2500	140	0.34	31.39	1650	561	51793.5
PROGETTO									
Cannocciolo bambù		Sri Lanka	240	1.68	0.004	0.38	1650	6,6	827

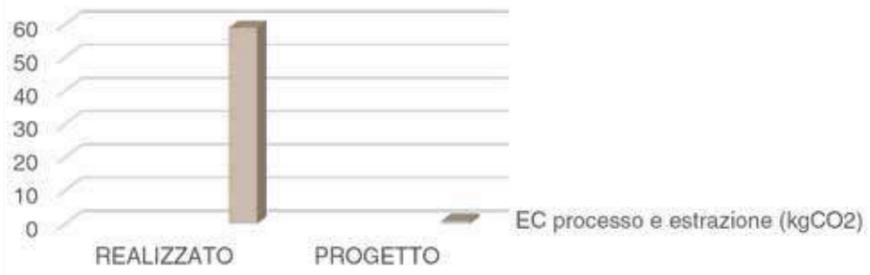
REALIZZATO	PROGETTO	DIFFERENZA	DIFFERENZA PERCENTUALE
Estrazione (MJ)	1,68	0,31	-1,37
Processo (MJ)	258,72	11,97	-246,75
Trasporto (MJ)	561	6,6	-554,40
EE (MJ)	821,40	18,88	-802,52
EC processo e estrazione (kgCO ₂)	58,80	0,910	-57,89
EC trasporto (kgCO ₂)	51793,5	627	-51166,50
EC (kgCO ₂)	51852,30	627,91	-51224,39
			81,61



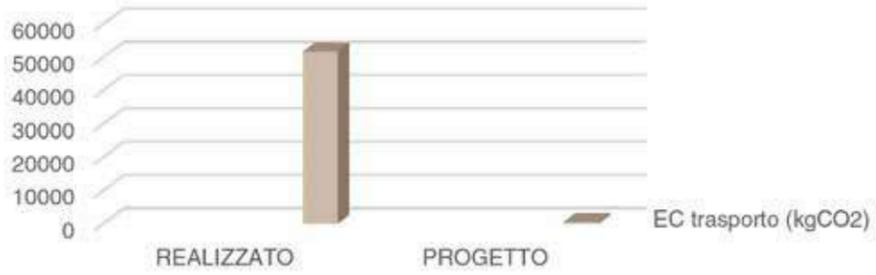
EC (kgCO₂)



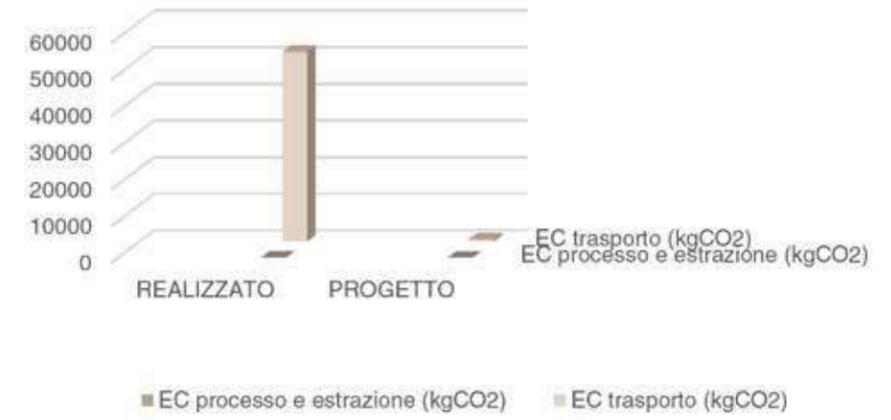
EC processo e estrazione (kgCO₂)



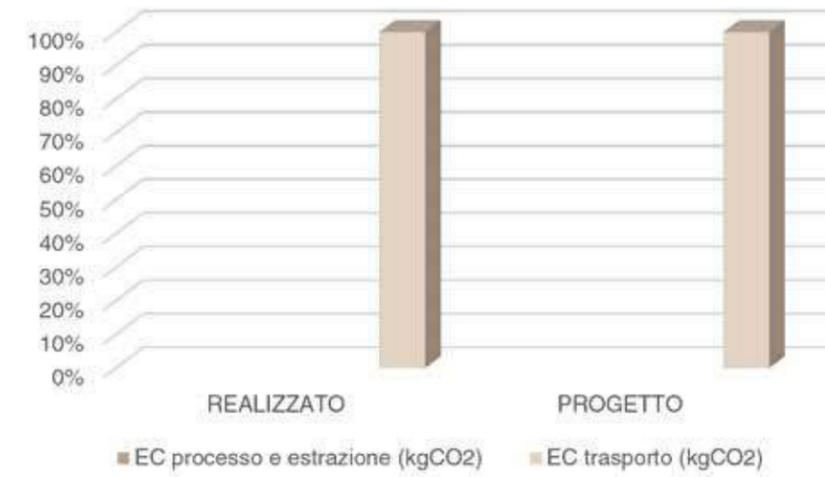
EC trasporto (kgCO₂)



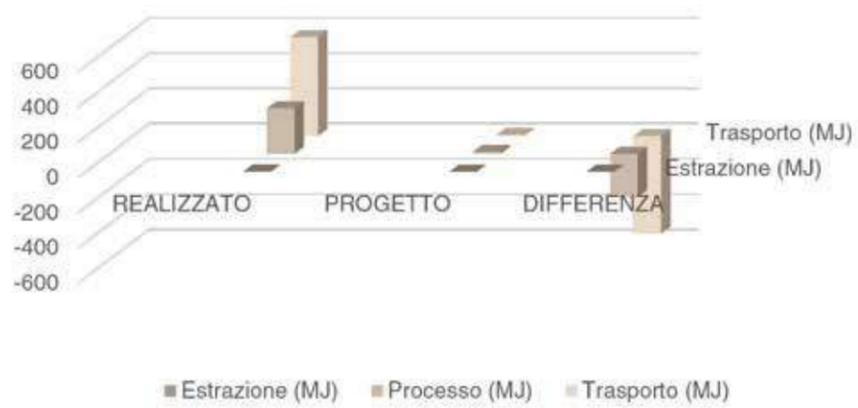
Emissioni CO₂ per fasi (kgCO₂)



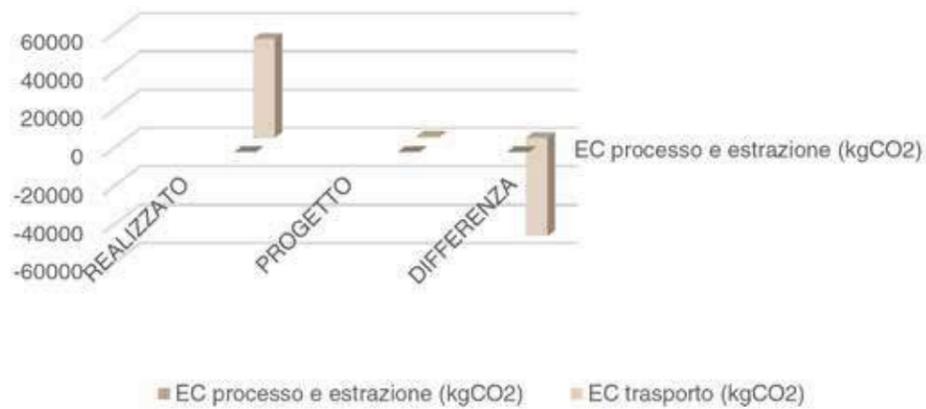
Incidenza delle fasi (%)



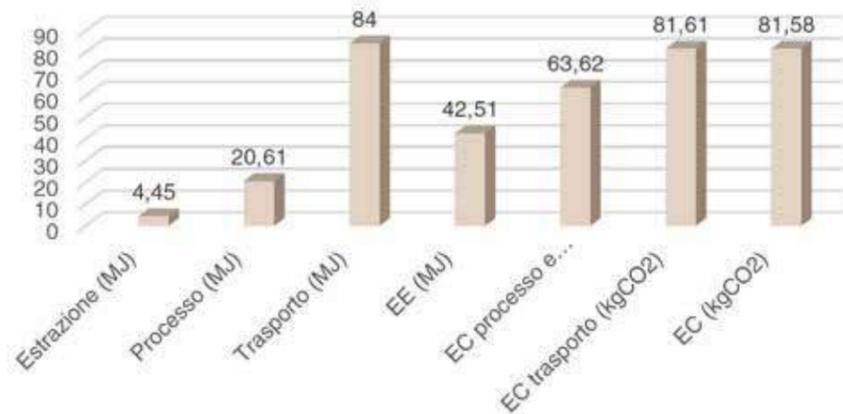
Differenza EE realizzato e progetto



Differenza EC realizzato e progetto



Differenza percentuale EE ed EC (%)



ANNEXES

1- SRI LANKA: ANALISI SOCIO-ECONOMICA

2- IL BRIEF E IL BAMBÙ

3- I MATERIALI DELL'ARCHITETTURA E LE RISORSE LOCALI

4- LA SPICE PROCESSING UNIT

5- I DETTAGLI COSTRUTTIVI

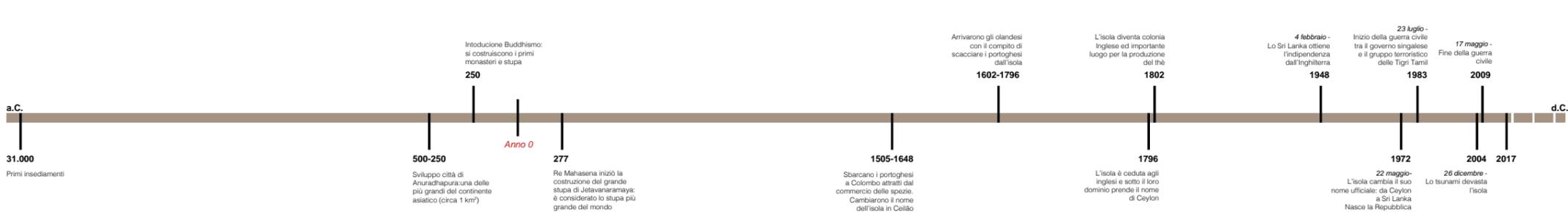
6- LE FASI DI CANTIERE E GLI ELEMENTI TECNOLOGICI

7- L'EDIFICIO REALIZZATO E L'IMPATTO AMBIENTALE

LO SRI LANKA



TIMELINE



TERRITORIO - POPOLAZIONE - ECONOMIA - RISORSE

Il territorio

Il territorio dello Sri Lanka è suddiviso in 9 province, divise a loro volta in 25 distretti

Provincia	Capoluogo	Distretti
1 - Settentrionale	Jaffna	Jaffna, Kilinochchi, Mannar, Vavuniya, Mullaitivu
2 - Centro-settentrionale	Anuradhapura	Anuradhapura, Polonnaruwa
3 - Nord-occidentale	Kurunegala	Kurunegala, Puttalam
4 - Centrale	Kandy	Kandy, Matale, Nuwara Eliya
5 - Orientale	Tirincoalee	Ampara, Batticaloa, Trincomalee
6 - Liva	Badulla	Badulla, Monaragala
7 - Sabaragamuwa	Ratnapura	Kegalle, Ratnapura
8 - Occidentale	Colombo	Colombo, Gampaha, Kalutara
9 - Meridionale	Galle	Galle, Hambantota, Matara

L'isola è prevalentemente pianeggiante, ad esclusione del massiccio della regione centrale e delle colline limitrofe caratterizzate da distese piantagioni di thé

La popolazione

Popolazione: 21 milioni (2015)
Tipo di popolazione: 81,68% rurale, 18,32% urbano
Densità: 333 pers./km² (2014)
Tasso di crescita: +0,86% nel 2014, +0,84% nel 2015
Età media: 32 anni

Etnie principali: Singalesi (locali), Tamil (Indiani)

Problemi: scontri tra i due principali gruppi etnici fino allo scoppio della guerra civile (1983)



L'economia

Importazioni: 21,4 mid USD (2014)
Esportazioni: 11,5 mid USD (2014)
Bilancio commerciale: - 9,9 mid USD (2014)
PIL: +6,3% nel 2013, +7,4% nel 2014

	India	Cina
Cemento	242	-
Acciaio	206,3	203
Vetro	10	3,96
Rame	9,13	11,11
Alluminio	7,5	19,8
Mattoni	-	1,33

Principali materiali da costruzione importati (mln USD)

Le riserve naturali

Per cercare di arginare il problema della deforestazione e preservare specie vegetali e animali, il governo singalese ha creato 12 parchi nazionali e 52 zone protette che vanno ad occupare circa il 12% del territorio dell'isola.

- Le riserve più importanti:**
- 1- Parco Wipattu
 - 2- Parco di Minneriya
 - 3- Parco di Horton Plains
 - 4- Parco di Udawalawe
 - 5- Parco di Yala
 - 6- Parco di Bundala

Iniziativa governo: fondi per la coltivazione del bambù per popolazione rurale

Dendroc. giganteus
 Altezza: 24-60 m
 Diametro: 10-20 cm

- Zone climatiche:**
- 1- Zona umida
 - 2- Zona secca
 - 3- Zona intermedia
 - 4- Zona montana
 - 5- Zona arida

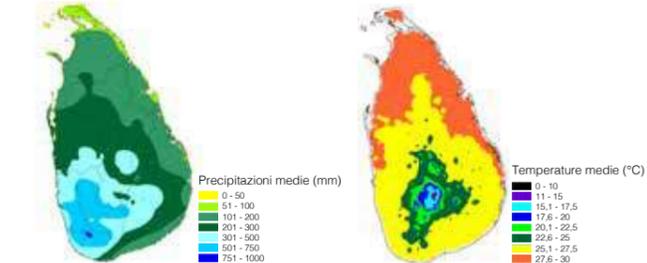
Specie bambù strutturali:
 Zona 1 - Dendrocalamus Giganteus
 Zona 2,3 - Bambusa Bambos
 Zona 2 - Dendrocalamus Strictus
 Zona 3 - Dendrocalamus Asper

Bambusa bambos
 Altezza: 15-30 m
 Diametro: 15-18 cm

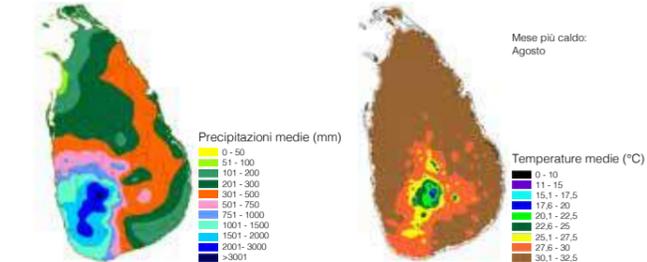
Il bambù

IL CLIMA

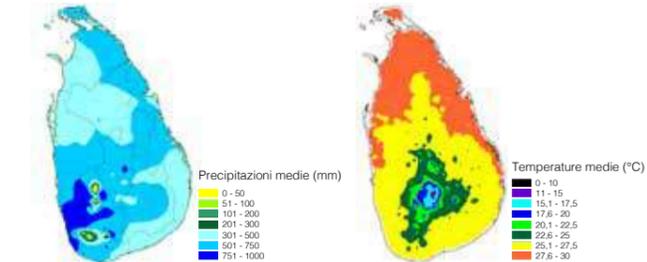
Fonte: Department of meteorology - Sri Lanka
Prima stagione inter-monsonica: Marzo - Aprile



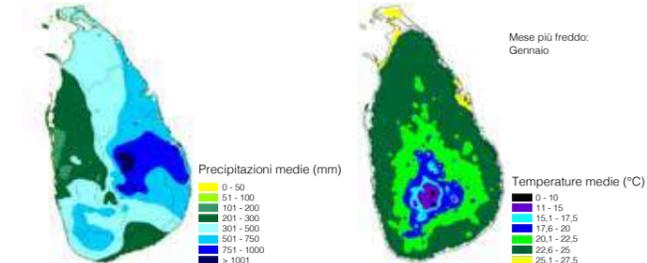
Stagione del monsona da sud-ovest: Maggio - Settembre



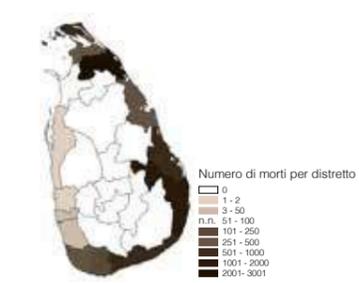
Seconda stagione inter-monsonica: Ottobre - Novembre



Stagione del monsona da nord-est: Dicembre - Febbraio



Lo tsunami



Data: 26-12-2004

Morti nello Sri Lanka: 41.006 circa (2° paese più colpito)

Sfoliati: 1.500.000 circa

Edifici distrutti: 90.000 circa

Problemi del post: i grandi investitori si sono impossessati dei terreni devastati lungo le coste per costruire resort turistici

L'ARCHITETTURA

Vernacolare

Non sono rimaste testimonianze di questa architettura in quanto costruita prevalentemente in bambù, terra e foglie di palma. In alcuni casi si utilizzano ancora questi materiali.



Induista

La principale caratteristica del tempio Indù è la grande quantità di raffigurazioni delle divinità all'esterno e, col tempo anche all'interno. Questi templi sono decorati con colori sgargianti e la struttura della torre varia in base allo stile (influenza settentrionale o meridionale).



Olandese

Le case olandesi sull'isola si caratterizzano per la presenza di porticati e grandi tetti a falde. Sotto sono riportati due esempi: il primo ad oggi ospita il Galle National Museum ed il secondo, risalente al 1772, risulta uno degli edifici storici meglio conservati, ex dimora di un ufficiale della flotta olandese, oggi ospita un albergo di lusso.



Geoffrey Bawa

La Steel Corporation Offices and Housing (1966-1969, sotto a sinistra) e il Kandlamala hotel (1991-1994, sotto a destra) mostrano molto chiaramente alcuni dei punti cardine del pensiero dell'architetto come la fusione degli elementi naturali e la rottura delle barriere tra gli spazi interni ed esterni.



Industriale

La larga presenza di materiale importato, come acciaio e lamiera grecata, rendono la costruzione di una fabbrica rapida ed economica. Un esempio è riportato sotto con due immagini di una delle più grandi fabbriche per la produzione del tè dell'isola.



Buddhismo

Il simbolo principale dell'architettura Buddista è lo Stupa e nello Sri Lanka è presente lo Stupa di Jetavanaramaya: il più grande del mondo e misura 122 m di altezza con un diametro alla base di 112 m. È interamente realizzato in mattoni e risale al 277 d.c.



- Ogni stupa è composto da 9 elementi fondamentali:
- 1,2,3 - un basamento su tre livelli
 - 4 - una cupola
 - 5 - una camera quadrata
 - 6 - base cilindrica
 - 7 - torre a cono
 - 8 - pinnacolo
 - 9 - sfera.



Portoghese

L'architettura portoghese si contraddistingue per la presenza di cornici decorate che adornano finestre e cornicioni. Sotto è possibile vedere due esempi di architettura portoghese dello Sri Lanka



Inglese

L'architettura inglese, arrivata sull'isola agli inizi del 1800 e si rifà molto allo stile palladiano, come è possibile vedere nelle immagini sotto, nell'edificio che ospita il National Museum di Colombo dal 1877.



Contemporanea

La città di Colombo è caratterizzata da mille volti, tutti traccia della sua storia passata. Si parte dai templi Indù, per passare ai palazzi di impronta inglese, fino ad arrivare ai moderni grattacieli, simbolo di sviluppo economico.



Spontanea

Come in tutti i paesi in via di sviluppo o nelle periferie delle grandi città, regna sovrana l'architettura spontanea, realizzata con i materiali più economici presenti nel paese. Sotto a sinistra una immagine di baracche nelle zone collinari tra le coltivazioni di thé e a destra alcune baracche costruite lungo un fiume navigabile

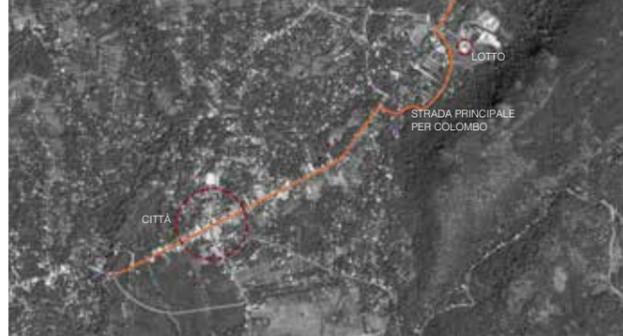


IL SITO



Caratteristiche lotto
 Città: Buttala
 Provincia: Uva
 Distretto: Monaragala
 Zona: industriale
 Dimensione lotto: 3450 m²
 Altitudine: 200 m s.l.m.
 Dimensioni edificio: 325 m²
 Disponibilità economica: ridotta
 Orientamento: sud-ovest/nord-est
 Quota lotto rispetto strada: -1,8 m
 Contorni: Nord e ovest - strade
 Sud e est - lotto non edificato
 Zone limitrofe: foreste e campagna

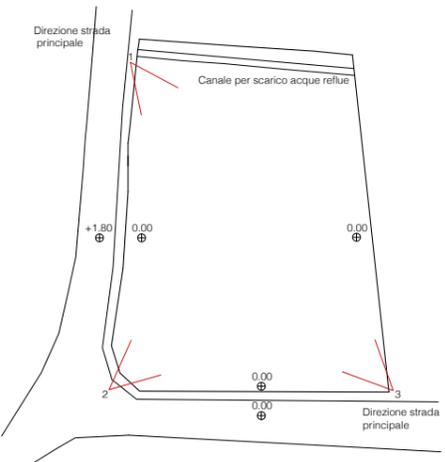
INDIVIDUAZIONE LOTTO RISPETTO ALLA CITTÀ



INDIVIDUAZIONE LOTTO NELLA ZONA INDUSTRIALE

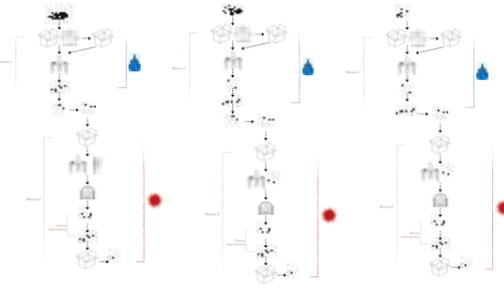


LOTTO INTERNO



LA FABBRICA

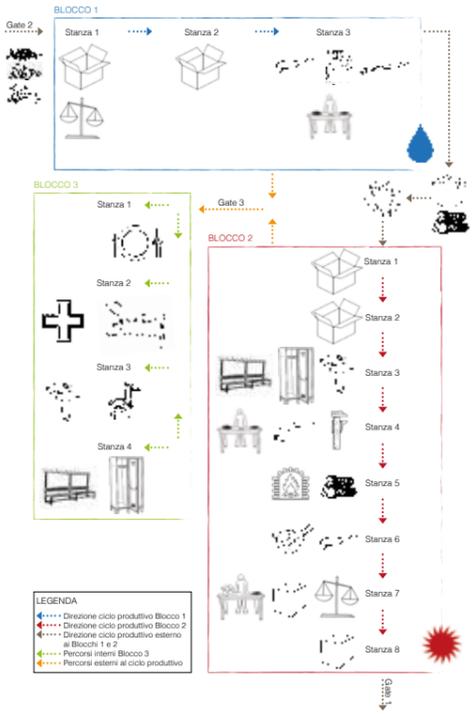
I PROCESSI PRODUTTIVI DI PEPE, CURCUMA E ZENZERO



GLI AMBIENTI E LE DOTAZIONI

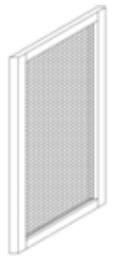
AMBIENTE	DIMENSIONI MINIME	DOTAZIONI
A- BLOCCO 1		
1- Gate 2	Adeguate alle esigenze di manovra dei mezzi per carico e scarico	- Disuasori/cancelli per controllo accessi - Cabina per controllo accessi
2- Reception	8 m ²	- Bilancia - Tavolo e sedie
3- Deposito	15 m ²	- Scaffalature
4- Lavorazione ad umido	90 m ²	- Vasca per lavaggio - Sega per radici - Trebbiatrice - Setacciatrice - Tavolo e sedie
B- COTTURA	13 m ²	- Pentola per cottura - Stufa a legna - Deposito legna
C- ESSICCAZIONE NATURALE	- Due Essiccatori solari 55 m ² - Solette 140 m ²	- Solette per essiccazione a terra - Stuoie - Due essiccatori solari
D- BLOCCO 2		
1- Gate 1	Adeguate alle esigenze di manovra dei mezzi per carico e scarico	- Disuasori/cancelli per controllo accessi/uscite - Cabina per controllo accesso/uscita
2- Reception	8 m ²	- Bilancia - Tavolo e sedie
3- Deposito	15 m ²	- Scaffalature
4- Spogliatoio	10 m ²	- Lavabo - Armadietti per disinfettanti e operai - Panche
5- Lavorazione a secco	60 m ²	- Setacciatrice - Spazzolatrice per curcuma - Tavolo e sedie
6- Essiccazione artificiale	40 m ²	- Forni a legna - Vassoi per asciugatura - Deposito legna
7- Macinazione	35 m ²	- Macinatrice - Setacciatrice
8- Imballaggio	45 m ²	- Bilancia - Due tavoli e sedie - Macchina per sottovuoto - Sigilatrice - Scaffalature
9- Magazzino	23 m ²	- Scaffalature
E- BLOCCO 3		
1- Gate 3	-	- Timbracartellini - Tabella per cartellini
2- Mensa	14 m ²	- Tavoli e sedie - Angolo cottura - Frigoriferi - Piani da lavoro
3- Infermeria	14 m ²	- Lettino - Armadietto medicinali
4- Servizi igienici giornalieri/impiegati	3 x 6 m ²	- WC - Lavabo
5- Spogliatoi	14 m ²	- Armadietti - Panche

I PROCESSI PRODUTTIVI E GLI AMBIENTI



I REQUISITI IGIENICI

ZANZARIERE PER EVITARE INTRUSIONE INSETTI



RACCORDI PARETE-SOLAIO CURVI



RIVESTIMENTO IN PIASTRALLE



PROTEZIONE INFISSI IN CASO DI ROTTURA

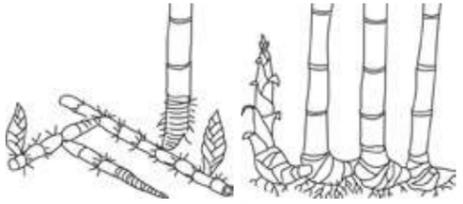


VENTILAZIONE IN AMBIENTI UMIDI E CALDI



IL BAMBU

IL RIZOMA

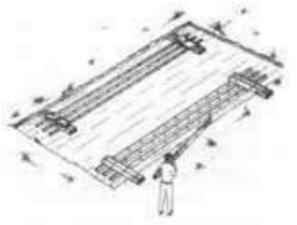


Rizoma Leptomorfo: invasivo
 Phyllostachys, Arundinaria e Shibatea presentano queste radici

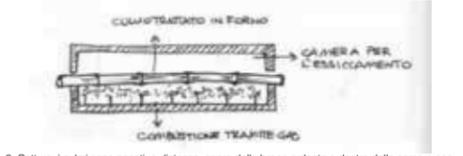
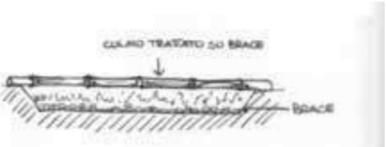
Rizoma Pachimorfo: non invasivo
 Dendrocalamus, Bambusa, Guadua presentano queste radici

I TRATTAMENTI

Senza prodotti chimici



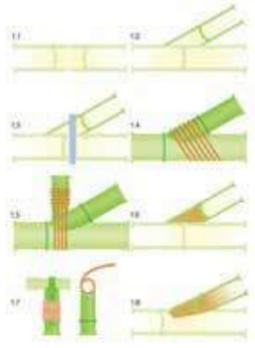
1- Metodo per immersione: i culmi sono immersi in acqua per alcune settimane. È il metodo più utilizzato ma meno raccomandato.



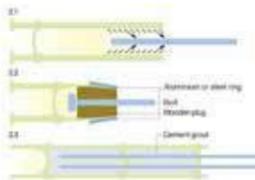
2- Cottura: i culmi sono posati, a distanza, sopra delle braccia ardente o dentro delle camere con combustione a gas. Utile anche a modificare le curvature dei culmi

LE LEGATURE

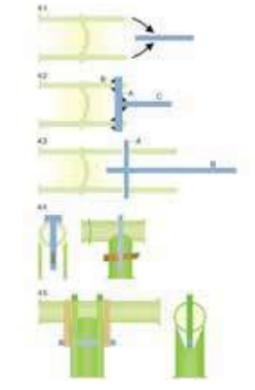
1 - Contatto diretto tra culmi



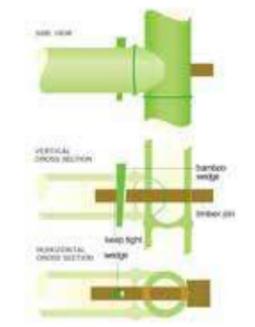
2 - Collegamento tramite elemento interno parallelo



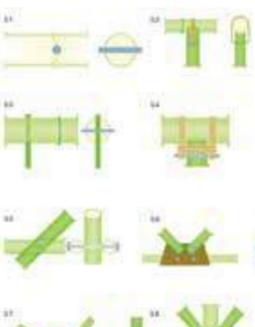
3 - Culmo collegato ad un elemento interno parallelo con sistemi metallici



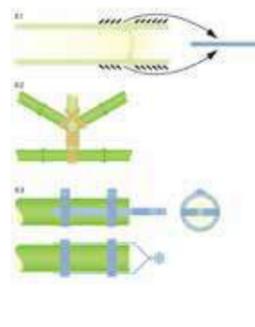
3.1 - Culmo collegato ad un elemento interno parallelo con sistemi in legno o bambù



4 - Culmo collegato ad un elemento perpendicolare



4 - Culmo collegato ad un elemento perpendicolare



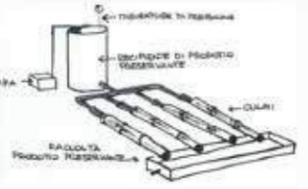
IL CULMO



Con prodotti chimici



1A- Metodo Boucherie: il prodotto preservante passa per gravità nei vasi conduttori. Sistema lento. Sistema più efficiente



1B- Metodo Boucherie modificato: il prodotto preservante è spinto con una pompa dentro i vasi conduttori. Più veloce del precedente. Sistema più efficiente



2- Immersione: sistema poco efficace e molto lento. Migliore se utilizzato per i trattamenti di culmi tagliati



OBIETTIVO

SCELTA DEL MATERIALE E DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE



MINORE IMPATTO AMBIENTALE



VALORIZZAZIONE RISORSE LOCALI



STRATEGIA

IDENTIFICAZIONE MATERIALI EDILI

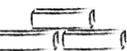
ACCIAIO



CALCESTRUZZO



LATERIZIO



BAMBU'



LEGNO



TERRA



IDENTIFICAZIONE TIPOLOGIE STRUTTURALI

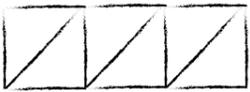
SETTILASTRE



ELEMENTI PUNTFORMI



TRALICCIO/GRATICCIO

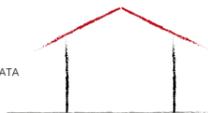


ARCO

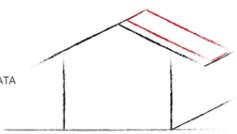


IDENTIFICAZIONE COMPONENTE EDILIZIO

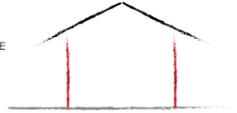
STRUTTURA ORIZZONTALE/INCLINATA



CHIUSURA ORIZZONTALE/INCLINATA



STRUTTURA VERTICALE



CHIUSURA VERTICALE



IDENTIFICAZIONE METODI DI REALIZZAZIONE

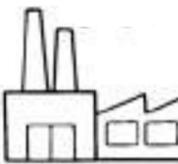
ELEMENTI DISCONTINUI



FORMATO/REALIZZATO IN OPERA



PREFABBRICATO

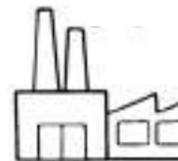


VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE

PROVENIENZA



LAVORAZIONE



SMALTIMENTO



CONFRONTO

STRUTTURA	TIPOLOGIA	REALIZZAZIONE	MATERIALE	DIMENSIONI MINIME (cm)	FOTO/SCHEMA	PROVENIENZA	DENSITA' (kg/m³)	CALORE SPECIFICO (J/kgK)	CONDUCCIBILITA' TERMICA (W/mK)	COMPOR-TAMENTO AL FUOCO	IMPATTO AMBIENTALE TRASPORTO	IMPATTO AMBIENTALE LAVORAZIONE	IMPATTO AMBIENTALE SMALTIMENTO
Settilastre	- Elementi discontinui	Terra cruda Terra stabilizzata Lattina travata Calcestruzzo	25x25x12 14x19x15 11x23x12 40x20x19		***	1400 3000 300 2000	850 1000 1000 1000	0,86 0,96 0,74 0,4	*** *** *** ***	*** ** ** ***	** ** ** **	** ** ** **	** ** ** **
	- Formati in opera	Prod. Calcestruzzo	Sp=20 Sp=15		**	2000 2000	1000 880	0,80 1,4	*** ***	*** ***	*** ***	*** ***	*** ***
	- Prefabbricati	Formati multistrati in calcestruzzo Legno	Sp=20 Sp=6		**	1900 400	860 2000	0,2 0,11	*** **	*** **	*** **	*** **	*** **
Elementi puntiformi	- Elementi discontinui	Acciaio Legno Bambù	Dim. sezione Dim. sezione Dim. sezione		***	7800 400 700	1990 2000 2100	52 0,11 0,17	** * *	*** ** *	*** ** *	*** ** *	*** ** *
	- Formati in opera	Calcestruzzo armato	Dim. sezione Sp=30		**	2400	1000	2,5	***	***	***	***	***
Traliccio/graticcio	- Elementi discontinui	Acciaio Bambù Legno	Sp=2 Sp=6 Sp=15		**	7800 700 400	1990 2100 2000	52 0,17 0,11	** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **
	- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp=2 Sp=6 Sp=15		**	7800 700 400	1990 2100 2000	52 0,17 0,11	** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **
Altro	- Elementi discontinui	Bambù	Sp=6		***	700	2100	0,17	*	*	*	*	*
	- Prefabbricati	Acciaio Bambù Legno	Sp=5 Sp=6 Sp=30		**	7800 700 400	1990 2100 2000	52 0,17 0,11	** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **	*** ** **

CHIUSURA	STRATO	REALIZZAZIONE	MATERIALE	DIMENSIONI MINIME (cm)	FOTO/SCHEMA	PROVENIENZA	DENSITA' (kg/m³)	CALORE SPECIFICO (J/kgK)	CONDUCCIBILITA' TERMICA (W/mK)	COMPOR-TAMENTO AL FUOCO	IMPATTO AMBIENTALE TRASPORTO	IMPATTO AMBIENTALE LAVORAZIONE	IMPATTO AMBIENTALE SMALTIMENTO
Chiusura orizzontale/obliquata	Rivestimento esterno	- Lattine	Lattina grezza Lattina di materiale plastico Lattina in Microconcreto Impermeabilizzazione bituminosa	Sp=0,200 Sp=0,3 Sp=0,6 Sp=0,3		*	7870 1000 1100 1000	1000 1400 1800 1000	80 0,2 0,37 0,20	** * ** *	*** *** ** ***	*** *** ** ***	*** *** ** ***
		- Elementi discontinui	Lattina Bambù Cemento	Sp=1 Sp=6 Sp=1		*** *** **	1600 700 2100	840 2100 1000	0,58 0,17 1,5	*** ** ***	** ** **	** ** **	** ** **
		- Rivestimenti vegetali	Foglie di banana Foglie di palma da cocco	Sp=2 Sp=2		*** ***	100 100	2000 2000	0,07 0,07	*	*	*	*
Strato isolante	Lattine	Origine animale Origine vegetale Origine minerale	Sp=4 Sp=2 Sp=9		*** *** **	30 100 40	1900 1800 837	0,04 0,040 0,096	** ** ***	*	*	*	*
		- Prefabbricati	Origine sintetica	Sp=4		*	25	1400	0,036	*	***	***	***
Strato di supporto	Lattine	Lattina grezza OSB	Sp=0,200 Sp=4		*	7870 600	1000 1700	80 0,13	** *	*** *	*** **	*** ***	*** ***
		- Elementi discontinui	Legno Bambù Terra alleggerita Terra e paglia Terra battuta Lattina travata	Sp=5 Sp=6 Sp=15 Sp=12 Sp=14 4,5x30x14		*** *** *** *** *** ***	400 700 900 800 1000 742	2000 2100 1100 1100 1000 1000	0,11 0,17 0,25 0,25 0,36 0,229	** ** *** *** *** ***	** ** ** ** ** **	** ** ** ** ** **	** ** ** ** ** **
		- Prefabbricati	Acciaio	Sp=5		*	7800	1990	52	**	***	***	***
Rivestimento interno	Lattine	Cartongesso Lattina in Microconcreto Bambù	Sp=2 Sp=0,6 Sp=1,8		** ** **	900 1625 700	1000 1800 2100	0,21 0,24 0,17	*** ** **	** *** **	** *** **	** *** **	** *** **
		- Formati in opera	Formati	Sp=3		**	1900	1000	0,33	***	**	**	**

RISULTATO

BAMBU'



CONFIGURAZIONE AD ARCO SENZA PREFABBRICAZIONE



IMPATTO AMBIENTALE QUASI NULLO



RISORSA LOCALE

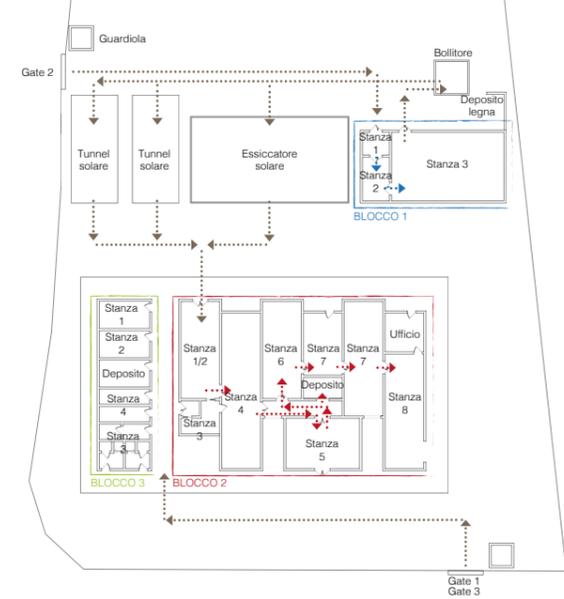




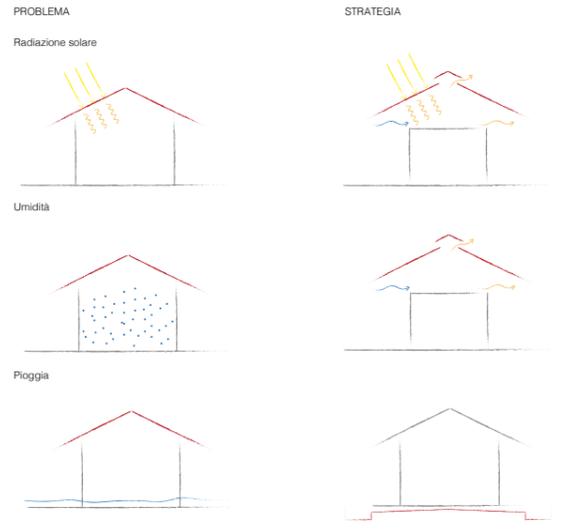
DISPOSIZIONE SPAZIALE DEL LOTTO



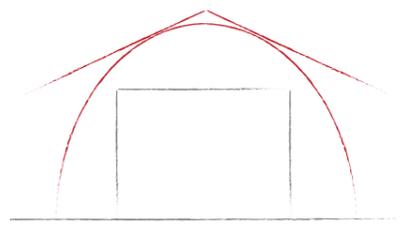
FLUSSO PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLA FABBRICA



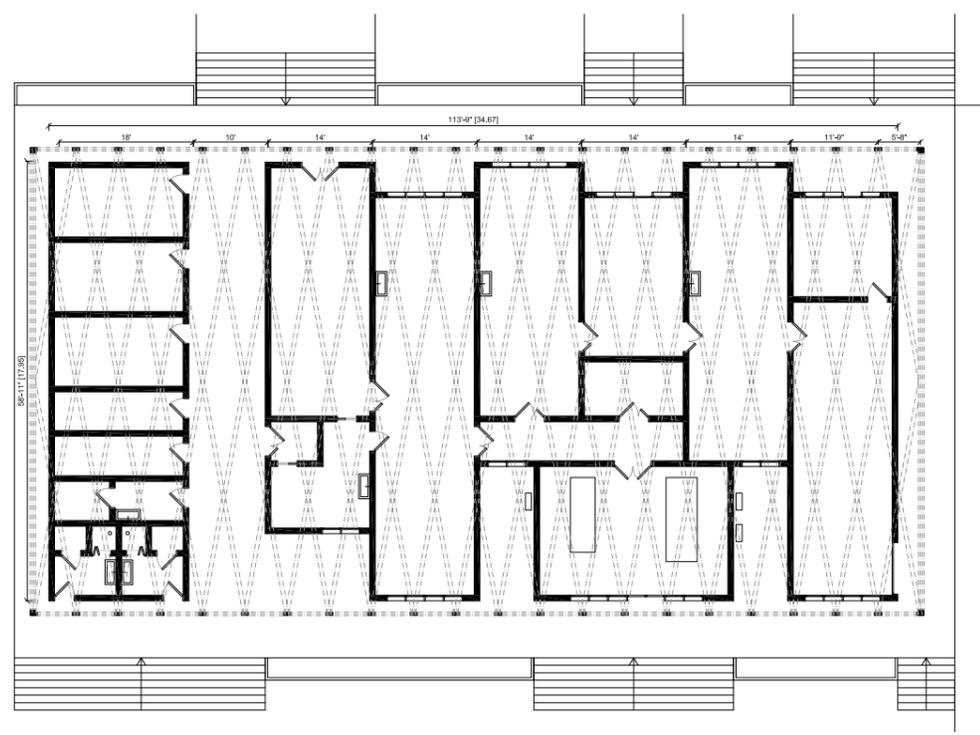
STRATEGIE PASSIVE



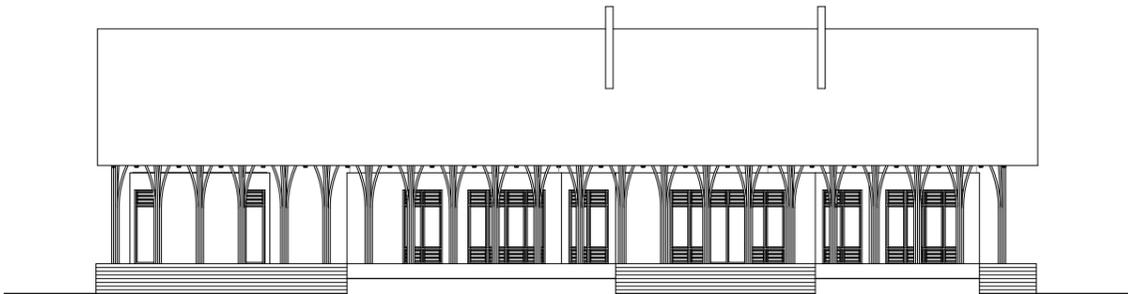
CONFORMAZIONE FINALE | COMPOSIZIONE DI STRATEGIE PASSIVE E STRUTTURA



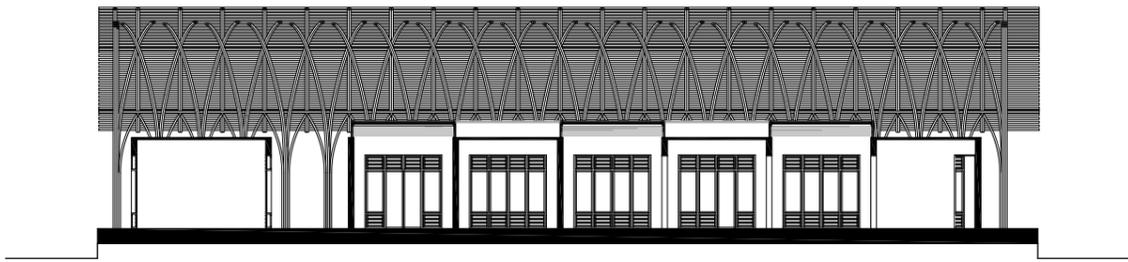
L'IMPIANTO PRODUTTIVO



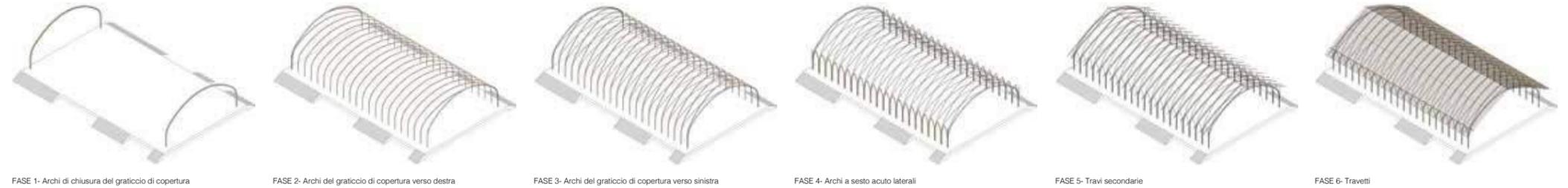
PROSPETTO NORD



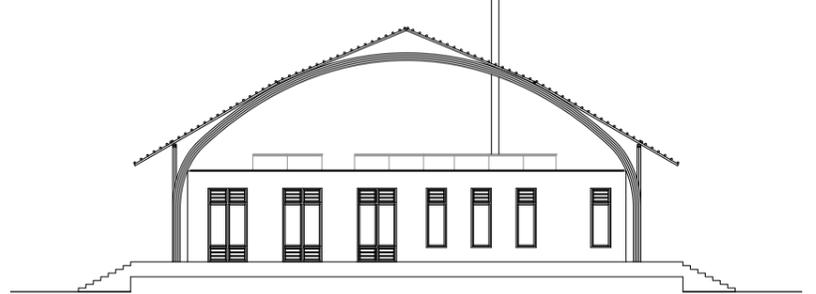
SEZIONE



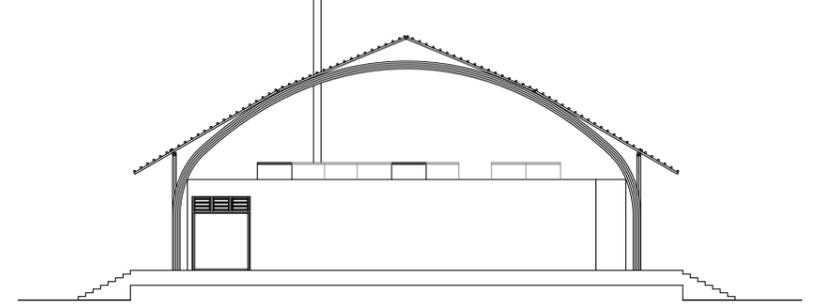
LA STRUTTURA DI COPERTURA



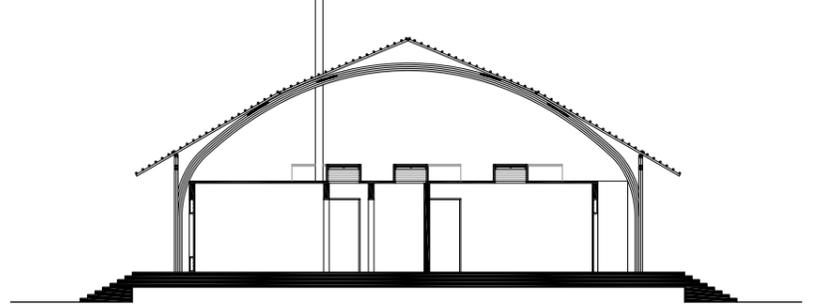
PROSPETTO EST



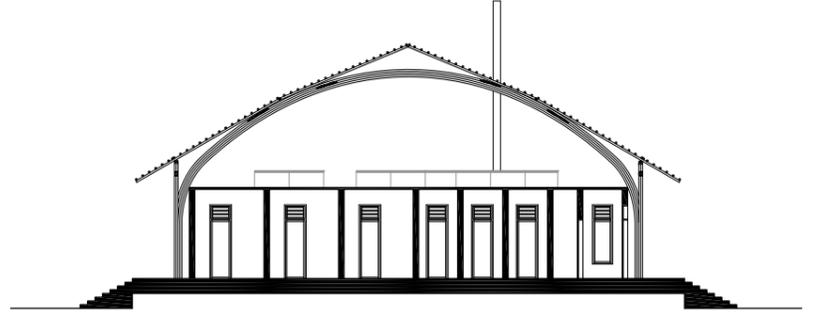
PROSPETTO OVEST



SEZIONE



SEZIONE

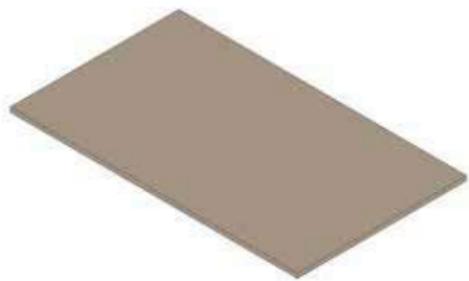


Architettura e risorse locali: il caso di una spice processing unit a Buttala, Sri Lanka. Laboratorio di Laurea "Architettura Sostenibile" / Alma Mater Studiorum Università di Bologna - Dipartimento di Architettura / Scuola di Ingegneria e Architettura - Campus di Cesena. Lauree Magistrali a ciclo unico in Architettura / Docenti: Andrea Boeri, Ernesto Antonini, Jacopo Gaspari, Lamberto Amisadori, Valentina Gianfrate, Kristian Fabbri / A.A. 2016 - 2017. Laureanda: Silvia Todini. Relatore: Ernesto Antonini. Corelatori: Arch. Alessio Battistella (presidente studio ACO) - Kristian Fabbri.

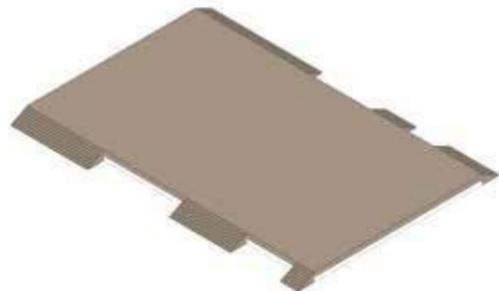


LE FASI DI CANTIERE

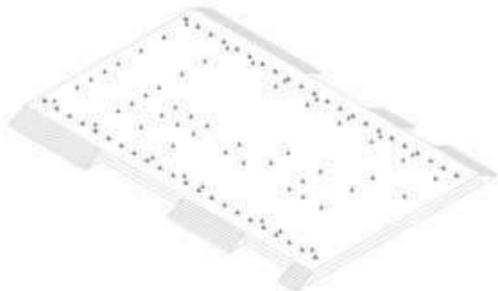
FASE 1 | Realizzazione strato di sopraelevazione e magrone



FASE 2 | Realizzazione piastra di fondazione e gradini



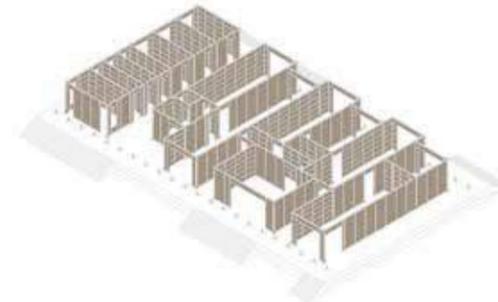
FASE 3 | Posa in opera di elementi in acciaio per l'ancoraggio a terra dei montanti in bambù



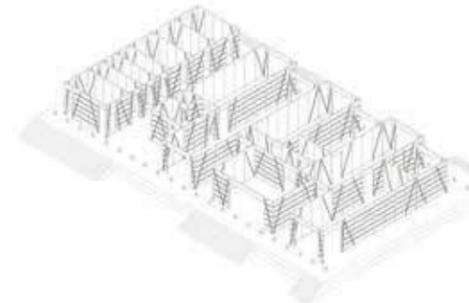
FASE 4 | Posa in opera di montanti, traversi e architravi in bambù



FASE 4.1 | Posa in opera di canniccio in bambù



FASE 4.2 | Posa in opera di traversi e controventamenti in bambù



FASE 5 | Posa in opera dei controtelai degli infissi in legno



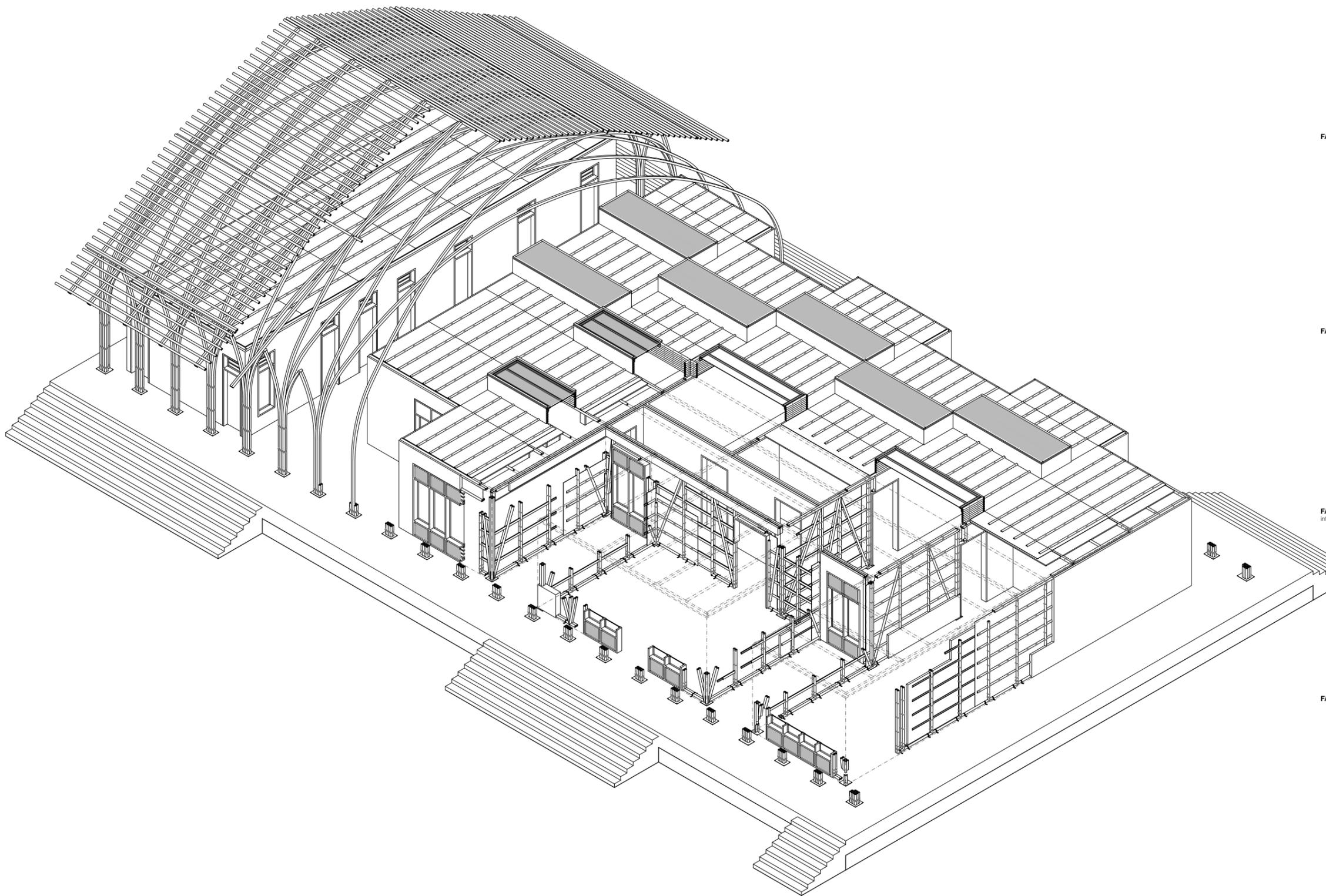
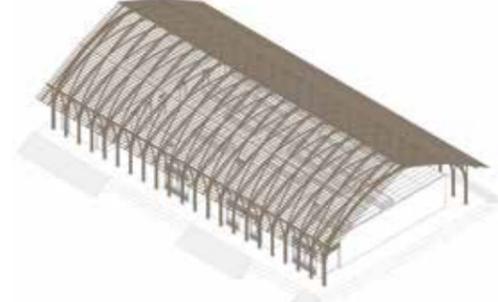
FASE 6 | Posa in opera del pacchetto di copertura con successiva intonacatura



FASE 7 | Posa in opera, internamente ed esternamente dello strato di terra e e posa in opera infissi e zanzariere



FASE 8 | Realizzazione struttura di copertura con archi in bambù



BIBLIOGRAFIA

Bamboo Connections. (2017). 1st ed. [ebook] Available at: <http://bambus.rwth-aachen.de/eng/PDF-Files/Bamboo%20Connections.pdf> [Accessed 16 Mar. 2017].

Bamboo Construction Source Book. (n.d.). 1st ed. [ebook] Available at: http://www.communityarchitectsnetwork.info/upload/opensources/public/file_14062013022345.pdf [Accessed 16 Mar. 2017].

Bamboo House Building Manual. (2017). 1st ed. [ebook] Available at: <http://build-back-better.e-monsite.com/medias/files/bamboo-house-building-manual.pdf> [Accessed 16 Mar. 2017].

Banik, R. (2016). *Silviculture of South Asian priority bamboos*. 1st ed. Singapore: Springer.

Cardenas Laverde, M. (2008). *Il bambù come materiale da costruzione*. 1st ed. Napoli: Sistemi editoriali.

Castelli, L. (2008). *Architettura sostenibile*. 1st ed. Torino: Utet Scienze tecniche.

CHARACTERIZATION OF CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF PALM FIBERS. (2017). 1st ed. [ebook] Available at: <http://airccse.com/msej/papers/2415msej01.pdf> [Accessed 16 Mar. 2017].

Facility, G. (2012). *Implementing the Poznan Strategic and Long-Term Programs on Technology Transfer*. 1st ed. Washington: Global Environment Facility.

Gozzano, G. (1927). *Verso la cuna del mondo*. 1st ed. Milano, Treves.

Grimwood, B. (1975). *Coconut palm products*. 1st ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Hall, B. and Rawlinson, H. (n.d.). *Travels in India, Ceylon and Borneo*. 1st ed.

Hidalgo López, O. (1981). *Manual de construcción con bambú*. 1st ed. Bogotá, Colombia S.A.: Universidad Nacional de Colombia, Centro de Investigación de Bambú y Madera.

Il bambù: una scelta di "ecologia Strutturale". (2017). 1st ed. [ebook] Available at: http://www.ingenio-web.it/immagini/CKEditor/articolo_bamboo_1.pdf [Accessed 16 Mar. 2017].

India del Sud e Sri Lanka. (2000). 1st ed. Milano: Touring Club italiano.

- Janssen, J. (n.d.). *Designing and building with bamboo*. 1st ed.
- Landini, F. and Roda, R. (1991). *Costruire a regola d'arte - 1 pareti perimetrali verticali*. 1st ed. Milano: BE-MA.
- Landini, F. and Roda, R. (1991). *Costruire a regola d'arte - 3 Solai a terra, solai su spazi aperti, coperture*. 1st ed. Milano: BE-MA.
- Landini, F. and Roda, R. (1991). *Costruire a regola d'arte - 6 Strutture*. 1st ed. Milano: BE-MA.
- Lu, D. (2011). *Third World modernism*. 1st ed. London: Routledge.
- May, J. and Reid, A. (2010). *Architettura senza architetti*. 1st ed. Milano: Rizzoli.
- Minke, G. (2013). *Building with earth*. 1st ed. Basel, Switzerland: Birkhäuser.
- Minke, G. (2016). *Building with Bamboo*. 1st ed. Basel: Birkhäuser.
- Molinari, C. (2006). *Elementi di cultura tecnica*. 1st ed. Napoli: Esselibri.
- Narici, B., Talamo, C. and Scudo, G. (2001). *Costruire con la terra*. 1st ed. Napoli: Esselibri.
- Non-Homogeneous thermal properties of bamboo. (2017). 1st ed. [ebook] Available at: https://www.researchgate.net/publication/263773568_Non-Homogeneous_thermal_properties_of_bamboo [Accessed 16 Mar. 2017].
- Pieris, A. (2012). *Architecture and nationalism in Sri Lanka : the trouser under the cloth*. 1st ed.
- Prouvé, J., Archieri, J., Damisch, H. and Levasseur, J. (1990). *Prouvé - Cours du CNAM 1957 - 1970*. 1st ed. Sprimont: Mardaga.
- Robson, D. (2002). *Bawa*. 1st ed. London: Thames & Hudson.
- Robson, D. (2014). *Beyond Bawa*. 1st ed. London [u.a.]: Thames et Hudson.
- Salvan, G. (2005). *Architectural character & the history of architecture*. 1st ed. Manila: Goodwill Trading Co.
- Sassu, M., Andreini, M., Falco, A. and Giresini, L. (2012). Bamboo Trusses with Low Cost and High Ductility Joints. *Open Journal of Civil Engineering*, 02(04), pp.229-234.
- Shanmughavel, P. and Francis, K. (1996). Above ground biomass production and nutrient distribution in growing bamboo (*Bambusa bambos* (L.) Voss). *Biomass and Bioenergy*, 10(5-6), pp.383-391.
- Storrer, W. (1997). *Frank Lloyd Wright*. 1st ed. Bologna: Zanichelli.
- The Challenge of Connecting Bamboo. (2017). 1st ed. [ebook] Available at: <http://www.worldbamboo.net/wbcx/Sessions/Theme%20Architecture%20Engineering%20Social%20Housing/Vahanvati,%20Munir.pdf> [Accessed 16 Mar. 2017].
- Wu, N. (1965). *L'architettura cinese e indiana*. 1st ed. Milano: Rizzoli.
- Yu, D., Tan, H. and Ruan, Y. (2011). A future bamboo-structure residential building prototype in China: Life cycle assessment of energy use and carbon emission. *Energy and Buildings*, 43(10), pp.2638-2646.

SITOGRAFIA

Affaritaliani,(2017). *Economia civile/ Sri Lanka, il post-tsunami parte dal microcredito - Affaritaliani.it*. [online] Available at:

http://www.affaritaliani.it/economia/dopotsunamisrilankamicrocredito.html?refresh_ce [Accessed 16 Mar. 2017].

ANGELILLO, d. (2017). *Bambù, le case ecosostenibili grazie alla pianta delle meraviglie*. [online] Repubblica.it. Available at:

http://www.repubblica.it/ambiente/2015/05/24/news/bambu_115147736/ [Accessed 16 Mar. 2017].

ANGELILLO, d. (2017). *Costruire un mondo. Con il bambù*. [online] La Repubblica. Available at:

http://www.repubblica.it/ambiente/2015/05/24/foto/costruire_un_mondo_con_il_bambu_115152062/ [Accessed 16 Mar. 2017].

WMO, Available at: <https://www.wmo.int/cpdb/sri-lanka> [Accessed 16 Mar. 2017].

Guadua Bamboo, *Guadua Bamboo*. [online] Available at:

<https://www.guaduabamboo.com> [Accessed 16 Mar. 2017].

Sundayobserver, (2017). *Financial News | Sundayobserver.lk*. [online]

Available at: <http://archives.sundayobserver.lk/2012/09/23/fin30.asp> [Accessed 16 Mar. 2017].

Atlante unimondo, (2017). *Sri Lanka / Asia meridionale / Asia / Paesi / Home - Unimondo Atlante On Line*. [online] Available at:

[http://atlante.unimondo.org/Paesi/Asia/Asia-meridionale/Sri-Lanka/\(livello\)/esplora](http://atlante.unimondo.org/Paesi/Asia/Asia-meridionale/Sri-Lanka/(livello)/esplora) [Accessed 16 Mar. 2017].

Atlas media (2017). *OECD - Sri Lanka (LKA) Esportazioni, Importazioni, e Trade Partners*. [online] Available at:

http://atlas.media.mit.edu/it/profile/country/lka/#Complessità_economico_Ranking [Accessed 16 Mar. 2017].

Bamboo wikispaces (2017). *Bamboo - 7. Types of Joints*. [online]

Available at: <http://bamboo.wikispaces.asu.edu/7.+Types+of+Joints> [Accessed 16 Mar. 2017].

Bamboocentral, (2017). *EBF-Environmental Bamboo Foundation, Bali, Indonesia*. [online] Available at:

<http://www.bamboocentral.org/index1.htm> [Accessed 16 Mar. 2017].

Bamboolanka, (2017). *Bamboo Cultivation and Bamboo Heritage Conservation Organization*. [online] Available at:

<http://www.bamboolanka.com/news.php> [Accessed 16 Mar. 2017].

Bamboosrilanka.com. (2017). *Dias & Sons Bamboo Blinds- Bamboo Curtains - Cane Blinds - Sri Lanka*. [online] Available at: <http://bamboosrilanka.com/index.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

Barbaro, G. (2017). *Il bambù, decima musa ispiratrice della poetica architettonica*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/bambu-musa-poetica-216/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Behance, (2017). *Behance*. [online] Available at: <https://www.behance.net/gallery/42399255/Bamboo-research-institution-Colombosrilanka> [Accessed 16 Mar. 2017].

Bioversityinternational.org. (2017). *Bamboo resources and utilization in Sri Lanka - Dayananda Kariyawasam*. [online] Available at: http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/Web_version/572/ch31.htm [Accessed 16 Mar. 2017].

Bituver. (2017). *Guaina bituminosa elastomerica Fleximat | Bituver*. [online] Available at: <http://bituver.it/impermeabilizzazione/prodotti/membrane-bitume-polimero/elastomeriche/fleximat/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Brunetti, B. (2017). *Il bambù in Vietnam: i progetti di Vo Trong Nghia*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/bambu-vietnam-progetti-030/> [Accessed 16 Mar. 2017].

calameo (2017). *CASA&CLIMA n.14 Progettare col bambu*. [online] Available at: <http://www.calameo.com/read/000007714faf546815216> [Accessed 16 Mar. 2017].

Climate and weather (2017). *Climate and Weather - Weather in Sri Lanka*. [online] Available at: <http://www.climateandweather.com/weather-in-sri-lanka> [Accessed 16 Mar. 2017].

COLOURCON. (2017). *Roofing Tiles*. [online] Available at: <http://colourcon.com/roofing-tiles.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

Cornaviera. (2017). *Appunti di edilizia*. [online] Available at: http://www.cornaviera.it/pagina.asp?codice=conduttivit%E0_materiali [Accessed 16 Mar. 2017].

Costruire Green. (2017). *In Vietnam la prima sala conferenze in bambù*. [online] Available at: [http://www.costruiregreen.com/it/news/in-](http://www.costruiregreen.com/it/news/in-vietnam-la-prima-sala-conferenze-in-bambu#.WMkMQkbhCpp)

[vietnam-la-prima-sala-conferenze-in-bambu#.WMkMQkbhCpp](http://www.costruiregreen.com/it/news/in-vietnam-la-prima-sala-conferenze-in-bambu#.WMkMQkbhCpp) [Accessed 16 Mar. 2017].

Dailymirror, (2017). *Developments in the bamboo industry*. [online] Available at: <http://www.dailymirror.lk/article/developments-in-the-bamboo-industry-22413.html?fbrefresh=refresh> [Accessed 16 Mar. 2017].

Dezeen. (2017). *Bamboo architecture and design*. [online] Available at: <http://www.dezeen.com/tag/bamboo/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Docslide (2017). *Bamboo for Emergency - Documents*. [online] Available at: <http://docslide.it/documents/bamboo-for-emergency.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

E-max. (2017). *Criteri per una progettazione architettonica ecosostenibile*. [online] Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Enciclopedia treccani, (2017). *Enciclopedia treccani*. [online] Available at: <http://www.treccani.it/enciclopedia/sri-jayawardenapura-kotte> [Accessed 16 Mar. 2017].

Enciclopedia treccani, (2017). *Enciclopedia treccani*. [online] Available at: [http://www.treccani.it/enciclopedia/sri-lanka_res-0e37098a-ffc7-11e4-9760-00271042e8d9_\(Atlante-Geopolitico\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/sri-lanka_res-0e37098a-ffc7-11e4-9760-00271042e8d9_(Atlante-Geopolitico)) [Accessed 16 Mar. 2017].

Enciclopedia treccani, (2017). *Enciclopedia Treccani*. [online] Available at: http://www.treccani.it/enciclopedia/colombo_res-0f91d8b9-962b-11de-baff-0016357eee51 [Accessed 16 Mar. 2017].

Facchini, L. (2017). *Bambù come materiale da costruzione sostenibile, flessibile e resistente*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/bambu-materiale-da-costruzione-sostenibile-flessibile-resistente-454/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Facchini, L. (2017). *Terra cruda: i vantaggi di un materiale eco da valorizzare*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/laterizi-terra-cruda/terra-cruda-vantaggi-materiale-eco-695/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Fao (2017). *CODEX Alimentarius: About Codex*. [online] Available at: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Fao (2017). *Farm structures ... - Ch5 Elements of construction: Roofs*. [online] Available at: <http://www.fao.org/docrep/s1250e/s1250e0l.htm> [Accessed 16 Mar. 2017].

Fasciano, I. (2017). *Costruire in terra cruda: tecniche di lavorazione e finiture superficiali*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/laterizi-terra-cruda/costruire-terra-cruda-tecniche-lavorazione-finiture-superficiali-031/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Ferraribk. (2017). [online] Available at: <http://www.ferraribk.it> [Accessed 16 Mar. 2017].

Garellieviglietti. (2017). *FORNACE LATERIZI GARELLI & VIGLIETTI - laterizi piemonte, bassa conducibilit termica laterizio*. [online] Available at: <http://www.garellieviglietti.it/index.php?id=7982> [Accessed 16 Mar. 2017].

Grieco, A. (2017). *Elogio dell'architettura low-tech*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/criteri-progettuali/architettura-low-tech-884/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Guadua Bamboo. (2017). *Dendrocalamus giganteus*. [online] Available at: <https://www.guadubamboo.com/species/dendrocalamus-giganteus> [Accessed 16 Mar. 2017].

Gunasekara, M. (2017). *Bamboo production, processing and marketing - Industrial Technology Institute- Sri Lanka*. [online] Iti.lk. Available at: <http://iti.lk/en/recently-completed-5/54-research-a-development/food-technology-ft/579-bamboo-production-processing-and-marketing.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

Il Post. (2017). *Indonesia e Thailandia, dopo lo tsunami e oggi - Il Post*. [online] Available at: <http://www.ilpost.it/2014/12/26/indonesia/thailand-10-years-after-devastating-indian-ocean-tsunami-4/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Inbar (2017). *INBAR | Bamboo & Rattan for inclusive and green development*. [online] Available at: <http://www.inbar.int/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Indexmundi (2017). *Sri Lanka - Densità di popolazione - Dati Storici*. [online] Available at: <http://www.indexmundi.com/g/g.aspx?v=21000&c=ce&l=it> [Accessed 16 Mar. 2017].

Industry (2017). *UNIDO's first Lankan bamboo industry initiative*. [online] Available at: http://www.industry.gov.lk/web/index.php?option=com_content&view=article&id=176%3Aunidos-first-lankan-bamboo-industry-initiative&catid=44%3Aindustry-events&Itemid=194&lang=en [Accessed 16 Mar. 2017].

issuu. (2017). *Bamboo - Collettivo cerretini*. [online] Available at: https://issuu.com/collettivocerretini/docs/bamboo_-_collettivo_cerretini [Accessed 16 Mar. 2017].

issuu. (2017). *Bamboo Connection Study*. [online] Available at: https://issuu.com/jhrosenb/docs/bamboo_connections [Accessed 16 Mar. 2017].

issuu. (2017). *Bamboo*. [online] Available at: https://issuu.com/giuliapistolesi1/docs/bamboo_stampa [Accessed 16 Mar. 2017].

kengo kuma and associates. (2017). *Great (Bamboo) Wall | Architecture | kengo kuma and associates*. [online] Available at: <http://kkaa.co.jp/works/architecture/great-bamboo-wall/> [Accessed 16 Mar. 2017].

La Stampa (2017). *I progetti in bambù di un atelier speciale*. [online] LaStampa.it. Available at: <http://www.lastampa.it/2015/07/16/scienza/ambiente/architettura/i-progetti-in-bamb-di-un-atelier-speciale-r5cvn3ceOEjLzDu7QZKyM/pagina.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

Liberati, S. (2017). *Edifici in bambù: l'eleganza delle architetture vegetali*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/edifici-bambu-architetture-vegetali-690/> [Accessed 16 Mar. 2017].

mattioli, g. (2017). *Bambù: il futuro dell'edilizia? - www.stile.it*. [online] www.stile.it. Available at: <http://www.stile.it/2013/11/04/bamb-il-futuro-delledilizia-16775-id-108203/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Mercatiaoconfronto (2017). *Sri Lanka*. [online] Available at: http://www.mercatiaoconfronto.it/index.php?option=com_schedepaese&

task=scheda_flash&articles=743%7C32965%7C32958%7C32970%7C32971%7C32980%7C32997%7C32998&paese=669&interscambio=7&Itemid=3896 [Accessed 16 Mar. 2017].

Mygola (2017). *City Hall in Buttala, Sri Lanka*. [online] Available at: <http://www.mygola.com/buttala-d1218552/city-hall> [Accessed 16 Mar. 2017].

Nicora, C. (2017). *Come costruire una casa in bambù in 25 giorni con 2500 dollari*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/architettura/progetti/nel-mondo/come-costruire-casa-bambu-636/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Nicora, C. (2017). *Costruire con le canne di bambù: un metodo a km zero*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/costruire-canne-bambu-296/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Pigozzo, F. (2017). *Homepage (SRI LANKA) - infoMercatiEsteri - www.infomercatiesteri.it*. [online] Infomercatiesteri.it. Available at: http://www.infomercatiesteri.it/paese.php?id_paesi=138 [Accessed 16 Mar. 2017].

Pizzolante, R. and Pizzolante, T. (2017). *Bambù e salice per costruire sostenibile | Tekneco*. [online] Tekneco: edilizia bio, energia alternativa ed ecologia. Available at: <http://old.tekneco.it/bioedilizia/bambu-e-salice-per-un-costruire-sostenibile/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Rockpanel (2017). *Certificati & omologazioni*. [online] Available at: <http://www.rockpanel.it/documentazione/certificati+omologazioni> [Accessed 16 Mar. 2017].

S.r.l., M. (2017). *Policarbonato compatto trasparente spessore 3mm - Materie-Plastiche.com*. [online] Materie-plastiche.com. Available at: <http://www.materie-plastiche.com/catalogo/policarbonato/lastre-in-policarbonato-compatto/policarbonato-compatto-trasparente-3mm> [Accessed 16 Mar. 2017].

Sapere (2017). *Sri Lanka - Sapere.it*. [online] Available at: <http://www.sapere.it/enciclopedia/Sri+Lanka.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

Schröder, S. and Schröder, S. (2017). *How to Bend Bamboo*. [online] Guadua Bamboo. Available at: <https://www.guaduabamboo.com/working-with-bamboo/bending-bamboo> [Accessed 16 Mar. 2017].

Selectiveasia (2017). *Best time to visit Sri Lanka - weather by month - climate - seasons*. [online] Available at: <http://www.selectiveasia.com/sri-lanka-holidays/weather> [Accessed 16 Mar. 2017].

Sinhaya. (2017). *Sri Lanka Devastated by Massive Tsunami Attack*. [online] Available at: <http://www.sinhaya.com/tsunami.htm> [Accessed 16 Mar. 2017].

Slia (2017). *Sri Lanka Institute of Architects*. [online] Available at: <http://www.slia.info/sliaweb/awards/index.html#> [Accessed 16 Mar. 2017].

Srilankabusiness (2017). *Spice Exporting Industry of Sri Lanka | Ceylon Spice Exporters*. [online] Available at: <http://www.srilankabusiness.com/spices/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Srilankanexpeditions (2017). *buttala, sri lanka*. [online] Available at: <http://www.srilankanexpeditions.com/location.php?city=Buttala> [Accessed 16 Mar. 2017].

Studiocardenas,. (2017). *Studio Cardenas - La casa nella foresta at Abitare il tempo*. [online] Available at: <https://www.studiocardenas.it/index.php/it/2015-03-23-13-40-30/bamboo/74-la-casa-nella-foresta-at-abitare-il-tempo> [Accessed 16 Mar. 2017].

Sunsetbamboo. (2017). *Bamboo Slats for the Ultimate Trim and Facing Sunset Bamboo*. [online] Available at: <http://sunsetbamboo.com/bamboo-slats-strips.html> [Accessed 16 Mar. 2017].

Ted. (2017). *TED: Ideas worth spreading*. [online] Available at: <https://www.ted.com/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Terzaghi, M. (2017). *Applicazioni del bambù nei giardini, nell'architettura e nelle costruzioni*. [online] E-max. Available at: <https://www.architetturaecosostenibile.it/materiali/bambu/applicazioni-bambu-giardini-324/> [Accessed 16 Mar. 2017].

Tropical theferns. (2017). *Dendrocalamus giganteus - Useful Tropical Plants*. [online] Available at: <http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Dendrocalamus+giganteus> [Accessed 16 Mar. 2017].

Tuttogreen. (2017). *12 incredibili case di bambù, il materiale più eco-friendly che ci sia!*. [online] Available at: <http://www.tuttogreen.it/12->

incredibili-case-di-bambu-il-materiale-piu-eco-friendly-che-ci-sia/
[Accessed 16 Mar. 2017].

Tyinarchitects, (2017). *TYIN tegnestue Architects*. [online] Available at:
<http://www.tyinarchitects.com/> [Accessed 16 Mar. 2017].

User, S. (2017). *Department of Meteorology - Sri Lanka*. [online]
Meteo.gov.lk. Available at:
[http://www.meteo.gov.lk/index.php?option=com_content&view=article
&id=14&Itemid=133&lang=en](http://www.meteo.gov.lk/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=133&lang=en) [Accessed 16 Mar. 2017].

Viaggiatori. (2017). *Colombo Clima - Sri Lanka - statistiche climatiche e
meteo - Viaggiatori.net*. [online] Available at:
http://www.viaggiatori.net/turismoestero/Sri_Lanka/clima/Colombo
[Accessed 16 Mar. 2017].

VTN | Vo Trong Nghia Architects. (2017). *VTN | Vo Trong Nghia
Architects - Son La Restaurant*. [online] Available at:
<http://votrongnghia.com/projects/restaurant-son-la-complex/>
[Accessed 16 Mar. 2017].

webmaster, a. (2017). *Auroville Earth Institute*. [online] Earth-
auroville.com. Available at: [http://www.earth-
auroville.com/compressed_stabilised_earth_block_en.php](http://www.earth-auroville.com/compressed_stabilised_earth_block_en.php) [Accessed
16 Mar. 2017].

Wikipedia (2017). *Analisi dei rischi e controllo dei punti critici*. [online]
Available at:
[https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Analisi_dei_rischi_e_controllo
_dei_punti_critici&oldid=86414321](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Analisi_dei_rischi_e_controllo_dei_punti_critici&oldid=86414321) [Accessed 16 Mar. 2017].

Wikipedia (2017). *ISO 22000*. [online] Available at:
https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=ISO_22000&oldid=78359990
[Accessed 16 Mar. 2017].

Wikipedia (2017). *Jetavanaramaya*. [online] Available at:
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jetavanaramaya&oldid=743
374871](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jetavanaramaya&oldid=743374871) [Accessed 16 Mar. 2017].

Wikipedia (2017). *Sicurezza alimentare*. [online] Available at:
[https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Sicurezza_alimentare&oldid=
86435903](https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Sicurezza_alimentare&oldid=86435903) [Accessed 16 Mar. 2017].

wikipedia(2017). *Good manufacturing practice*. [online] Available at:
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Good_manufacturing_practi
ce&oldid=766468692](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Good_manufacturing_practice&oldid=766468692) [Accessed 16 Mar. 2017].