



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

**Scuola di
Architettura**



FIRENZE
IL CENTRO STORICO
PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
CONOSCENZA TUTELA PROGETTAZIONE

**TECNICHE PREMODERNE
DI PREVENZIONE ANTISISMICA**
Learning from the Past to protect the Future

Prof. Giacomo Tempesta

**Dida - Dipartimento di Architettura
Sezione Materiali e Strutture**



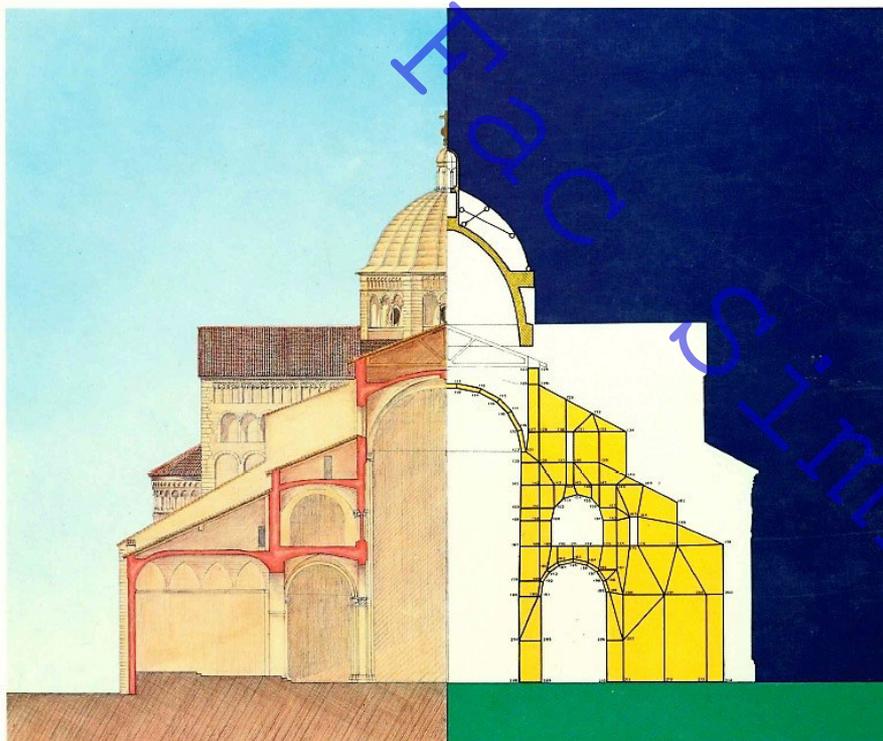
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

ISTITUTO PER I BENI ARTISTICI, CULTURALI E NATURALI DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA
DIPARTIMENTO DI COSTRUZIONI DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE



ARCHITETTURA E TERREMOTI

Il caso di Parma: 9 novembre 1983

PRATICHE

« Il titolo di questo saggio è assai più ambizioso di quanto in realtà esso sia in grado di offrire.

I due termini messi a confronto implicano un rapporto, o una relazione, che solo di recente ha preso corpo e consistenza dando luogo ad una crisi non ancora completamente risolta.

Chi si accingesse alla risoluzione di uno dei più complessi problemi della conservazione dei centri storici, quello del loro permanere, della loro stessa esistenza in luoghi dichiaratamente sismici per antiche storie o per sussulti recenti – mai totalmente nuovi, al più inaspettati dopo secoli di silenzio - , chi si accingesse ad affrontare il problema della loro stabilità e resistenza si troverebbe a fare i conti assai frequentemente con materiali inconsistenti, con ciotoli di fiume elevati a dimore, con malte che sono fango e via dicendo... »

Salvatore Di Pasquale



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

Stabilendo che la riduzione del rischio sismico dei centri storici e dei monumenti è essenzialmente un problema di Restauro, occorre imboccare la strada operativa propria di questa disciplina e partire dal presupposto che:
«...bisogna innanzitutto conoscere 'cosa' conservare, e da tale conoscenza far scaturire il 'come' conservare con sicurezza».

Antonino Giuffré

Il percorrere questo sentiero potrebbe condurre a conclusioni tali da rendere inconciliabili i termini stessi della conservazione e della sicurezza, e quindi ad assumere con chiara consapevolezza il fatto che occorra rinunciare «... all'uno o all'altro dei due termini, o riducendo la sicurezza, e quindi l'uso, o sacrificando la conservazione, e quindi trasformando le strutture originali»

Antonino Giuffré

« Il restauro
antisismico dei centri
storici deve ... essere
coniugato sul doppio
versante di sicurezza e
conservazione.
Coniugazione di un
unico verbo, del
semplice restaurare,
che non è tale se non
conserva e non
conserva se non
assicura»

Antonino Giuffré



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

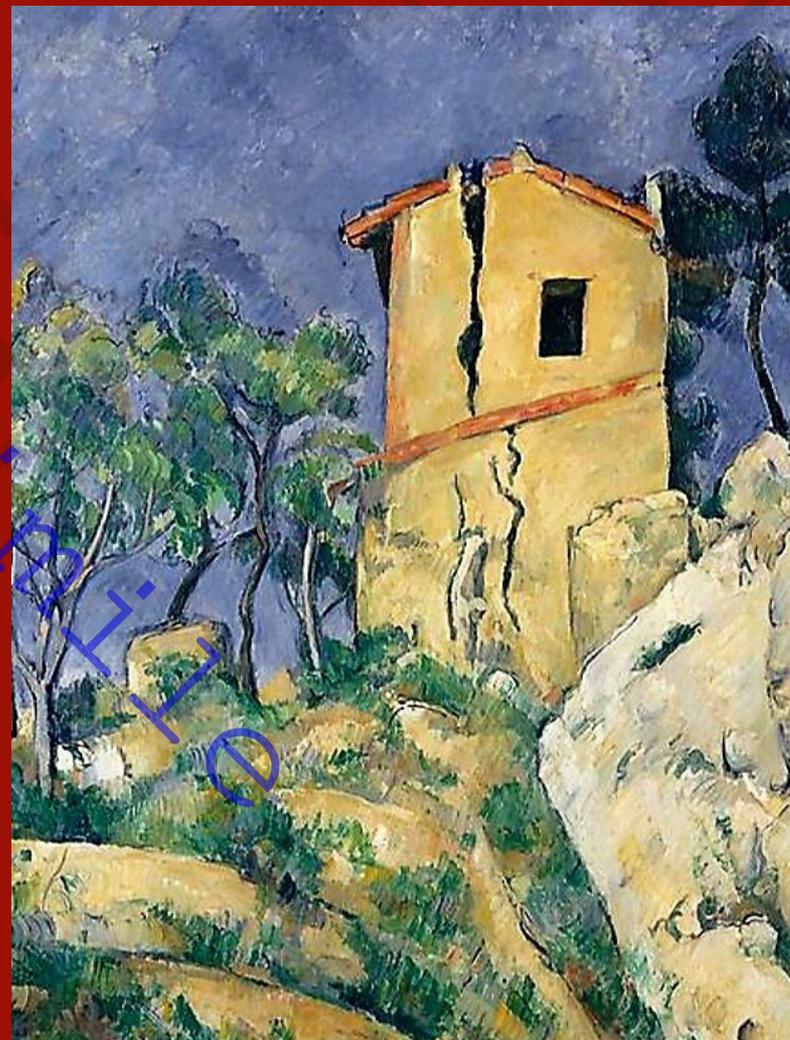
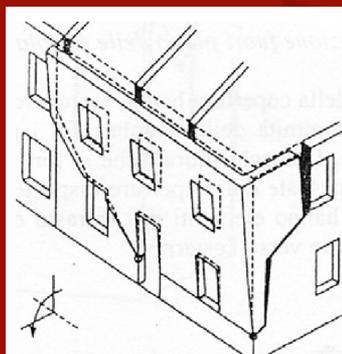
Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Sala dei Giganti nel Palazzo Tè di Mantova
Giulio Romano e Rinaldo Mantovano: tra il 1528 e il 1533



Cézanne, *La maison lézardée*, 1892

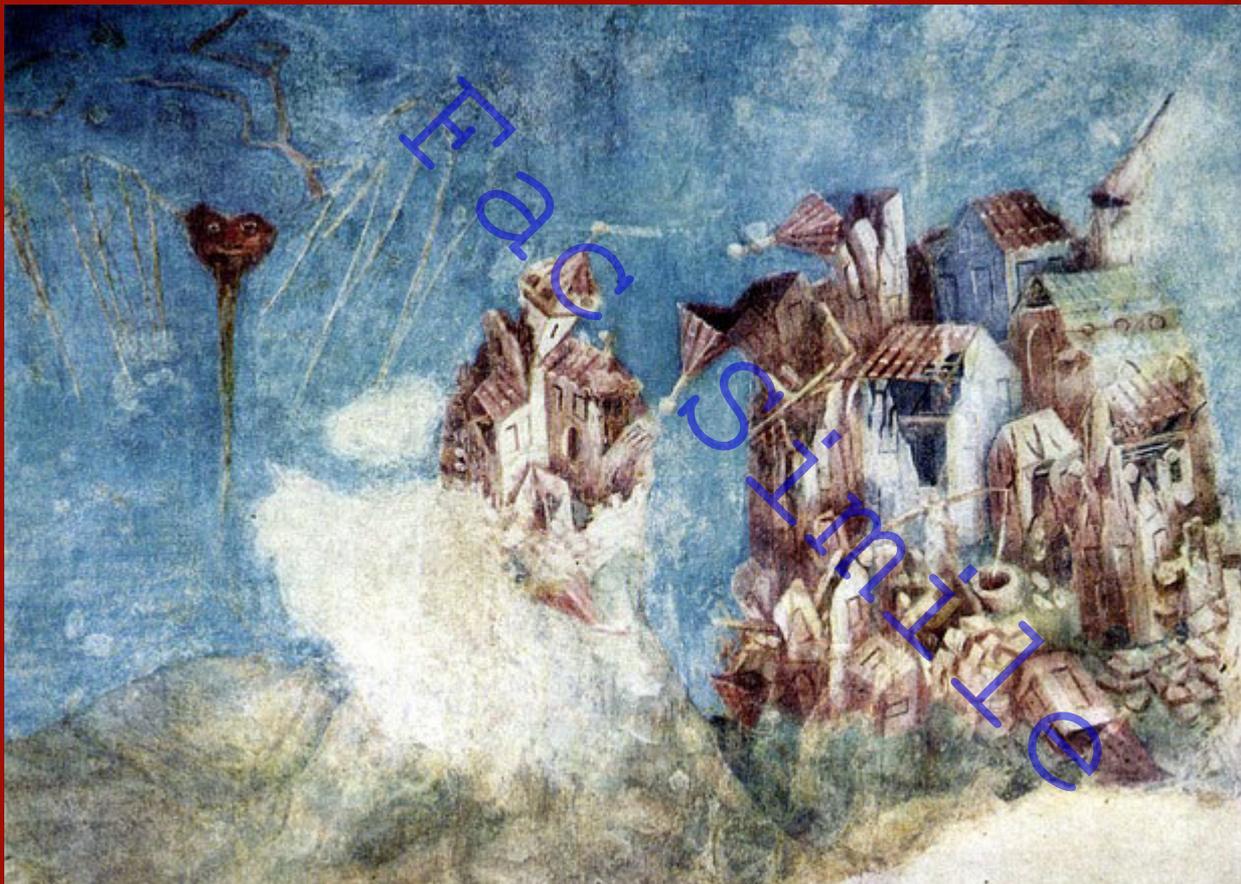


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



M. Wurmster
di Strasburgo
1362.
Castello di
Karlstein
Boemia.

Friuli e Carinzia – Le case di un villaggio di montagna colpite dal grande terremoto del 25 gennaio 1348, che danneggiò estesamente la Carinzia e il Friuli e parte del Veneto. La fama di questo disastro colpì fortemente la società europea del tempo.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Francesco di
Giorgio
Martini
Tempera su
tavola.
Copertina dei
registri delle
Biccherne

Siena – Terremoto di Siena del settembre 1467.

Il terremoto interrompe la vita urbana e induce precarietà e insicurezza. Le città colpite vogliono ricordare in modo ufficiale l'abitare in baracche e tende, come una quotidianità spezzata. Molti artisti intendevano lasciare ai posteri non solo una immagine del danno subito, ma anche la rappresentazione sociale di quell'evento.

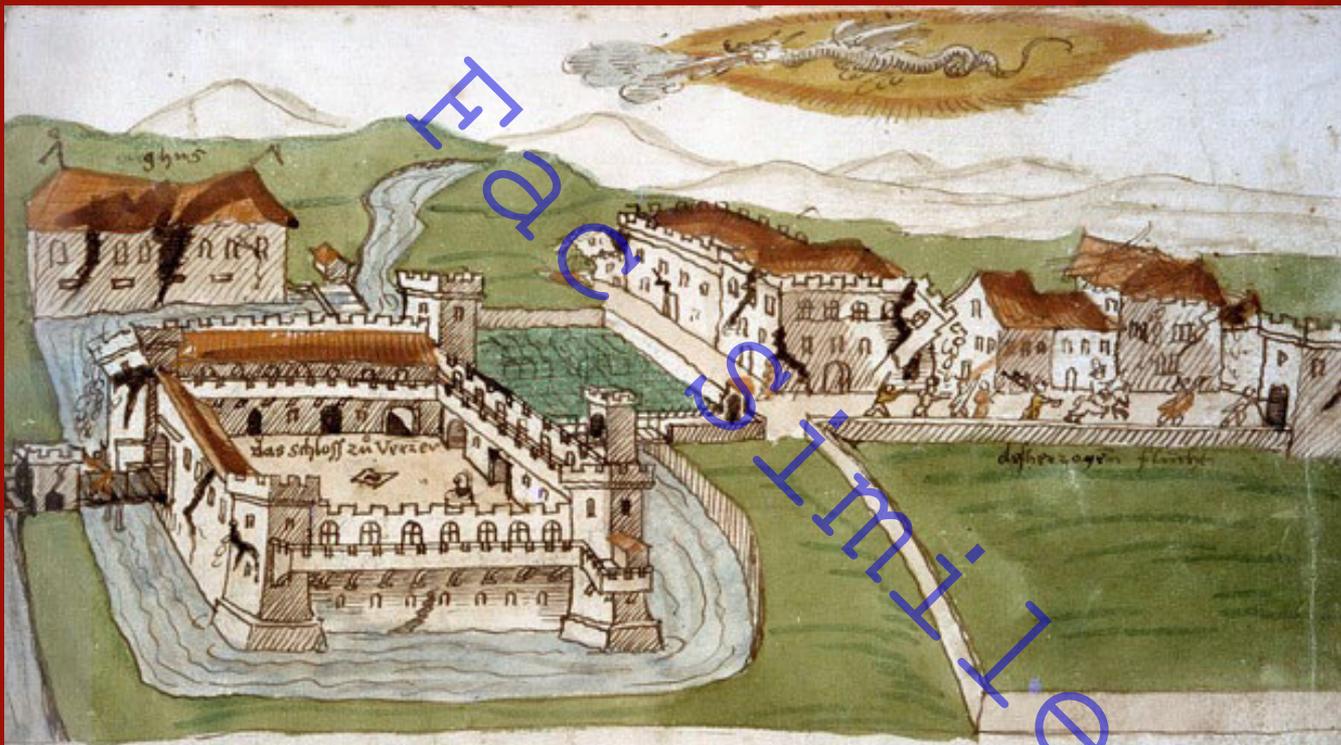


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Zentralbibliothek
Zurich

Ferrara – Terremoto del 17 novembre 1570. Cartolina illustrata eseguita da un militare svizzero che informa la famiglia sui rilevanti danni del terremoto osservati di persona. Gli effetti sismici a Ferrara furono descritti in corrispondenze diplomatiche, documenti amministrativi e cronache.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Ferrara – Terremoto del 20 maggio 2012.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

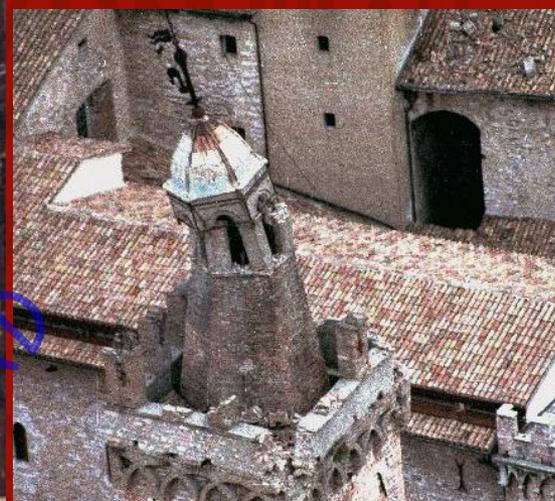
Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Foligno – Terremoto del 13 gennaio 1832.



Foligno
Terremoto del 26 settembre 1997

Ex-voto,
conservato
nel santuario
di Santa
Maria delle
Grazie, a
Cesena.

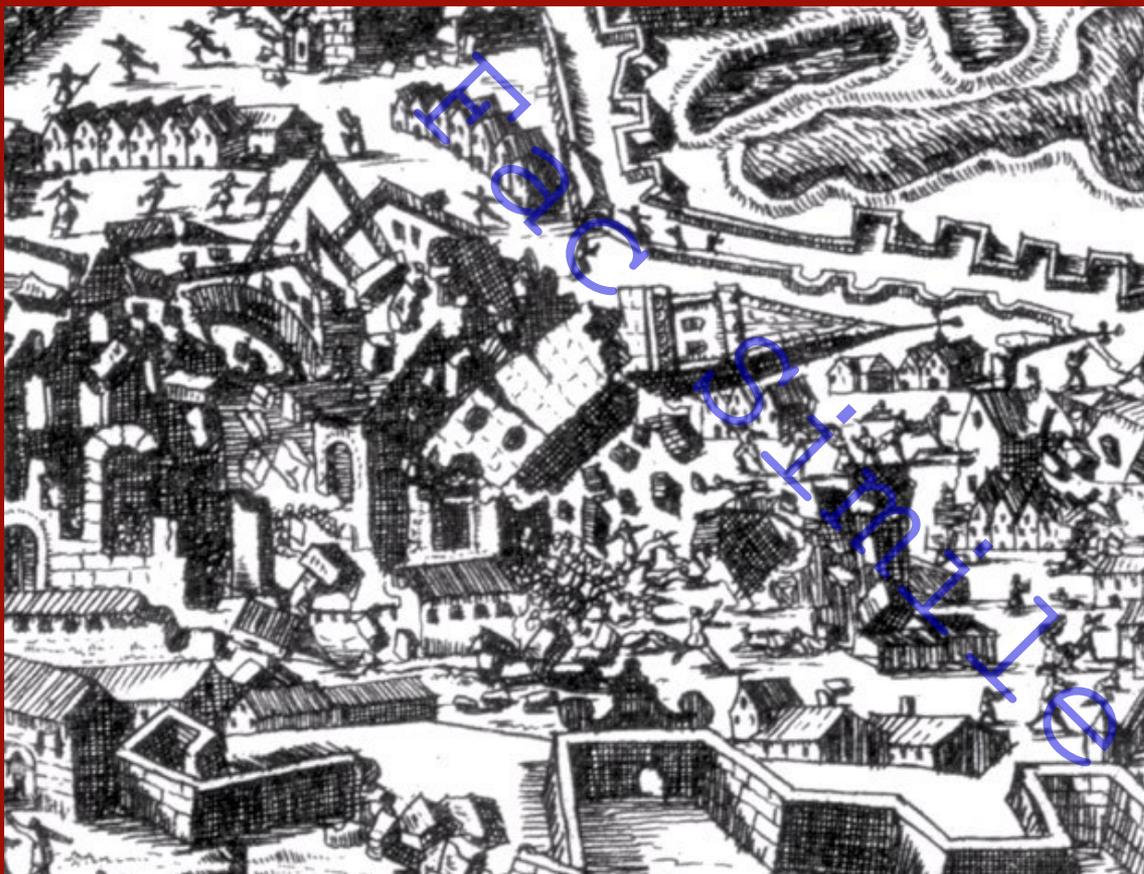


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

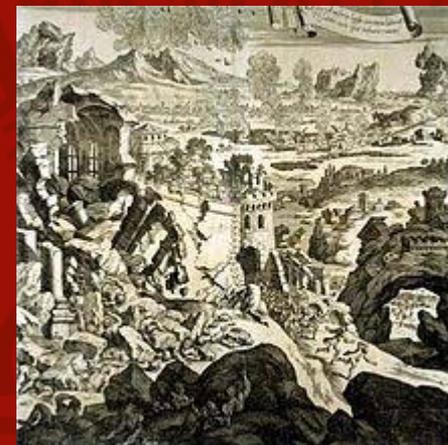
FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Catania – Terremoto dell'11 gennaio 1693.

Particolare
dalla grande
carta di
Anonimo.
Staatbibliothek
di Berlino



Val di Noto Terremoto 1693
Stampa tedesca.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Arquata dal Tronto – Terremoto del 24 agosto 2016



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



ANNO XLIX MATTINO TORINO, Giovedì 14 Gennaio 1918 MATTINO NUM. 14

ABONNAMENTI

	Anno	Sem.	Trim.	Quin.
Italia e Estero	35,00	8,50	4,50	2,50
Estero	35,00	10,00	5,00	3,00

Levare vaglia all'Amministrazione della "LA STAMPA"
Via Savoia, 20 - Torino

Ogni numero cent. 5

Trattato dell'Anno 0,10; anno prossimo 0,20

LA STAMPA

PREZZI DELLE INSERZIONI

ARCHIVIO STORICO

Una nuova calamità nazionale

Il terremoto distrugge città e paesi dell'Abruzzo

10 mila morti ad Avezzano - Altre migliaia di vittime nei dintorni

Rovine e vittime nella provincia di Caserta e nella campagna romana - Danni a Roma: chiese e palazzi lesionati - Il Re sui luoghi del disastro.

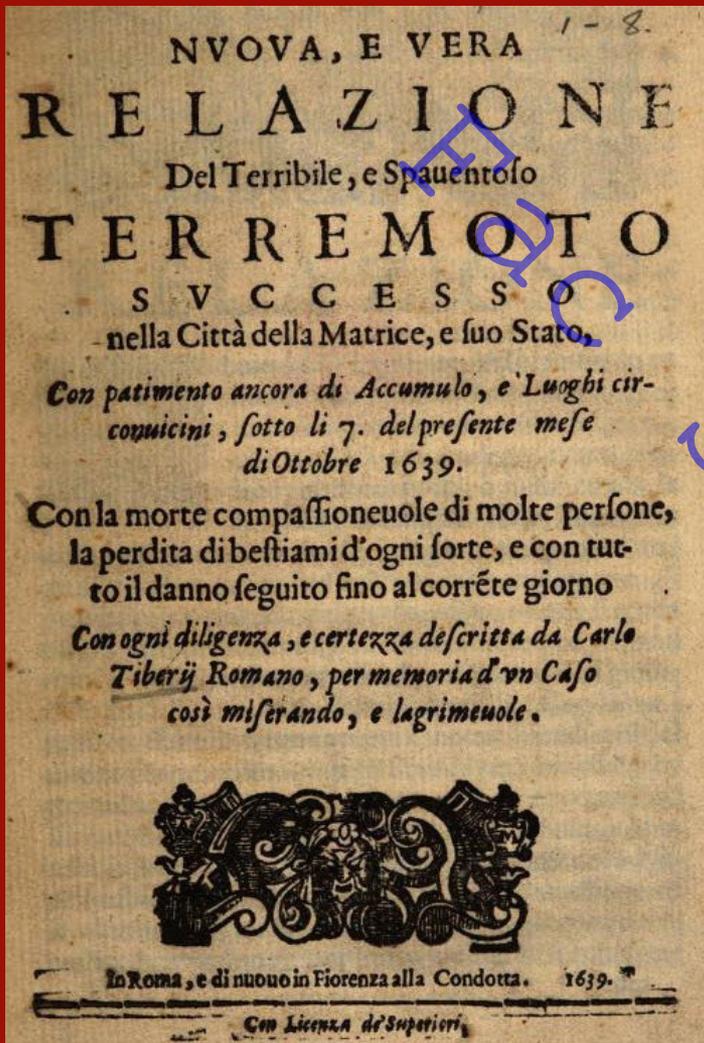


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



L'8 ottobre 1639 alle 07:30 **Amatrice** fu quasi interamente distrutta da un violento terremoto (magnitudo 6.2).
Altri sismi nel 1672, 1703, 1859 e 1883.

La città di **Accumoli** fu colpita dal terremoto nel 1627, 1703, 1730 e 1883.



Accumoli – Terremoto del 24 agosto 2016



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Amatrice – Terremoto del 24 agosto 2016

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Bam, Iran.

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Il sisma del 26 dicembre 2003 ha devastato Bam, Iran



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Il terremoto di 6,7 gradi Richter ha demolito gran parte dell'antico borgo fortificato.

Nonostante l'importante aiuto finanziario ed umanitario devoluto alla comunità colpita, la questione della ricostruzione di una città **distrutta per l'80%**, con oltre 43.000 vittime, 30.000 feriti e 75.000 sfollati, è rimasta a lungo irrisolta. L'Arch. Hussein Tayari, ha diretto per trent'anni i lavori di restauro della cittadella

Il sistema costruttivo in terra cruda è tra i più diffusi al mondo, ma deve affrontare sfide di "aggiornamento" per fronteggiare il rischio sismico. A seguito del terremoto non tutte le architetture in terra cruda sono crollate.

La cittadella è stata distrutta quasi interamente dal terremoto, ma gli edifici che hanno ceduto avevano subito restauri e rimaneggiamenti a partire dal 1950, mentre ironicamente, quelli che non erano stati soggetti ad alcun intervento hanno subito meno danni o addirittura sono rimasti completamente illesi.



Ci sono molte motivazioni che spingono all'inerzia geografica durante le fasi successive ad una catastrofe naturale:

- ❑ i modelli esistenti di proprietà del suolo solitamente restano invariati dopo il disastro;
- ❑ la popolazione locale mira a ripristinare i modelli preesistenti delle attività economiche e delle relazioni sociali, per rigenerare il senso di comunità;
- ❑ probabile processo di **graduale adattamento al rischio** da parte della comunità locale.

Inoltre, le ragioni della conservazione storica potrebbero richiedere una ricostruzione di edifici o monumenti quanto più possibile vicina all'originale.

Infine, il senso di **attaccamento emozionale o ideologico** al posto è funzione del suo *genius loci*: il processo di ricostruzione normalmente coinvolge risorse destinate alla riedificazione o riorganizzazione di quegli elementi che incarnano il *genius loci* del posto, e quanto più un sito è antico e storico, tanto più complesso sarà questo processo.

La lezione che leggiamo dal caso di Bam è chiara: **il processo di pianificazione della ricostruzione post-sisma** ha dovuto necessariamente prendere in considerazione l'attaccamento fisico, emozionale ed economico della gente a quel luogo.

Probabilmente questo *modus operandi* non ha portato alla più efficiente forma di ricostruzione, ma sicuramente ha aumentato le **possibilità di successo** in confronto a soluzioni più radicali che cercano di cancellare via il passato e sono perciò rese inoperabili dall'ostilità pubblica. (Fonte: D. Alexander)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



SLG Centre -

L'Institution, bâtiments et élèves

Port-au-Prince - Haiti

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Port-au-Prince - Haiti – Palazzo Presidenziale

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach

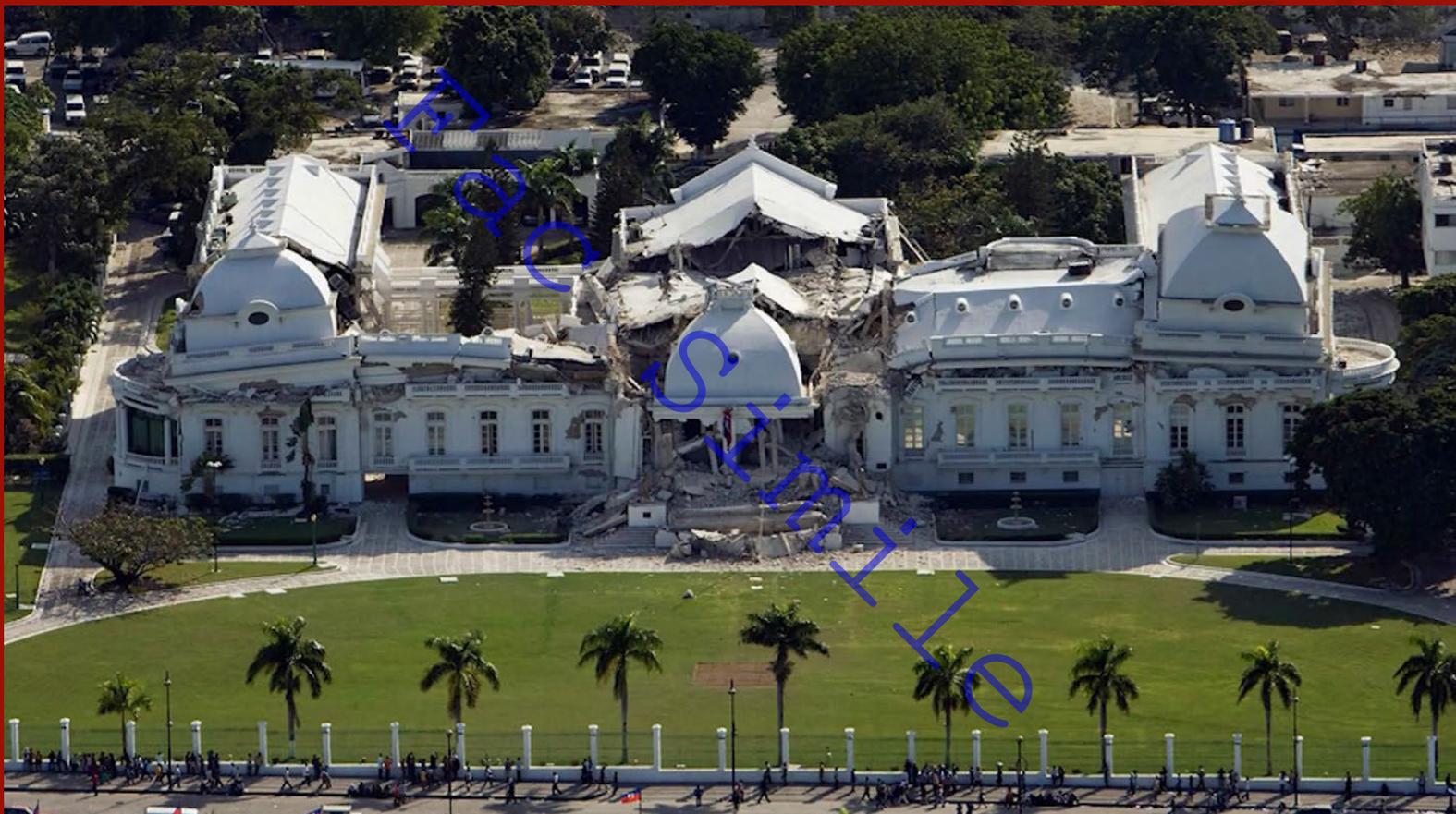


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Port-au-Prince - Haiti – Palazzo Presidenziale

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach

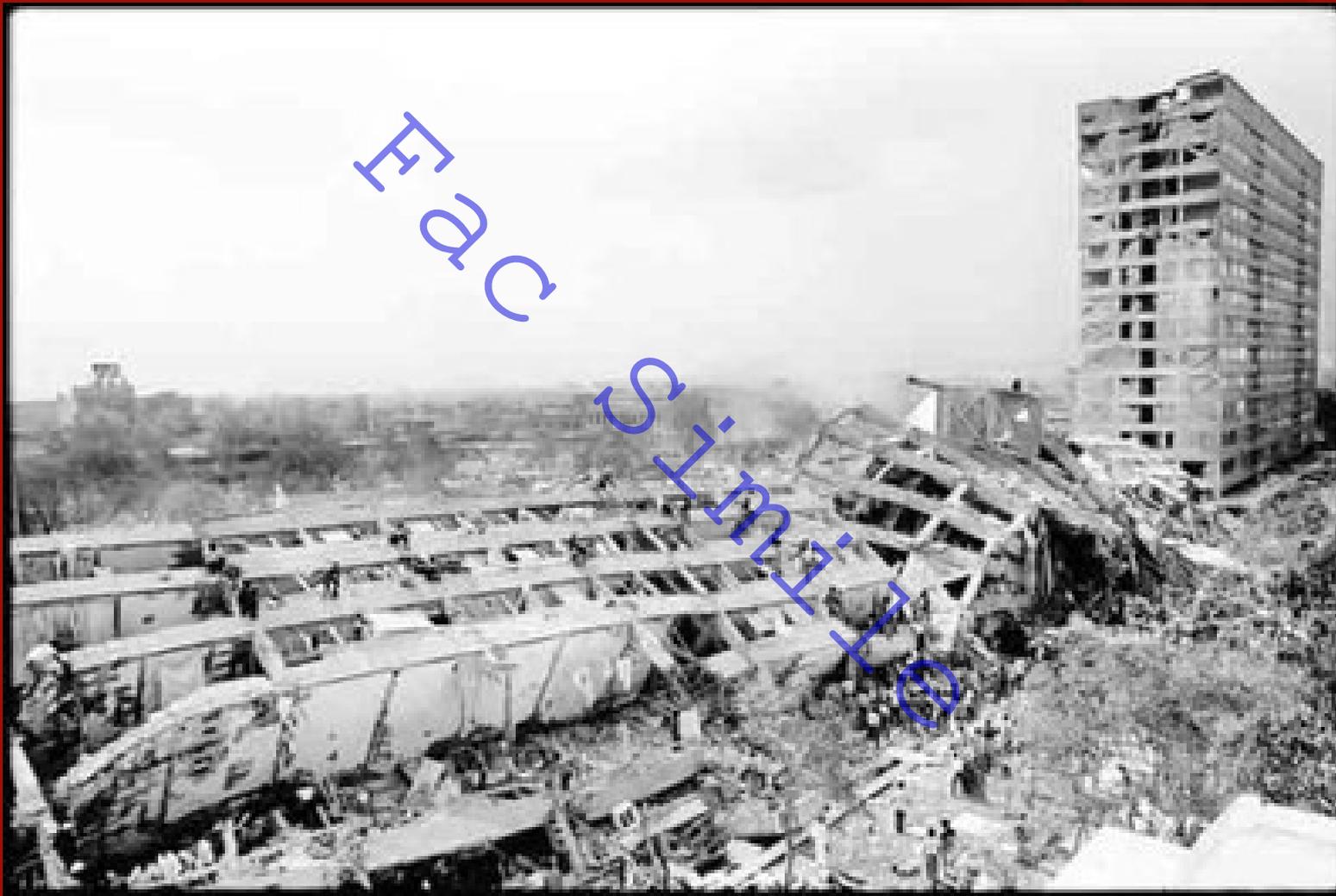


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.

IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

Gli edifici di Città del Messico che collassarono avevano un'altezza corrispondente a quella di edifici con un numero di piani compreso fra i **5 e i 15**. Tale circostanza faceva sì che il periodo di vibrazione di queste strutture fosse tale da attivare il fenomeno della **risonanza** in relazione alle caratteristiche dell'evento sismico verificatosi. Ovvero la **frequenza di vibrazione** di queste strutture era molto simile al contenuto in frequenza delle onde sismiche generate da quel terremoto.



Piccola nota: frequenza e periodo di vibrazione sono due modi diversi per esprimere la stessa caratteristica di un sistema. La frequenza non è altro che l'inverso del periodo di vibrazione; $f = 1/T$.

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



TERREMOTI E ARCHITETTURA

Moto del suolo

*natura del moto
misura del moto*

Reazione delle strutture al moto del suolo

*nozioni generali
sistemi resistenti*

Architettura e progetto antisismico

*configurazione
normativa*

Un obiettivo della progettazione antisismica dovrebbe essere quello di sfuggire alla condizione di **risonanza**.

Ciò si può ottenere modificando il periodo proprio della struttura agendo, essenzialmente, sulla massa e sulla rigidità.

Una struttura flessibile (periodi propri lunghi) potrebbe essere più indicata di una rigida su terreni rocciosi o compatti che trasmettono vibrazioni di breve periodo filtrando viceversa quelle di periodo più lungo.

Al contrario, su terreni soffici, ad esempio alluvionali, che non sono in grado di trasmettere vibrazioni rapide, una struttura rigida (periodi propri corti) potrebbe essere meno sollecitata di una flessibile.

*In ogni caso la condizione di pura risonanza è impossibile per qualunque struttura reale per la presenza dello **smorzamento**.*

Questo dipende dalle connessioni strutturali, dalla natura dei materiali, dagli elementi non strutturali e il suo valore è grosso modo compreso tra il 2% e il 15% dello smorzamento critico – vale a dire quel valore di smorzamento in presenza del quale una struttura, spostata dalla sua posizione di equilibrio, vi ritorna senza oscillare.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

EFAC
e Timitis



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



San Francisco. 18 aprile 1906. Magnitudo 8.3 Richter

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

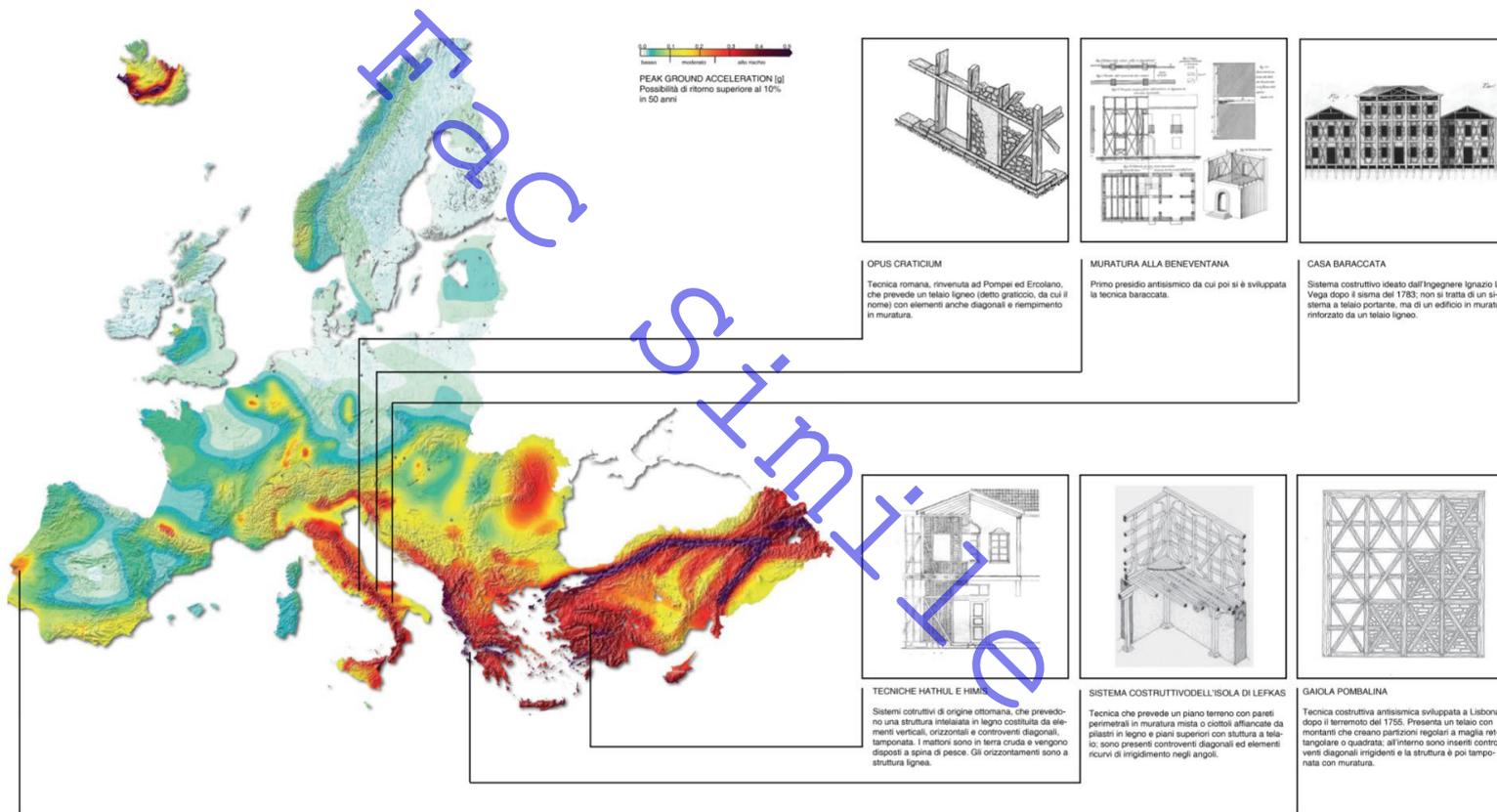
TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



San Francisco. 2013

Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach

LEGNO E MURATURA: PRECEDENTI STORICI IN EUROPA





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Opus craticium



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Terremoto della Calabria meridionale del 1783

Secondo Giovanni Vivencio la prima scossa avvenne il 5 febbraio “all’ore diciannove, ed un quarto d’Italia, che corrispondevano in detto giorno a tre quarti d’ora circa dopo il mezzodì dell’Oriuolo Francese... La notte di detto giorno venendo il sei all’ore sette, e mezza d’Italia replicò altra forte scossa...”.

Nicola Leoni racconta: “udissi improvvisamente nelle più profonde viscere della terra un orrendo fragore; un momento dopo la terra stessa orribilmente si scosse e tremò”.



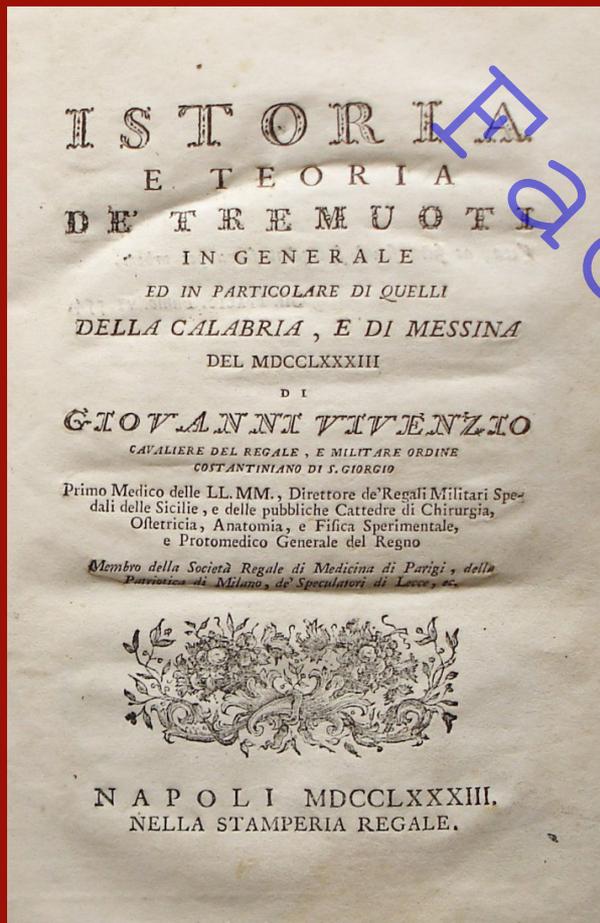
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.

IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



In Italia è stato redatto il primo regolamento edilizio antisismico d'Europa.

A idearlo furono i Borbone dopo il terremoto che colpì il Sud Italia il 5 febbraio 1783. Le zone maggiormente colpite furono quelle di Reggio Calabria, Vibo Valentia e Catanzaro dove furono oltre 30.000 le vittime.

Nel 1785 i Borbone introdussero il primo regolamento antisismico della storia: per la ricostruzione post-terremoto del 1783 il Regno delle Due Sicilie si premunì di un complesso di direttive edilizie in cui per la prima volta si parlava di casa antisismica. Il regolamento edilizio borbonico prevedeva di introdurre un telaio ligneo all'interno delle costruzioni in muratura in modo da resistere alle scosse sismiche. Questo tipo di struttura fu chiamata "casa baraccata".

L'idea generale si deve all'ingegnere Francesco La Vega: la struttura consisteva in uno scheletro di travi e pilastri in legno, inseriti nella muratura, finalizzati a resistere alle sollecitazioni sismiche ed evitare il collasso strutturale dell'abitazione, oltre che a limitare danni ad oggetti e persone presenti nella struttura.

Il regolamento edilizio borbonico introduceva anche altre direttive urbanistiche per evitare danni da scosse sismiche alle città (le strade secondarie non dovevano essere larghe meno di 6-8 metri, le principali di 10-13 metri, etc).

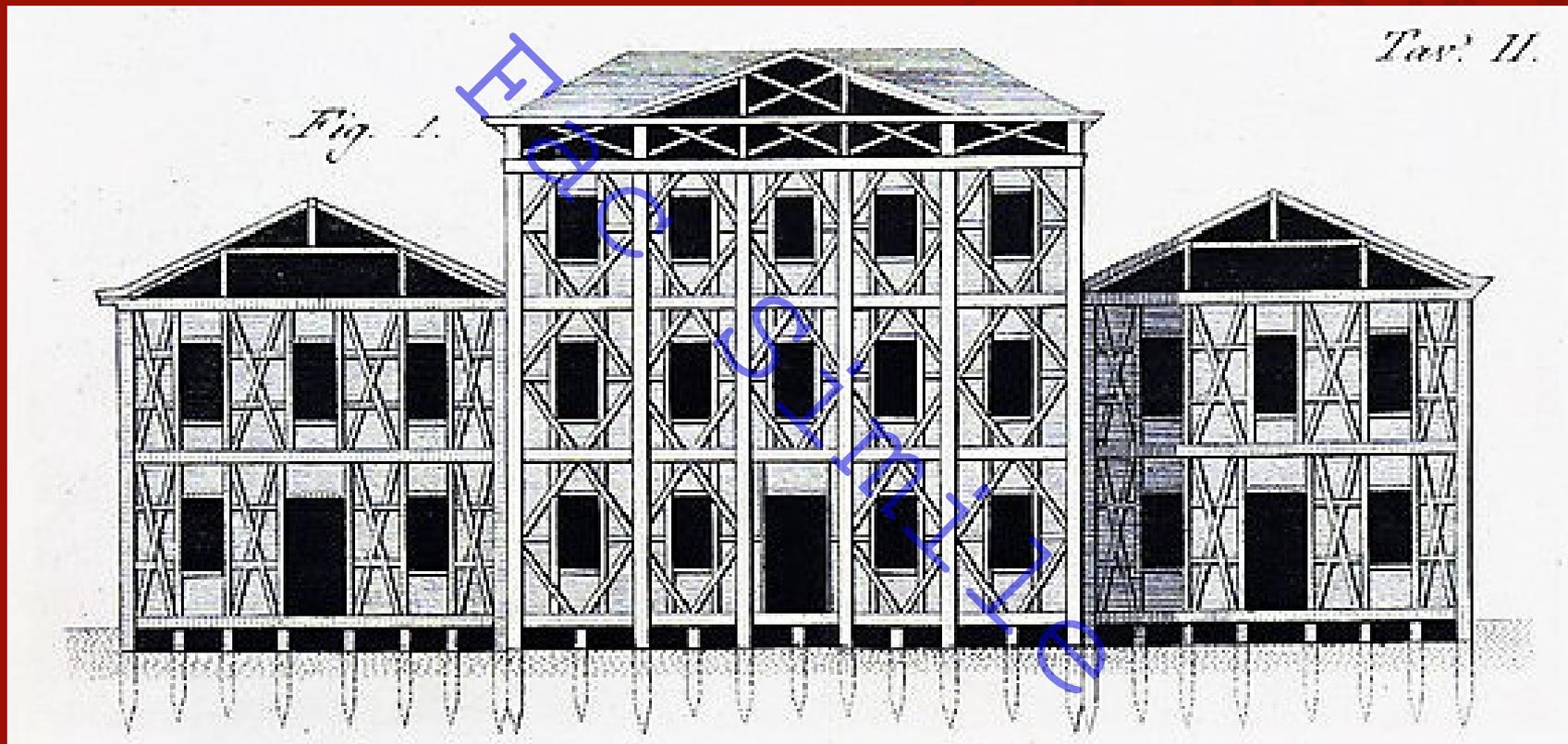


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Casa Antisismica o CASA BARACCATA
Ing. Ignazio La Vega - 1783

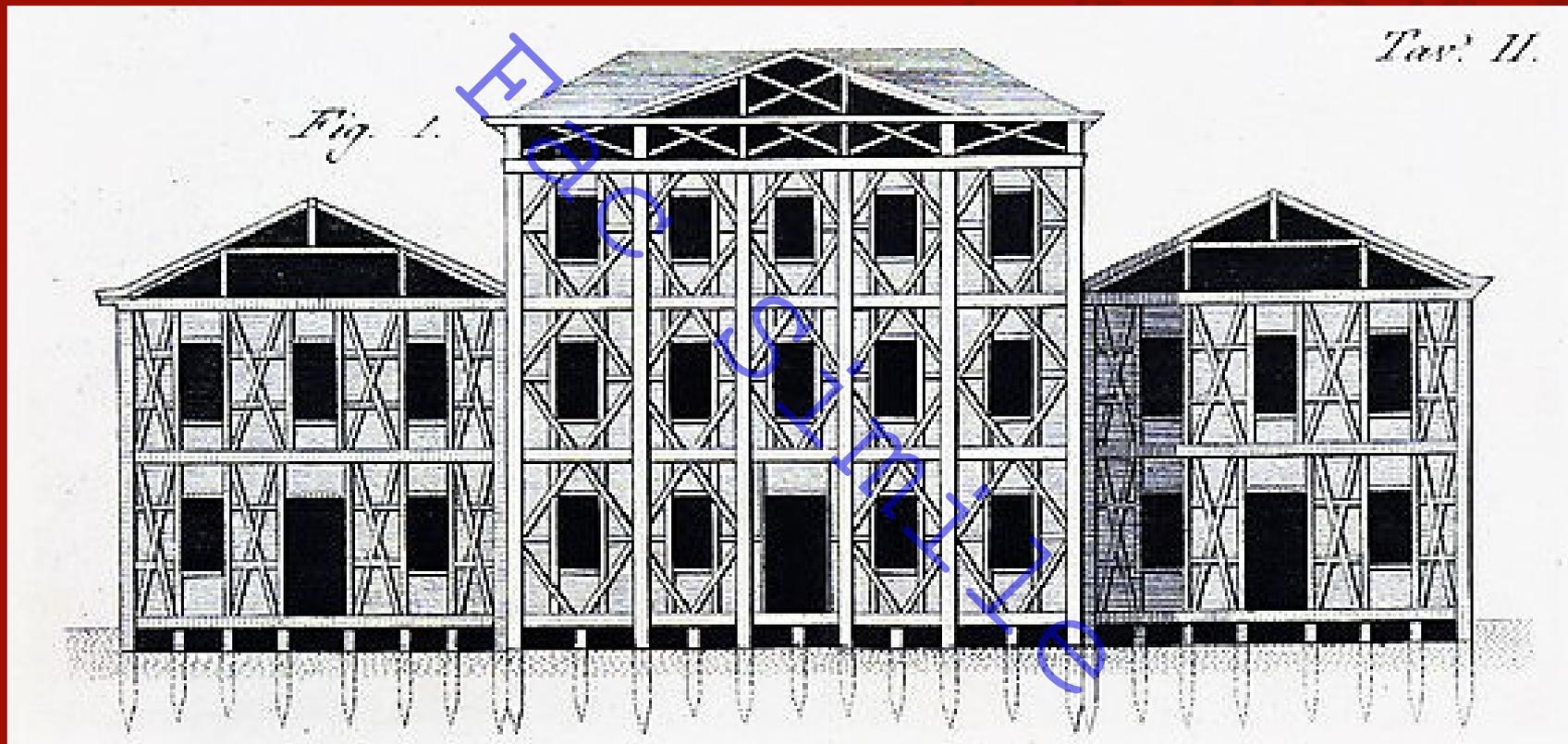


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Casa Antisismica o CASA BARACCATA
Ing. Ignazio La Vega - 1783

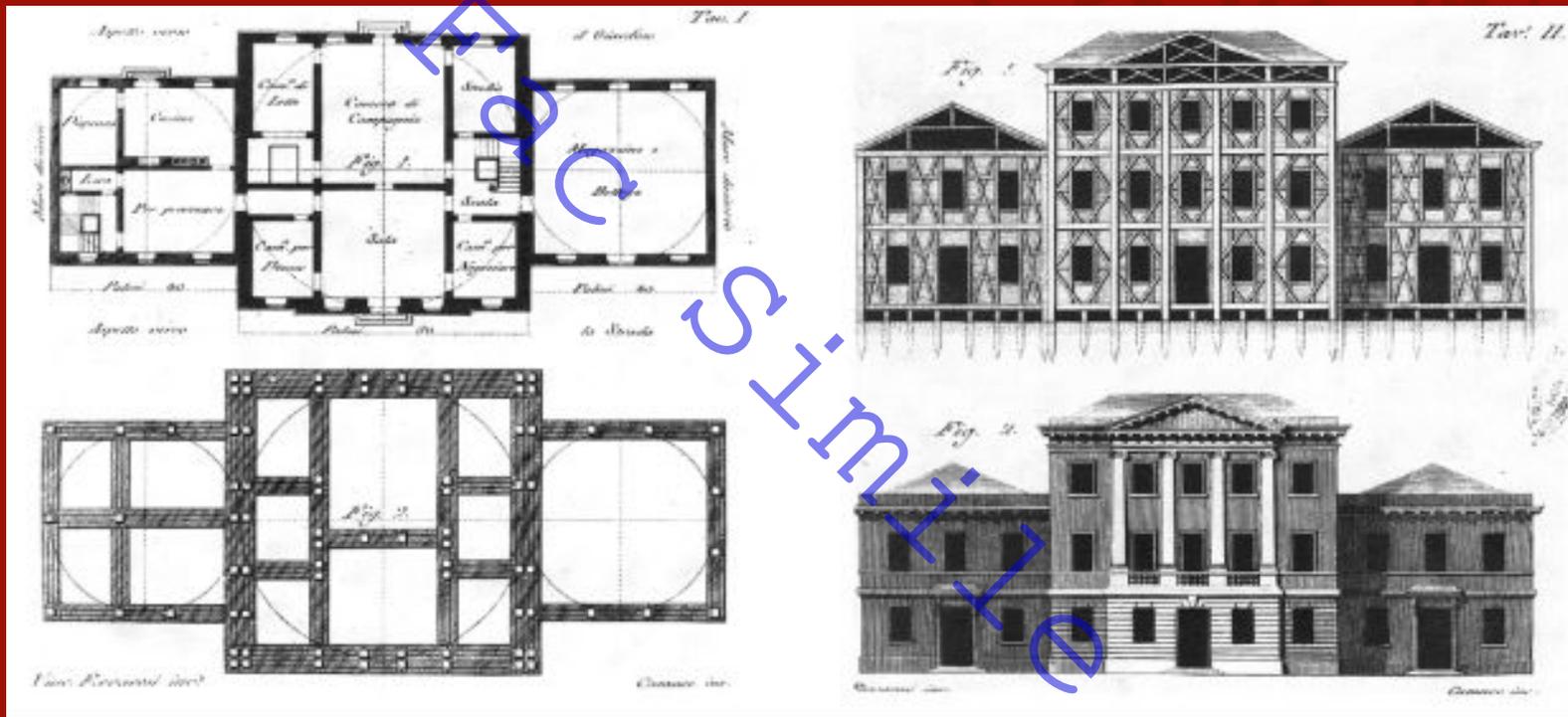


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Casa Antisismica o CASA BARACCATA
Ing. Ignazio La Vega - 1783



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Fig. 9 La ricostruzione di Polistena (Rc) (Tavola contenuta in Sarconi, M., 1784, I storia dè fenomeni del tremoto avvenuto nelle Calabrie, e nel Vademone nell'anno 1783, Giuseppe Campo, Napoli)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

Nelle norme antisismiche, applicate a Lisbona dopo il terremoto del 1755 (magnitudo 8.5 Richter), si faceva riferimento all'uso di un'intelaiatura lignea, la «gaiola pombalina» che, con specifici caratteri antisismici, era stata già utilizzata per rinforzare gli edifici in muratura costruiti dopo il sisma. I tecnici borbonici, che ne studiarono i modelli costruttivi dopo il sisma del 1783, utilizzarono, di fatto, lo stesso principio costruttivo.





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Sebastião José de Carvalho, **marchese di Pombal**, uno dei ministri del Re da cui prende nome anche il sistema costruttivo, e **Manuel da Maia**, Ingegnere Maggiore del Regno, definirono i criteri di ricostruzione applicandoli alla zona centrale della città: la Baixa

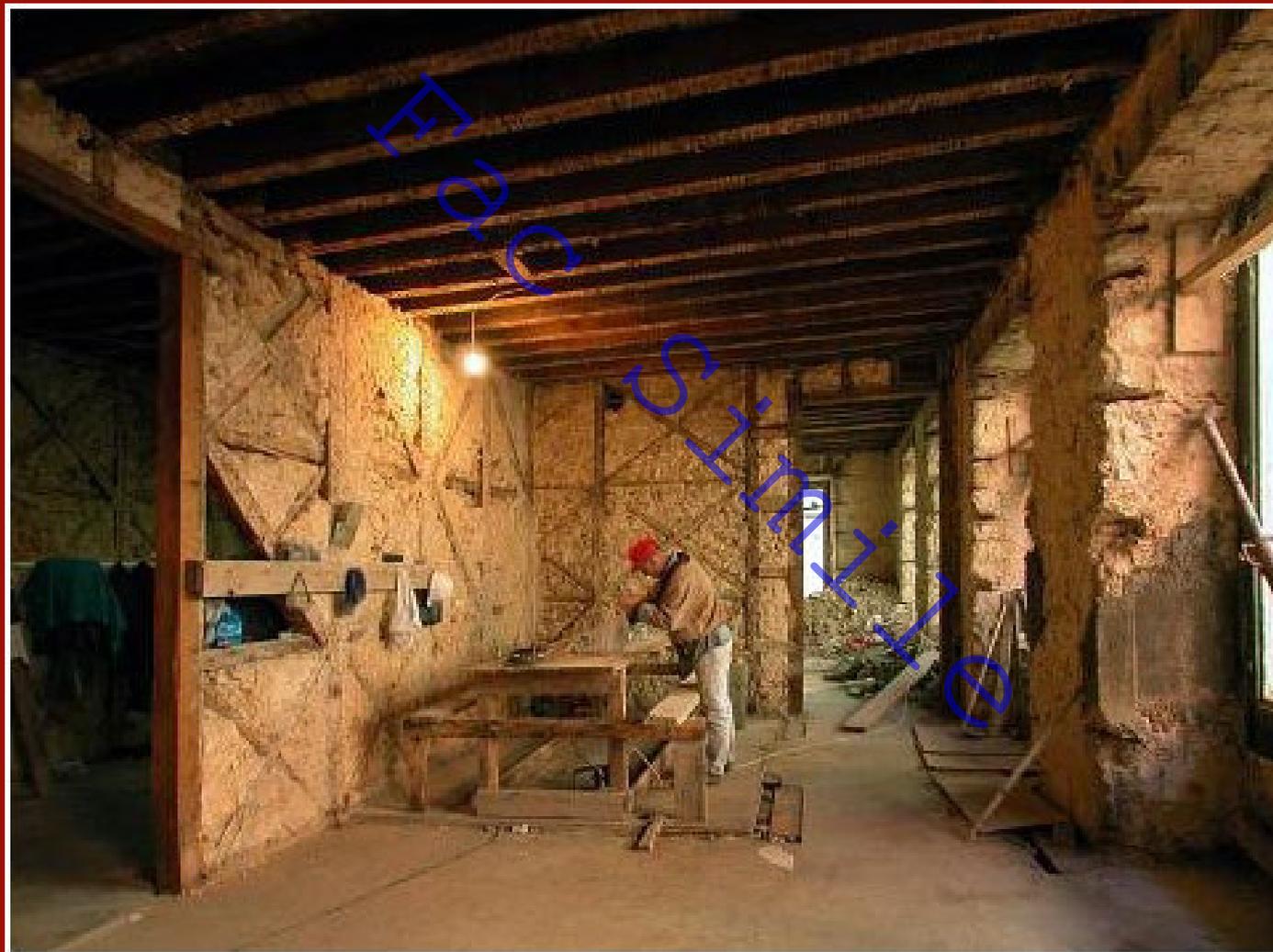


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

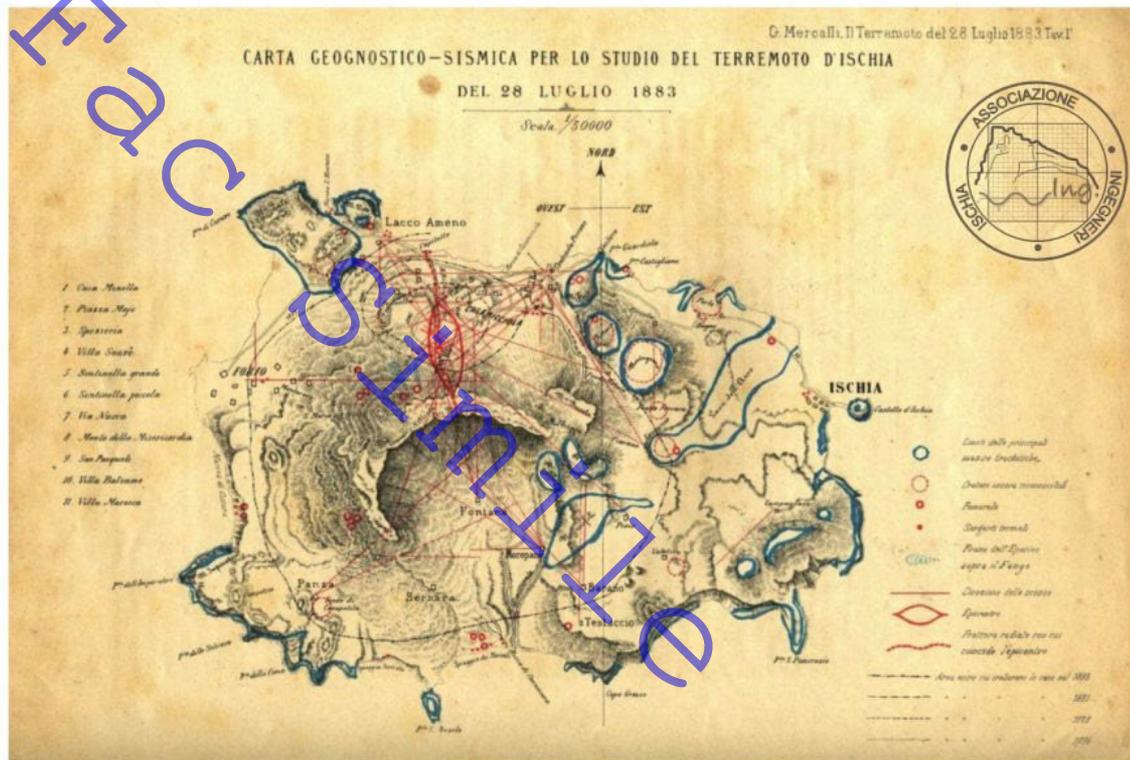
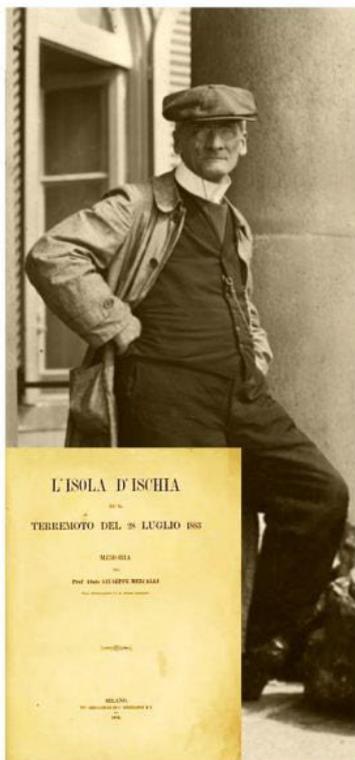
Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



CONSIGLI AGLI ISCHITANI, GIUSEPPE MERCALLI.



Ischia. Terremoto del 28 luglio 1883



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

**Scuola di
Architettura**

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

STRUTTURE IN MURATURA BARACCATA –PIAZZA MAIO (CASAMICCIOLA TERME)



Ischia. Terremoto del 21 agosto 2017



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

Le strutture baraccate situate nella parte bassa del comune, denominata Marina, hanno subito lesioni molto leggere riconducibili ad uno spostamento differenziale tra muratura e telaio in legno dovuti anche al pessimo stato di conservazione; diverso è stato il comportamento delle strutture con una manutenzione migliore che non hanno presentato alcun tipo di lesione.

Man mano che ci si avvicina a piazza Maio si osservano lesioni sempre maggiori dovute al diverso comportamento dei due materiali con espulsioni locali di muratura.

I danni maggiori, come per il resto degli edifici, si sono riscontrati nella parte alta del comune nei pressi di piazza Maio, le elevate accelerazioni registrate hanno determinato collassi locali della porzione in muratura della struttura portando alla luce il vecchio telaio presente da oltre 100 anni, che seppur presentando gli evidenti segni del tempo, ha ben funzionato e scongiurato il collasso della struttura.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



TIPOLOGIE TELAI COMPRESI NELLE PARETI BARACCATE

Campiture con montanti e traverse

Campiture con montanti, traverse e singolo elemento controventato

Campiture con montanti, traverse ed elementi controventati

Campiture alla beneventana

POSIZIONE TELAIO

Interno

Bordo esterno

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE

Collegamento dei ritti e traverse principali

Collegamento ritti secondari e traverse principali

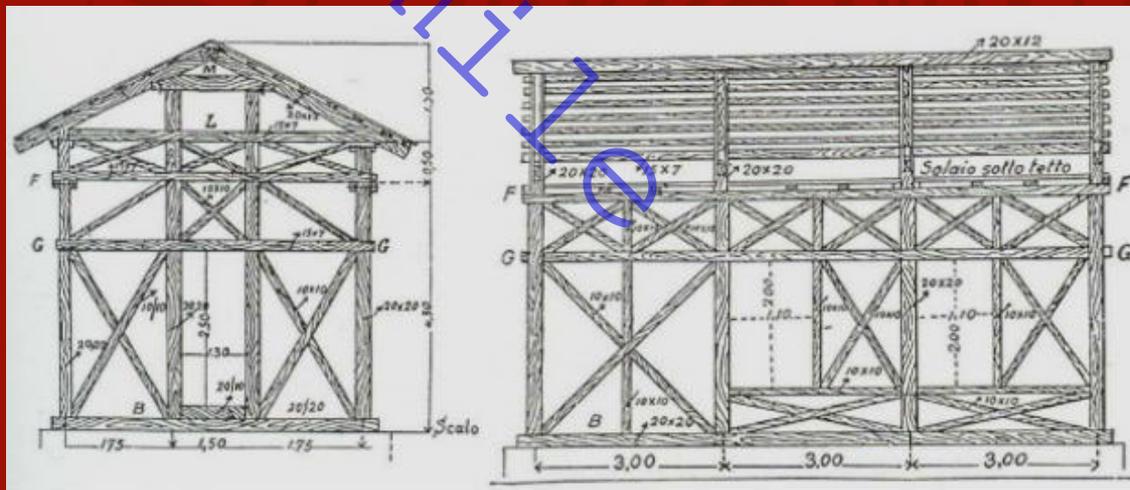
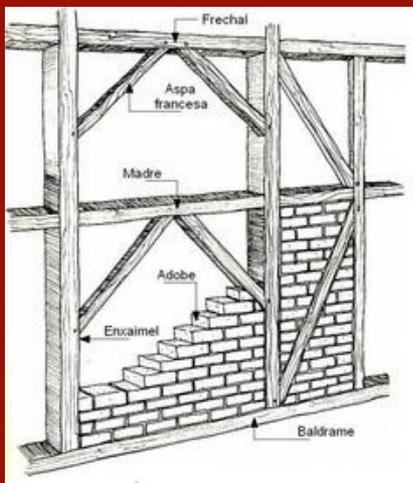
zzontali

Collegamento ritti secondari e traverse principali

Connessioni ritti e traverse principali

L'“opera beneventana” è uno dei primi esempi di muratura intelaiata adoperata in seguito al terremoto del 1627 in Campania. Essa era formata da uno scheletro portante in legno, con montanti fissati su un basamento in pietra, e da specchiature in materiali leggeri (vimini o canne fissati a listelli di castagno), ricoperte da un rinzaffo di malta.

Da una ricerca effettuata, si evidenzia che nelle regioni colpite dal sisma, soprattutto nell'Irpinia, la tipologia costruttiva della muratura alla beneventana ha avuto un comportamento tecnologicamente funzionale il cui punto di forza consiste nel dividere le pareti in piccoli campi, separati da aste in legno ben connesse ai pilastri principali, entro cui è consentito che si creino fratture. È possibile che, talvolta, alcune parti della parete collassino, ma la zona di collasso è limitata e resta comunque circoscritta all'interno delle parti diagonali in legno.



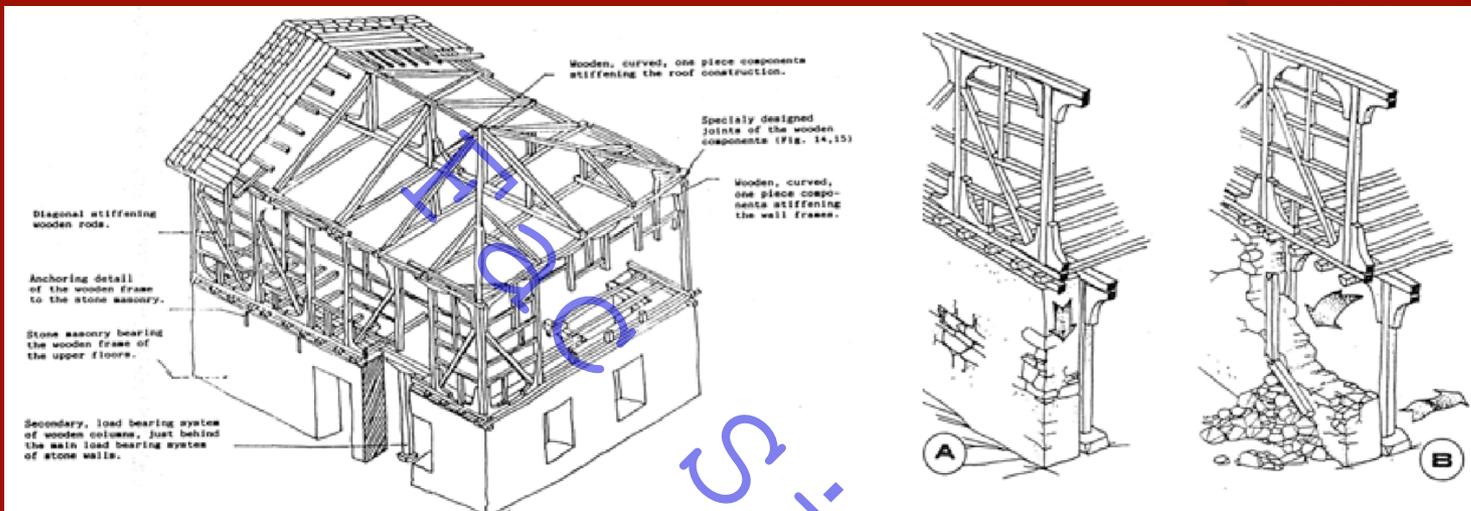


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

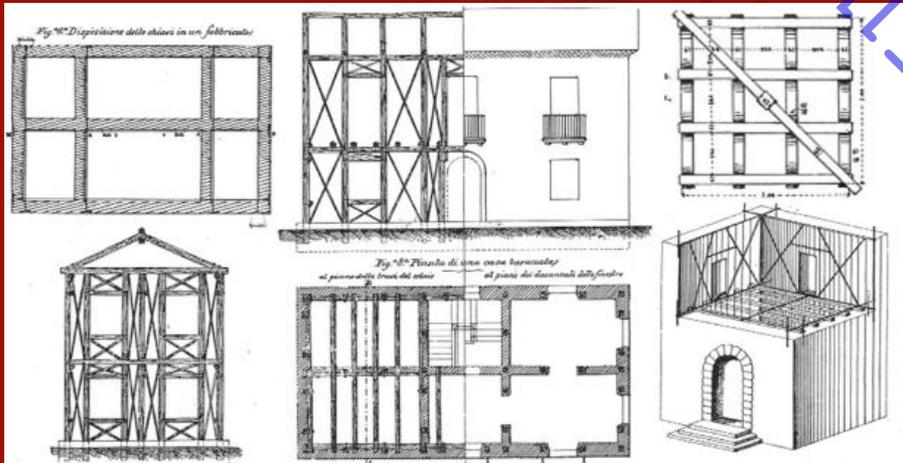
Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Vista isometrica degli edifici antisismici tradizionali a struttura di legno dell'isola di Lefkas (Grecia) a sinistra, comportamento della struttura in caso di sisma di elevata intensità



GRECIA. Isola di Lefkas



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Tratto da documentazione del prof. Randolph Langenbach



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

**Scuola di
Architettura**

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

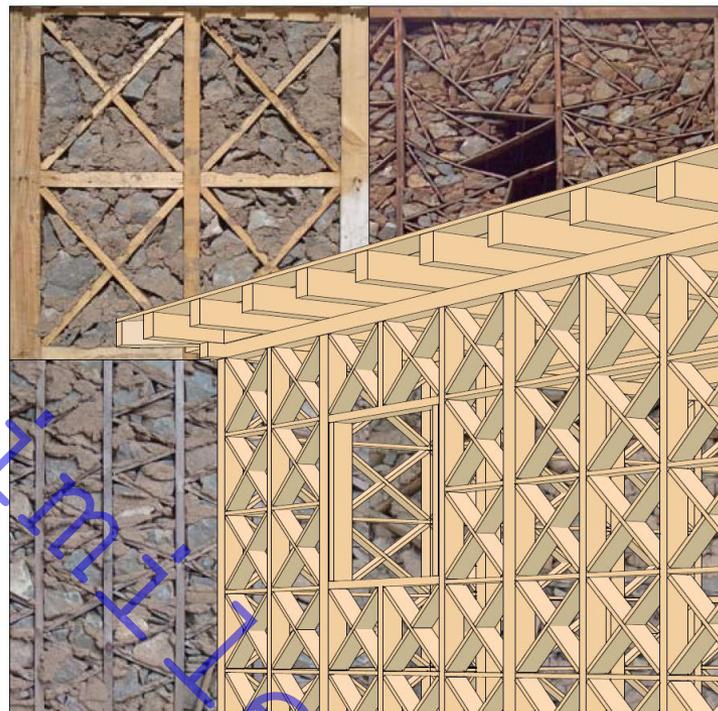
TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



United Nations
Pakistan
Improving lives and helping people



National Disaster
Management Authority,
Pakistan



DHAJJI CONSTRUCTION

For one and two storey earthquake resistant houses

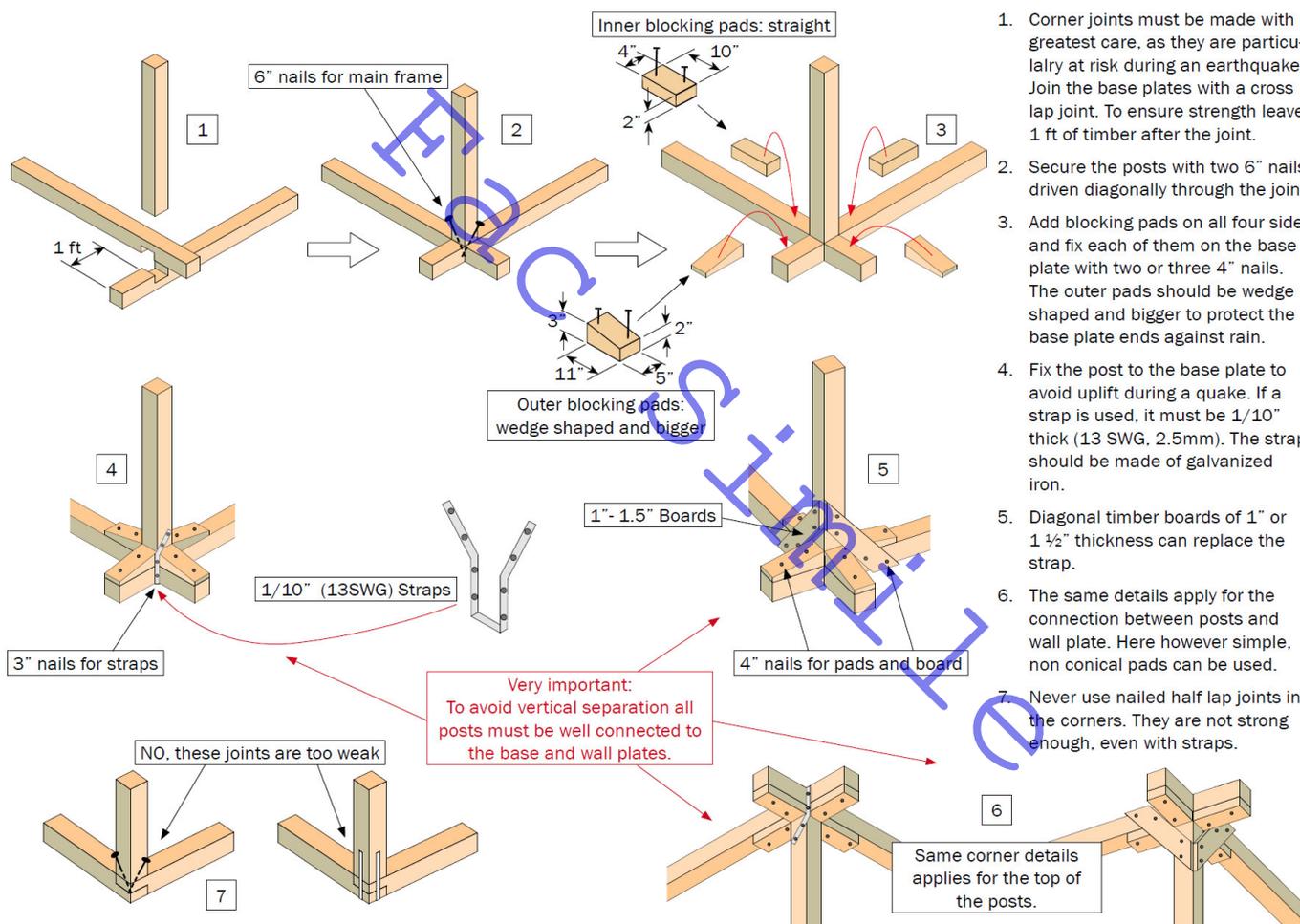
A guidebook for technicians and artisans

5 Final subdivision

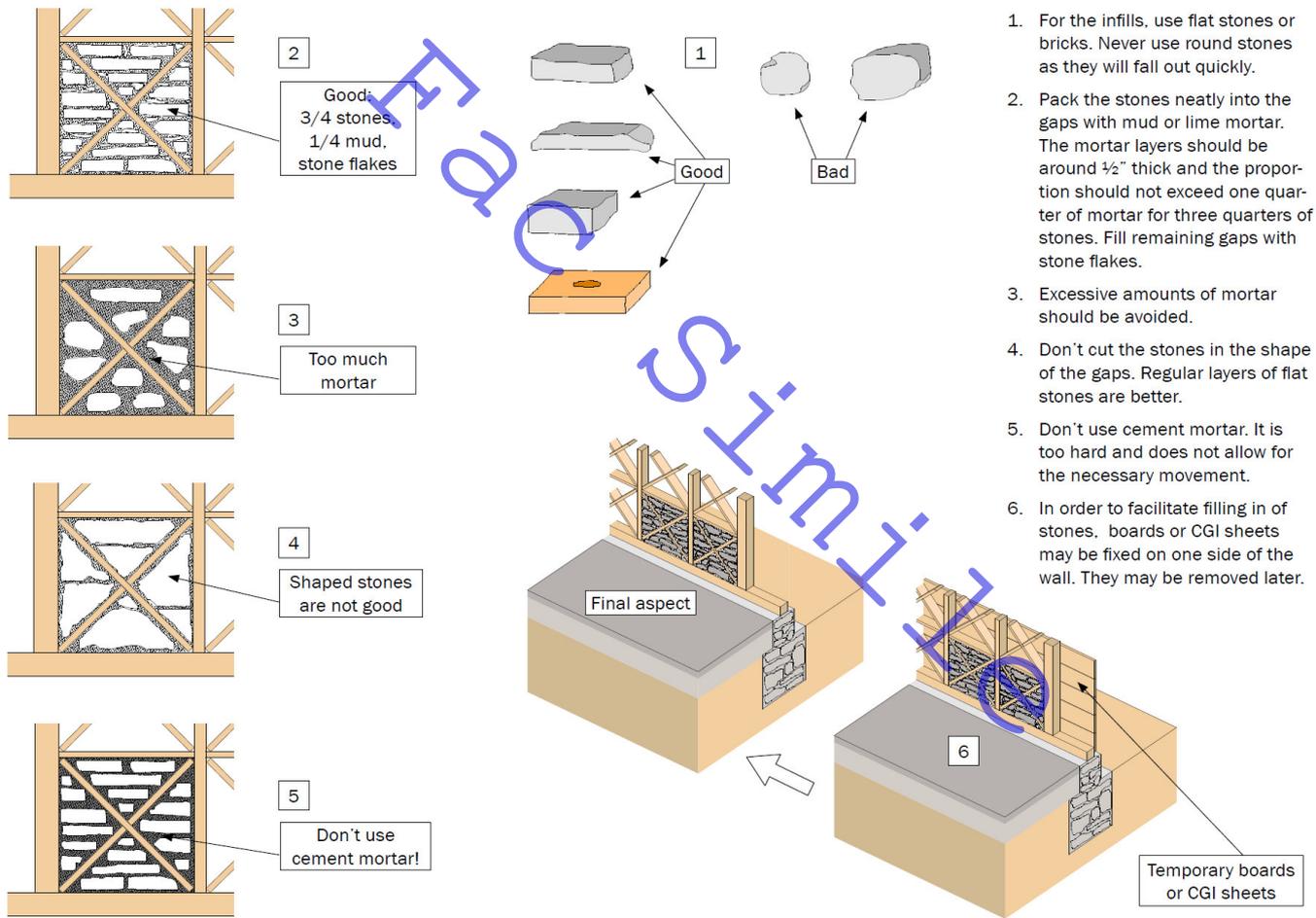
Timber and nail needs for 1 wall element of 6 x 8 ft		
Pattern	Timber in cft	Number of nails (all sizes)
A	3.75	106
B	3.29	88
C	3 to 4	100 to 120
D	3.85	108
E	3.04	94
F	3.25	78

- Walls can be subdivided in various ways. The strength of the finished wall depends on the quality of connections and the number of bracing boards.
- Nail sizes:
 - 6" nails to connect the main frame elements (4" x 4").
 - 4" nails for 2" boards (use 2 nails at each end)
 - 3" nails for 1" boards.
- Don't save money on nails. Whenever two pieces of timber meet, connect them with nails.

WALLS



1. Corner joints must be made with greatest care, as they are particularly at risk during an earthquake. Join the base plates with a cross lap joint. To ensure strength leave 1 ft of timber after the joint.
2. Secure the posts with two 6" nails driven diagonally through the joint.
3. Add blocking pads on all four sides and fix each of them on the base plate with two or three 4" nails. The outer pads should be wedge shaped and bigger to protect the base plate ends against rain.
4. Fix the post to the base plate to avoid uplift during a quake. If a strap is used, it must be 1/10" thick (13 SWG, 2.5mm). The strap should be made of galvanized iron.
5. Diagonal timber boards of 1" or 1 1/2" thickness can replace the strap.
6. The same details apply for the connection between posts and wall plate. Here however simple, non conical pads can be used.
7. Never use nailed half lap joints in the corners. They are not strong enough, even with straps.



1. For the infills, use flat stones or bricks. Never use round stones as they will fall out quickly.
2. Pack the stones neatly into the gaps with mud or lime mortar. The mortar layers should be around $\frac{1}{2}$ " thick and the proportion should not exceed one quarter of mortar for three quarters of stones. Fill remaining gaps with stone flakes.
3. Excessive amounts of mortar should be avoided.
4. Don't cut the stones in the shape of the gaps. Regular layers of flat stones are better.
5. Don't use cement mortar. It is too hard and does not allow for the necessary movement.
6. In order to facilitate filling in of stones, boards or CGI sheets may be fixed on one side of the wall. They may be removed later.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Bhatar construction Timber reinforced masonry

An illustrated guide for craftsmen

Bhatar is a traditional construction system consisting of stone masonry with horizontal timber reinforcement bands. These bands (with cross pieces) act as seismic bands which prevent the walls from falling apart in an earthquake. Proper connection of the timber elements is critical for safety.

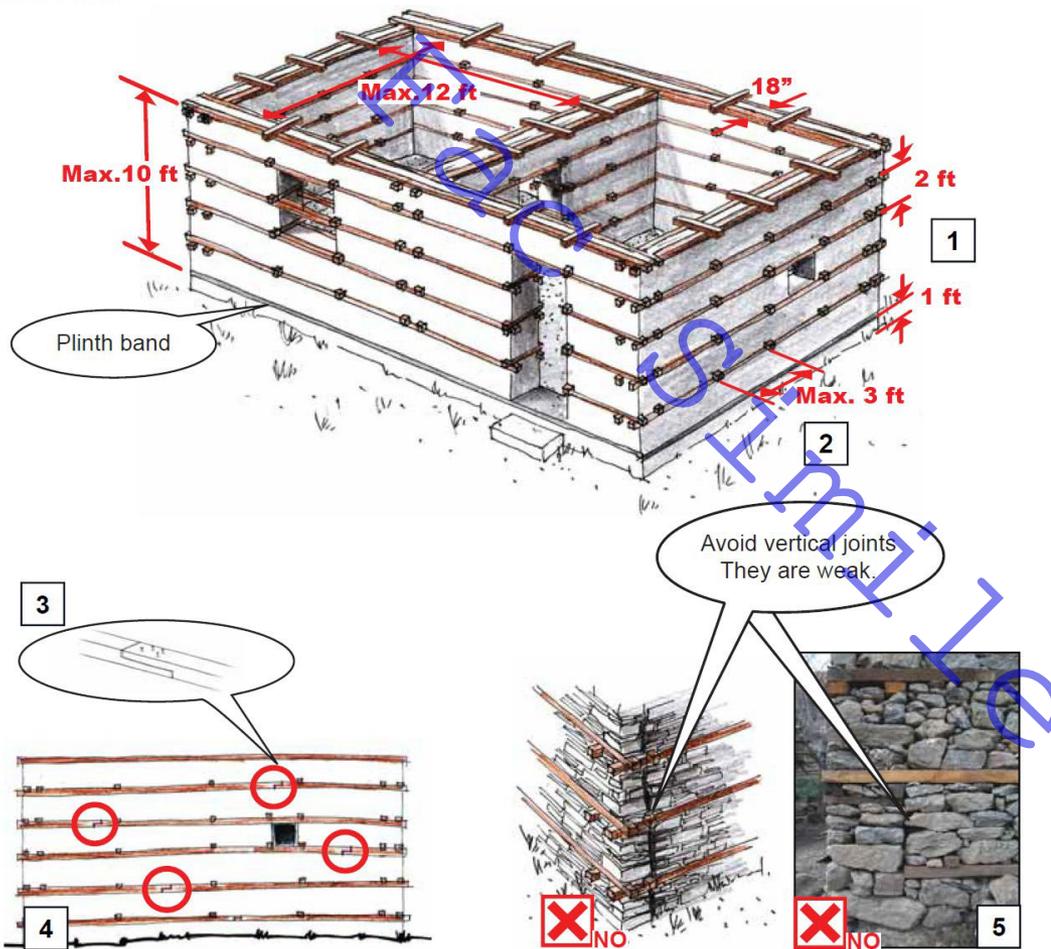


Contemporary Bhatar construction
Tarand - NWFP - Pakistan



Traditional Bhatar construction
Besham Fort (c. 1750) NWFP - Pakistan

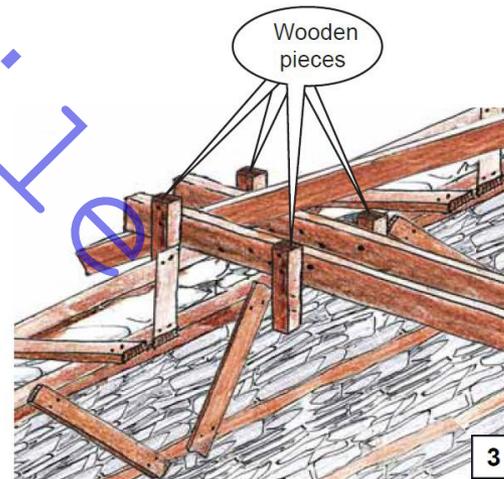
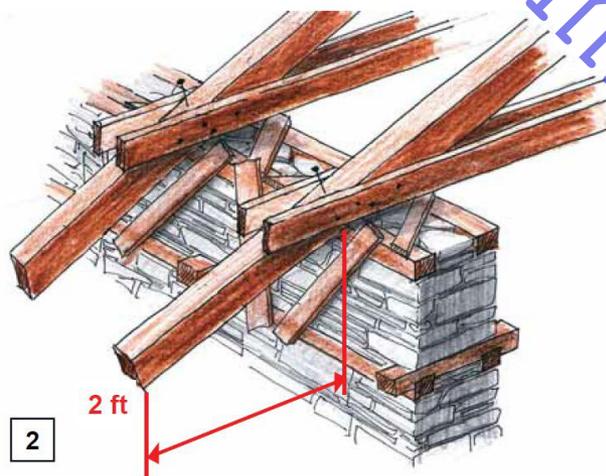
4. Walls



1. Place the wall beams every 2 feet, above the plinth band.
2. Place cross pieces at a maximum distance of 3 feet from each other.
3. If timber beams are too short, connect them with a long lap joint (see next page).
4. Don't connect the beams all on the same vertical line, but spread the connection points.
5. Raise all walls together to avoid vertical joints which create weak corners.

7. Pitched roof with CGI sheets

1. Take care to link the last and second last pair of beams with nailed boards. This makes the top of the wall stronger.
2. Let the rafters extend beyond the wall at least 2 feet to protect walls against rain.
3. To ensure good anchoring of the roof to the walls, connect the trusses to the last pair of beams with wooden pieces or metallic straps.





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



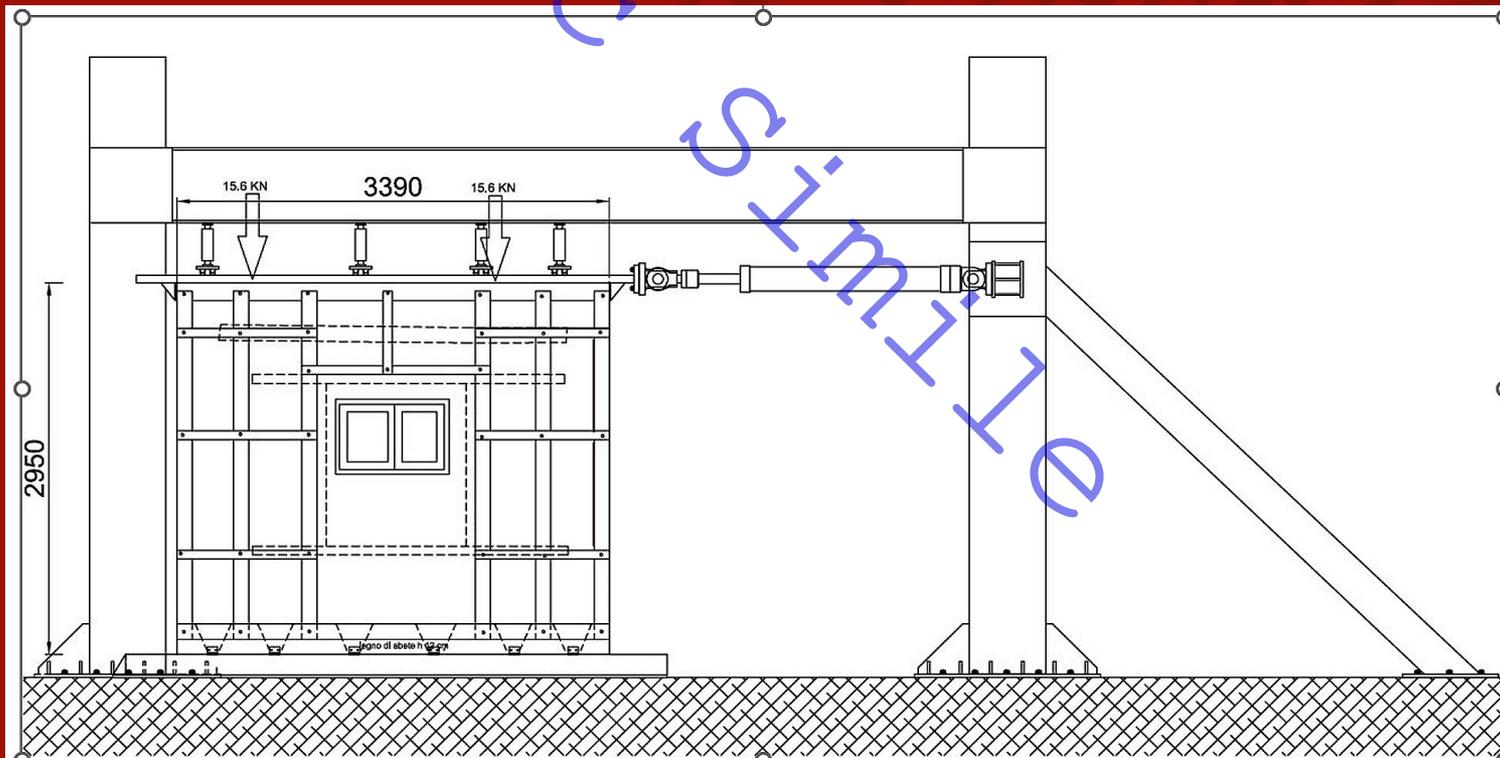


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

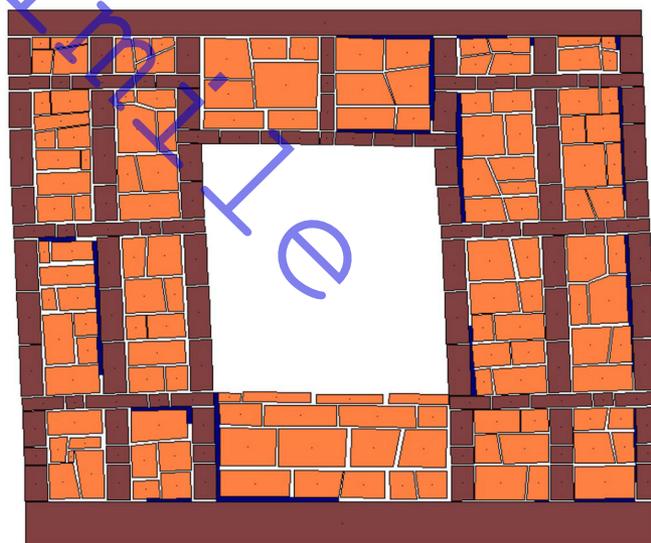




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA.
IL SISTEMA ANTISISMICO BORBONICO TRA TRADIZIONE E INNOVAZIONE





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

WEEK DIDA RESEARCH



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Cyclic tests of full scale wood framed specimens Seismic performance evaluation of timber-framed masonry walls.

Scientific Director
Giacomo Tempesta

Location
Section "Materials
and Structures"
Piazza Brunelleschi, 6

Research group
Nicola Ruggieri
Stefano Galassi
Raffaele Zinno
Gennaro Tampone

Partnership
CNR - IVALSA Trento
National Research
Council of Italy
Tres and timber
Institute
University of Calabria
Dimes

The Borbone constructive system used in Calabria at the end of 1700, consisting of a particular composite structure realized through a timber frame suitably embedded inside masonry walls, used with similar purposes, although in different ways, in other places in the world (especially in seismic regions), can represent, with good reason, the synthesis of scientific knowledge in eighteenth century seismic engineering.

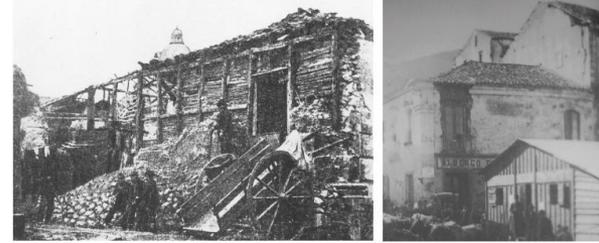
The aim of the research is to investigate and evaluate the seismic performance of the structure described above through a comparison between experimental tests, carried out by means of cyclic tests on 1:1 scale models, and the results obtained by the numerical modeling of the mechanical system that is able to interpret the actual contribution of the wooden structure, like that too of the masonry, to the overall stiffness of the wall.

In the numerical procedure the masonry infill is modeled by a rigid blocks connected by unilateral elastic contact constraints. A convenient way to define the contact device which links the blocks, through which a mortar joint or dry joint could be simulated, is to consider a set of elastic links, orthogonal to the contact surface between two adjacent blocks, and an additional link, parallel to the interface, through which the shear forces can be transmitted. Reasonable hypotheses can be assumed for the link parallel to the contact surface in order to calibrate both the shear behaviour and the influence of the friction between the blocks. Furthermore the timber frame is modeled by using finite elements with elastic and bilateral behaviour. In the contact interfaces between elements in wood and masonry blocks are again used unilateral contact constraints which take into account the actual contribution of friction.

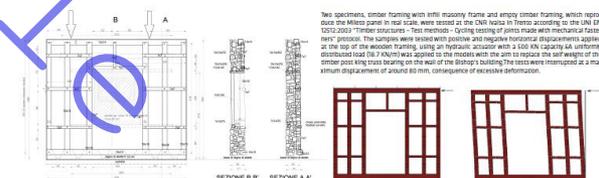
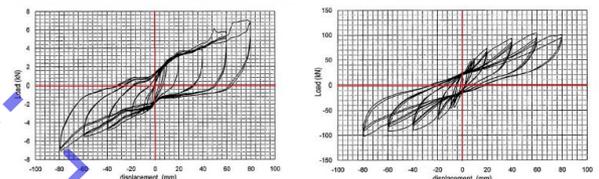
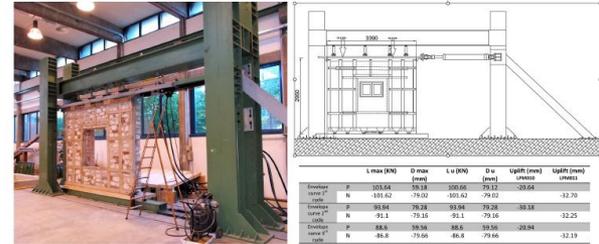
FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

THE BORBONE CONSTRUCTIVE SYSTEM



EXPERIMENTAL TESTS AND NUMERICAL MODELLING



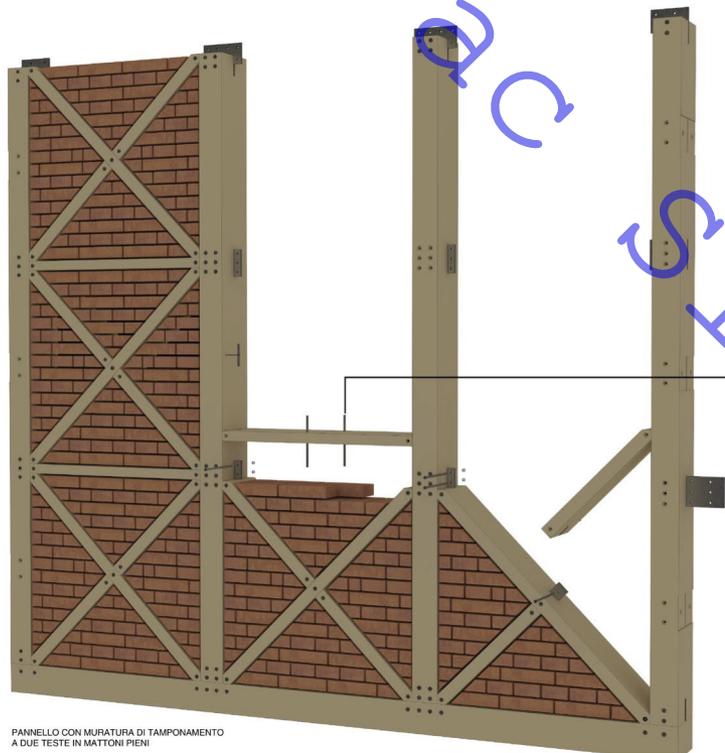
MASONRY IN FILL MODELLED BY RIGID BLOCKS WITH UNILATERAL ELASTIC JOINTS

RESEARCH PROJECT

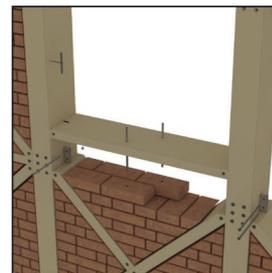


Publications:
Galassi S., Ruggieri N., Tempesta G., Zinno R. *Stability and Stiffness Contribution of the Masonry in the Borbone Anti-seismic System*, Proc. of 9th International Masonry Conference (IMC, Guimarães, Portugal, July 7-9, 2014).
Galassi S., Tempesta G., Ruggieri N. *Seismic performance evaluation of timber-framed masonry walls. Experimental tests and numerical modelling*, Nicola Ruggieri, Gennaro Tampone, Raffaele Zinno (a cura di) «Historical Earthquake-Resistant Timber Frames in the Mediterranean Area». Springer, Cham, 2015, pag. 95-103, Proc. of 1st International Symposium on Historic Earthquake-Resistant Timber Frames in the Mediterranean Area, Cosenza, Italia, 4-5 novembre, 2013.
Ruggieri N. *The Borbone «Istruzioni per gli Ingegneri» a Historical Code for Earthquake-resistant constructions*, International Journal of Architectural Heritage, 2016.
Ruggieri N., Tampone G., Zinno R. *In-plane vs Out-of-plane "Behaviour" of an Italian Timber Framed System: the Borbone Constructive System. Historical Analysis and Experimental Evaluation*, International Journal of Architectural Heritage, V.9, 16, August 2015.

LA MURATURA DI TAMPONAMENTO

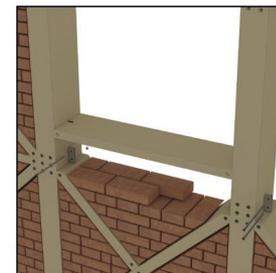


PANNELLO CON MURATURA DI TAMPONAMENTO
A DUE TESTE IN MATTONI PIENI



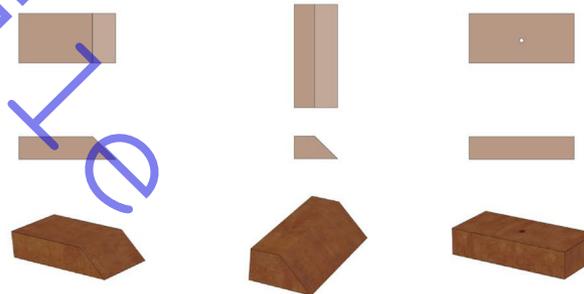
OPZIONE CON DISPOSITIVI ANTI-ESPULSIONE

Sulla base di evidenze sperimentali risultanti da prove di laboratorio, potrà essere valutata l'opportunità di inserire delle barre metalliche al fine di contrastare il fenomeno di espulsione della muratura, qualora presente.



OPZIONE CON MURATURA SEMPLICE

Secondo alcuni studiosi (cfr. Langenbach) la suddivisione del pannello murario con una fitta rete di elementi orizzontali e diagonali sarebbe in grado di prevenire il fenomeno di espulsione.



MATTONI SPECIALI

Mattoni realizzati appositamente con lato inclinato a 45° per una maggiore facilità di inserimento ed eventuali forature per l'inserimento di barre metalliche



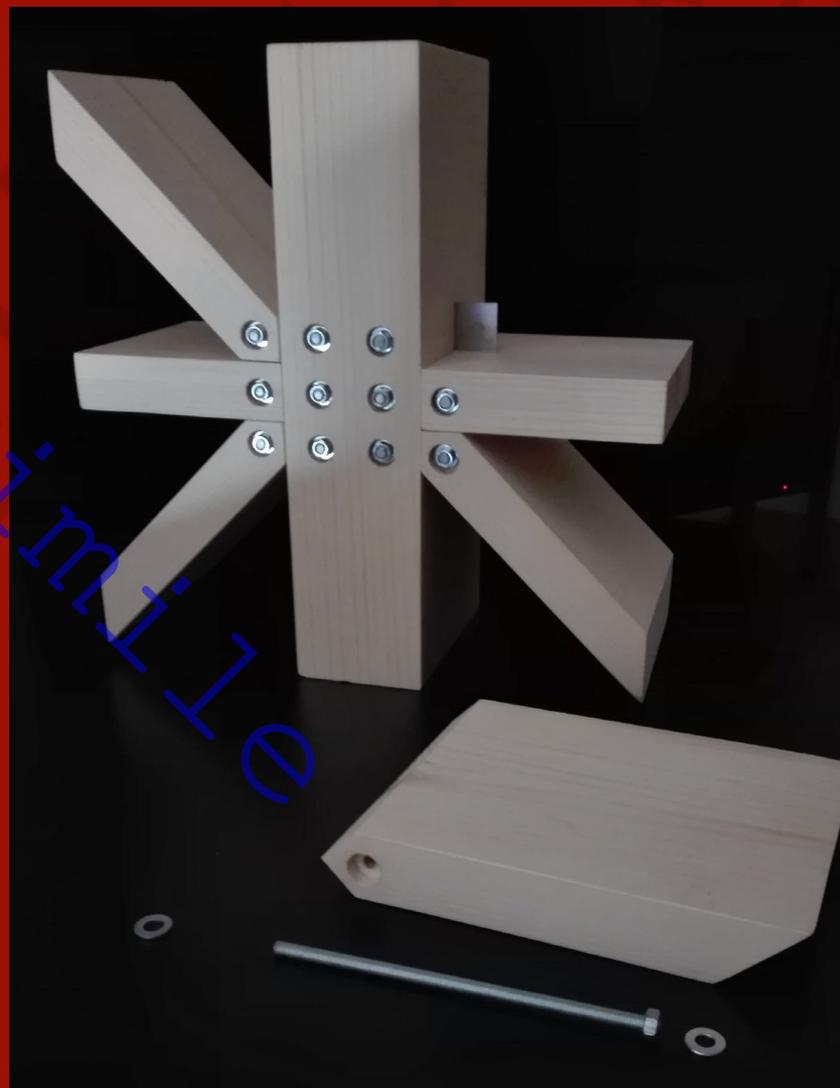
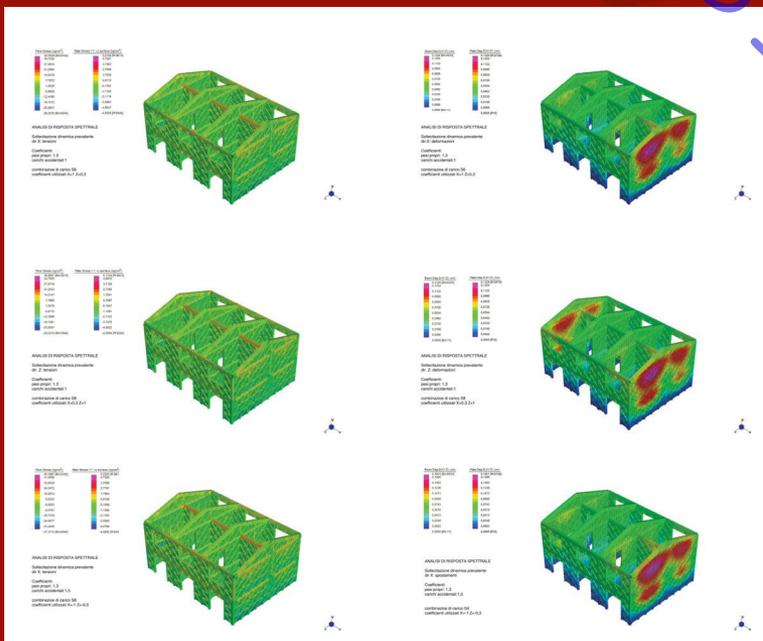
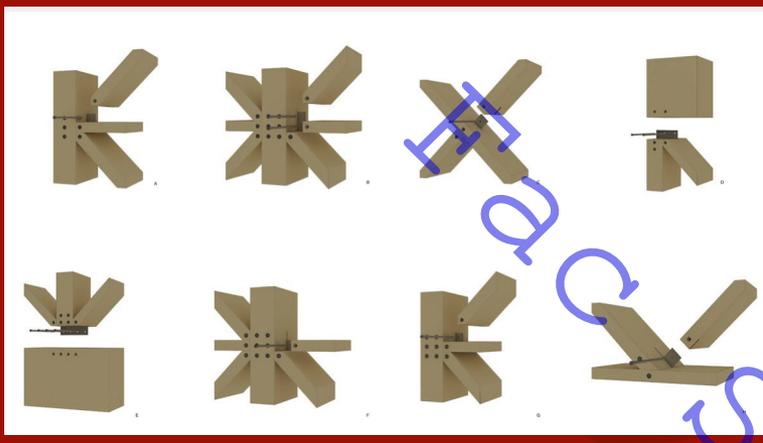


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



Seismic retrofit of historical masonry walls by means of natural basalt fiber strips system (BFRP). Pre-modern concepts and innovative materials

Giacomo Tempesta^{1,a}

¹Department of Architecture, University of Florence, Italy

Abstract. The paper deals with the design approach for post-seismic interventions aimed at safeguarding historical buildings in seismic areas, consisting prevalently of masonry structures that, by type of technology, even if within exceptional cases respectful of “the rule of art”, do not guarantee the compliance with the resources necessary for the demand for resilient and structural capacity. In particular, the paper deals with the issue of applying technologies that use constructive ideas and concepts of the past or, as they are usually called pre-modern, reinterpreting them through the use of innovative and extremely performing materials.

1 Introduction

Going through the historical constructive solutions developed and used in past epochs to give an answer to the anti-seismic design problem, we note a great homogeneity from the point of view of the choice of materials and techniques used. Focusing on the Mediterranean Basin, the propensity for the use of mixed timber-masonry systems has been ascertained. This choice should not be surprising, since it was dictated by the mechanical features of timber that provide masonry walls with the capacity of withstanding the shear and bending actions provoked by an earthquake acting along the wall plan; a very limited capacity in unreinforced masonry. Already in Roman times timber members inserted, in a targeted way, within masonry walls were a

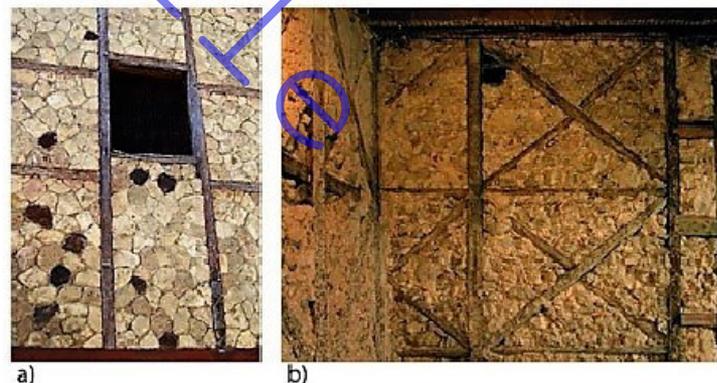


Figure 1. a) *Opus Craticium*; b) Gaiola Pombalina, 1775

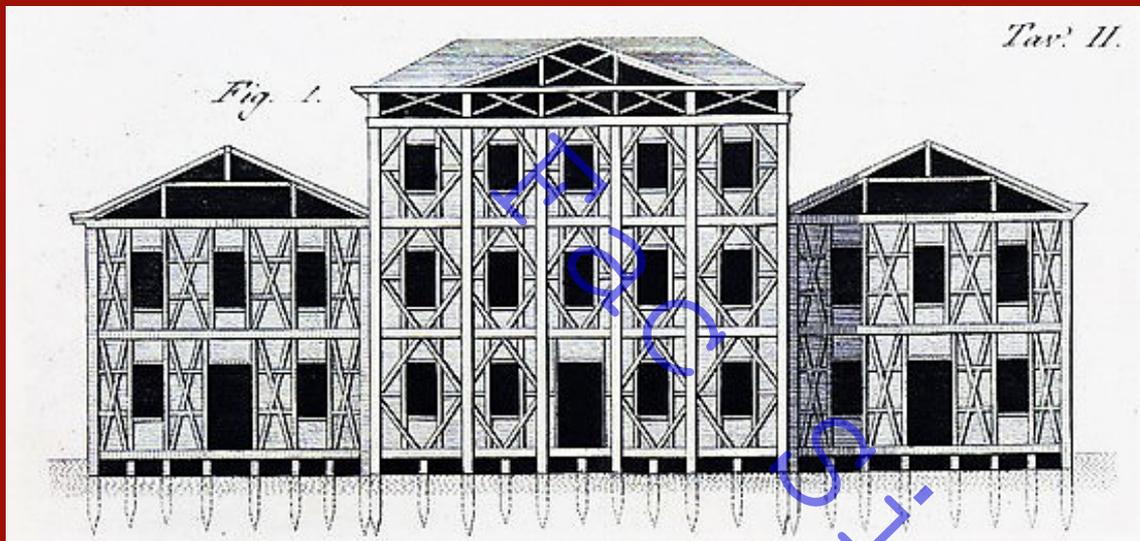


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

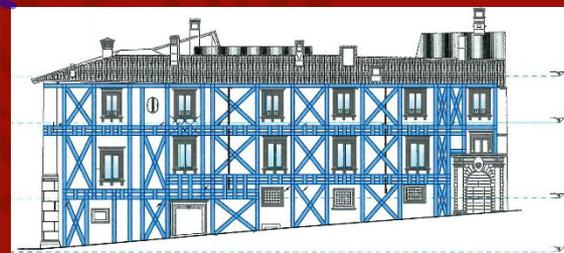
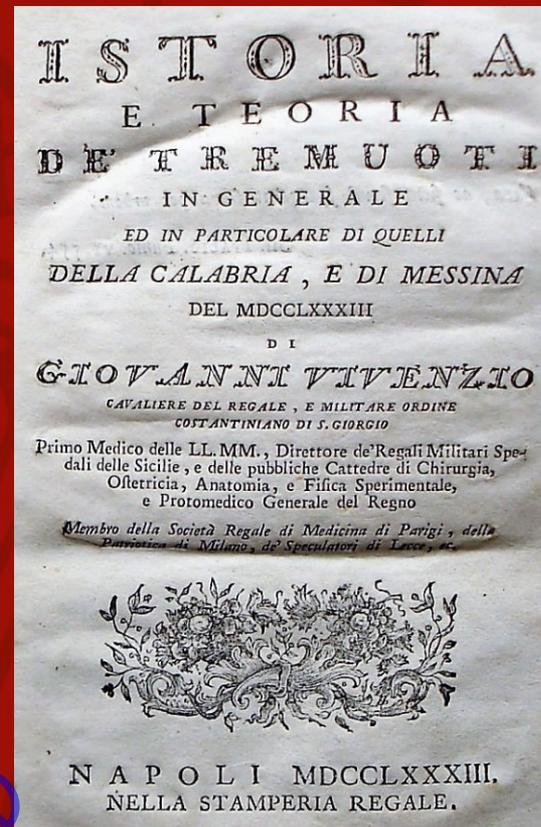
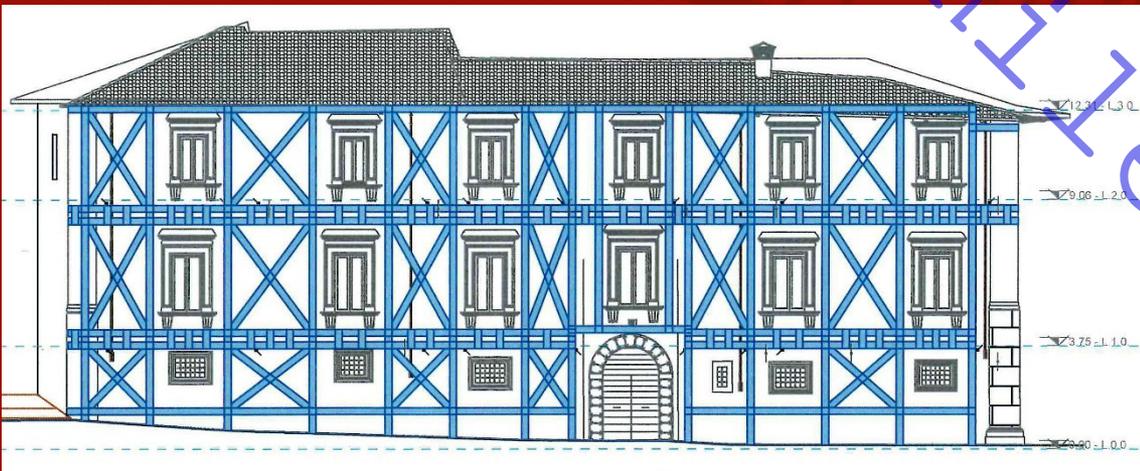
Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta



CASA BARACCATA
Ing. Ignazio La Vega - 1783



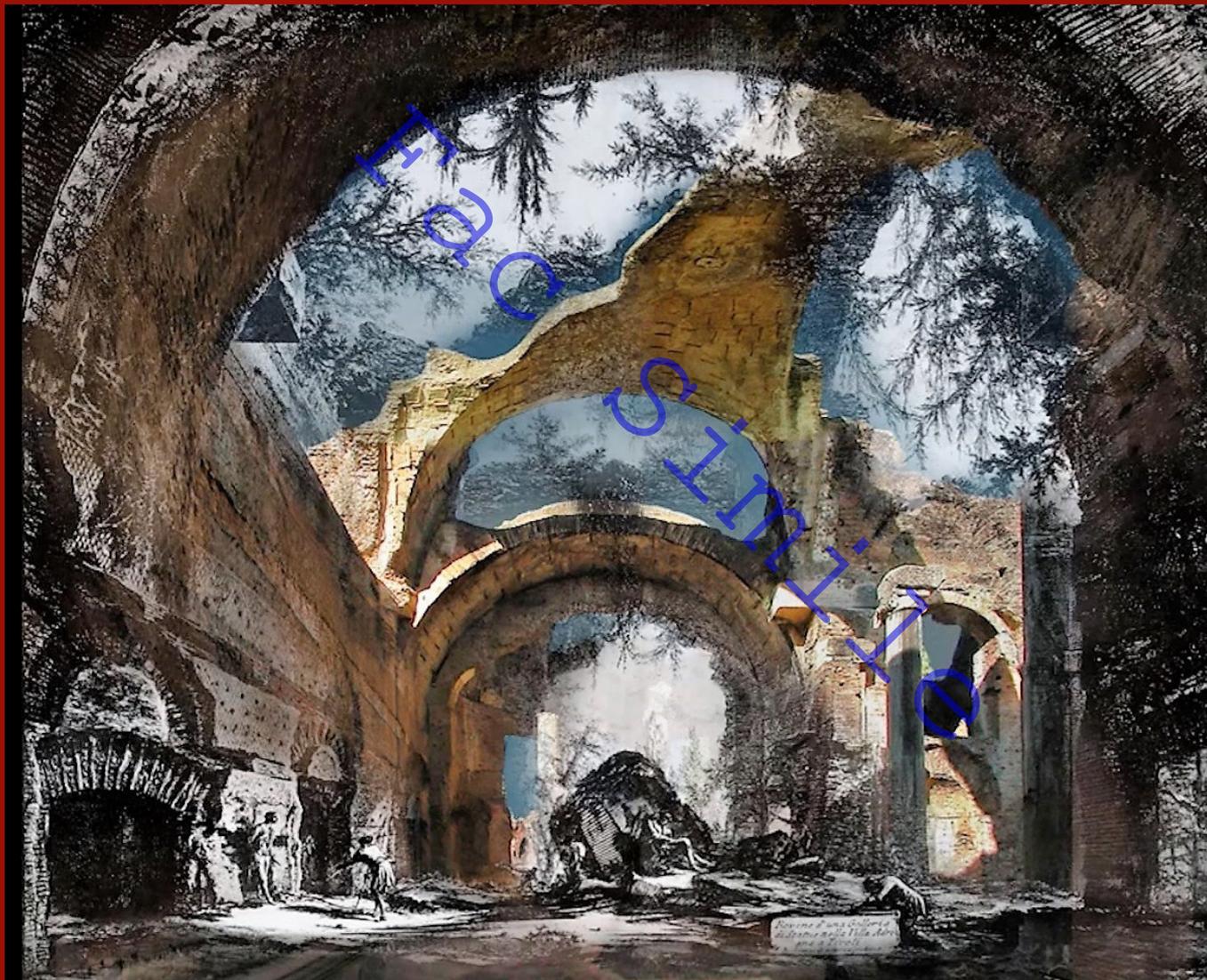


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Scuola di Architettura

FIRENZE.
IL CENTRO STORICO PATRIMONIO MONDIALE UNESCO
Conoscenza Tutela Conservazione

TECNICHE PREMODERNE DI PREVENZIONE ANTISISMICA
Prof. Giacomo Tempesta

