



**Costruire con la Terra Cruda**  
conferenza organizzata da **Ingegneria Senza Frontiere - Pisa**

ING. GIAMPAOLO MUNAFÒ

**LA TERRA CRUDA NELLE COSTRUZIONI:  
SISTEMI COSTRUTTIVI ANTICHI E  
MODERNI E TIPOLOGIE COSTRUTTIVE**

**FACOLTA' DI INGEGNERIA  
AULA MAGNA - 22 MARZO 2012**

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

COSTRUZIONI IN TERRA CRUDA

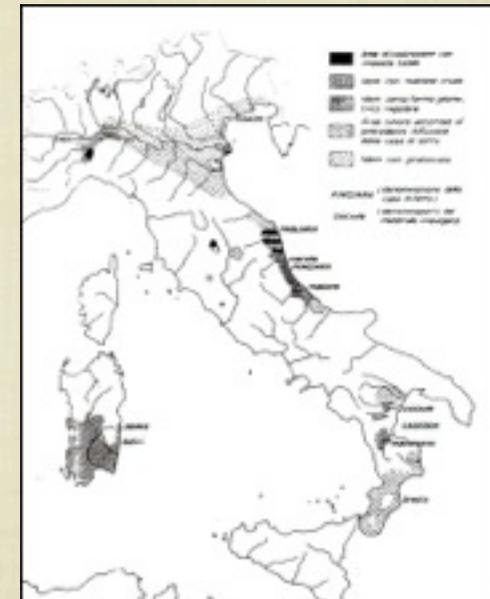


- 40% della popolazione ci abita
- 60% si trova in zone ad alta sismicità



PREGI

- facilità di reperimento
- facilità di lavorazione
- facilità di applicazione
- grande tenuta isolante termica
- completa recuperabilità e non tossicità



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



UN MATTONE IN TERRA CRUDA CONSENTE UN RISPARMIO ENERGETICO DEL 90% RISPETTO AD UN MATTONE IN TERRA COTTA. L'ARGILLA INOLTRE È UN MATERIALE NATURALE E NON TOSSICO CHE SI PRESTA ALL'AUTOCOSTRUZIONE E ALLA REALIZZAZIONE DI MURI ECONOMICI O DECORATIVI, PER LE SUE CARATTERISTICHE DI PLASTICITÀ E RESISTENZA. ATTUALMENTE IN DIVERSI PAESI EUROPEI SI STA TORNANDO A COSTRUIRE IN TERRA CRUDA GRAZIE ALLE NUOVE TECNOLOGIE INNOVATIVE CHE RIDUCONO I COSTI E I TEMPI DI REALIZZAZIONE

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

- Gli EDIFICI si COSTRUISCONO:
- con la stessa terra del suolo, lavorata ed essiccata al sole
  - mattoni legati con l'argilla, permettendo di costruire anche su più piani



## APPLICAZIONI:

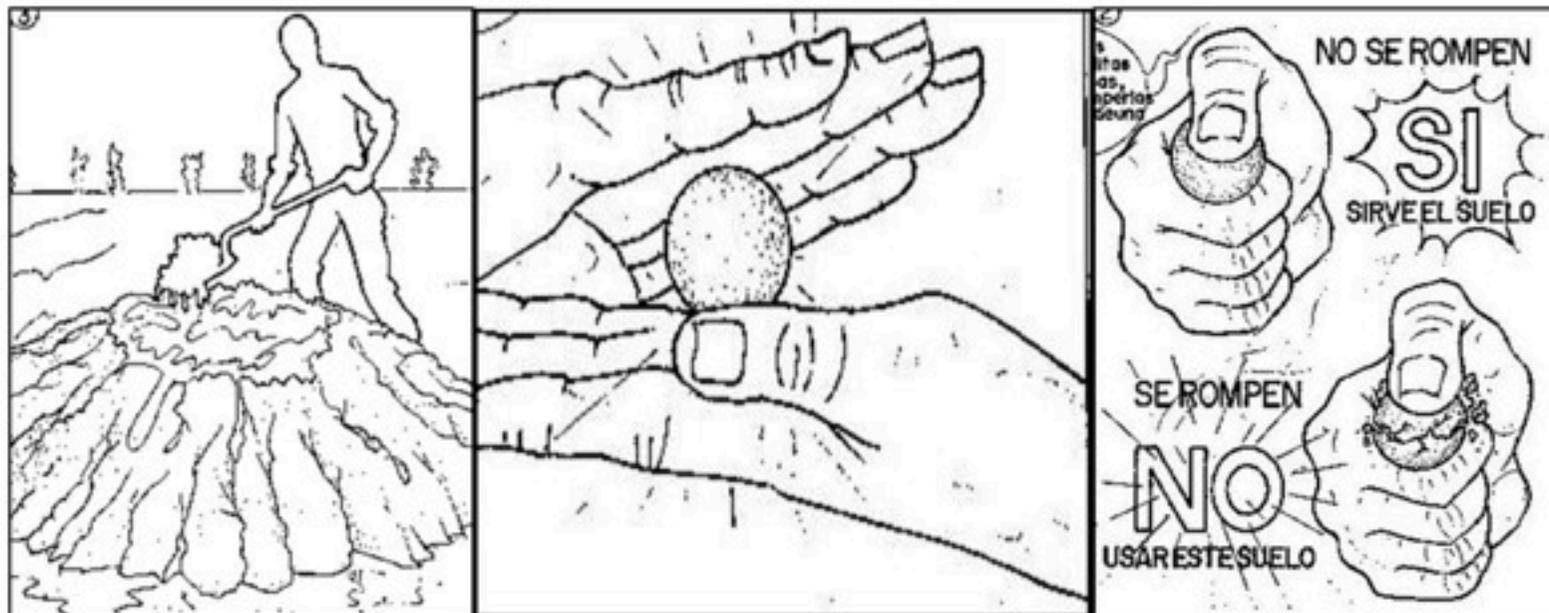
- pareti portanti
- tamponamenti
- pavimentazioni
- solai
- cupole
- volte
- intonaci
- pitture

## La TERRA:

- estratta al di sotto dello strato arabile
- composta di ghiaia, sabbia grossa, sabbia fine, limo e argilla
- si evita lo strato più superficiale, perché ci sono sostanze organiche ed ha una scarsa resistenza meccanica

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## FASI DELL'ESTRAZIONE DELL'ARGILLA



- PREPARAZIONE DEL FANGO, CHE DEVE RIPOSARE 1-2 GIORNI.
- VERIFICA DELLA RESISTENZA DEL MATERIALE IMPASTATO FORMANDO UNA SERIE DI SFERE DI 2 CM ED ASPETTANDO CHE SI ASCIUGHINO.
- DOPO L'ASCIUGATURA VERIFICARE CON UNA FORZA DI COMPRESIONE IL LIVELLO DI RESISTENZA. SE ALL'INTERNO DEL TERRENO NON VI E' UNA QUANTITA' ADEGUATA DI ARGILLA, SOTTO LA PRESSIONE LA SFERA SI ROMPERA'.

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

- LE TECNICHE DI COSTRUZIONE FONDAMENTALI SONO:
- IL PISE' O TERRA BATTUTA
- IL MATTONE CRUDO, MISCUGLIO DI TERRA E PAGLIA, CON STABILIZZANTI NATURALI
- LA TECNICA DEL TORCHIS, IMPASTO PLASTICO DI TERRA E PAGLIA UTILIZZATO PER RIVESTIRE UNA GRIGLIA IN LEGNO
- LA TECNICA DEL BAUGE, SISTEMA COSTRUTTIVO PER ERIGERE MURATURE PORTANTI

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## METODI COSTRUTTIVI

- Terra monolitica
- Muratura portante
- Terra su struttura di tamponamento  
alle strutture portanti

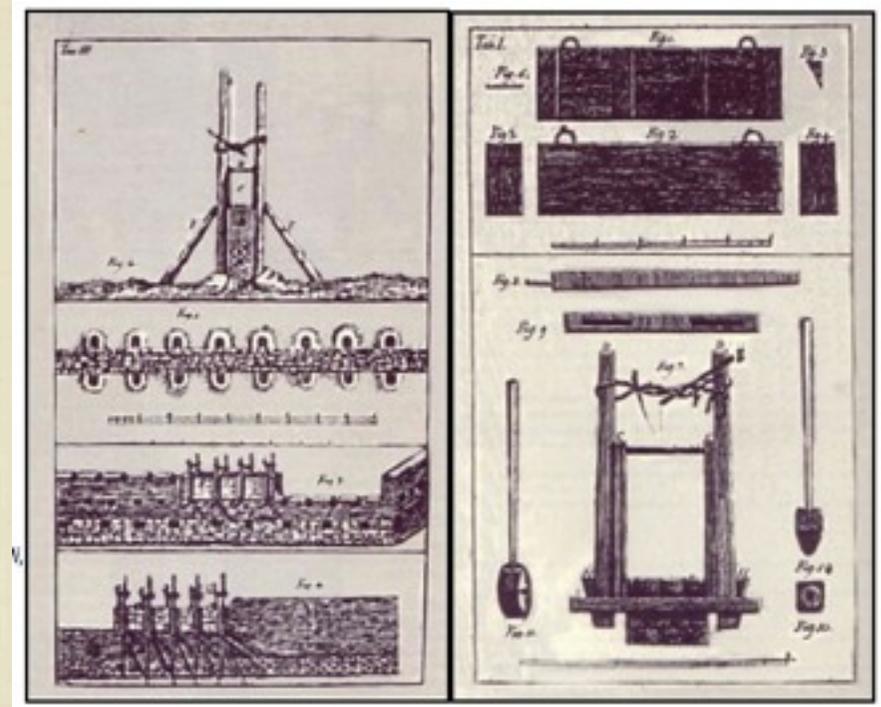
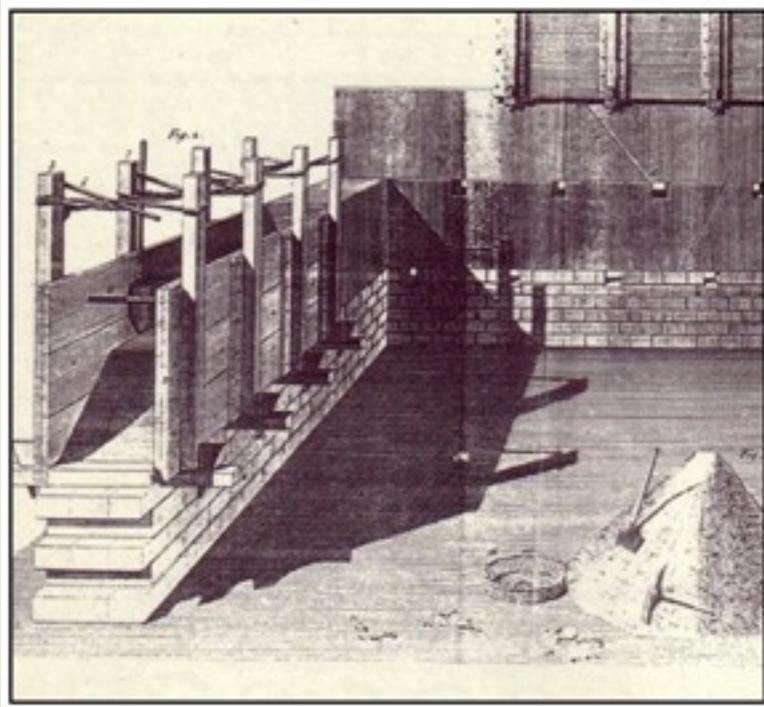
## MODI di MESSA in OPERA

- Posa umida
- Posa a secco

- **LE TECNICHE DI COSTRUZIONE FONDAMENTALI SONO:**
- **IL PISE' O TERRA BATTUTA**
- **IL MATTONE CRUDO, MISCUGLIO DI TERRA E PAGLIA, CON STABILIZZANTI NATURALI**
- **LA TECNICA DEL TORCHIS, IMPASTO PLASTICO DI TERRA E PAGLIA UTILIZZATO PER RIVESTIRE UNA GRIGLIA IN LEGNO**
- **LA TECNICA DEL BAUGE, SISTEMA COSTRUTTIVO PER ERIGERE MURATURE PORTANTI**

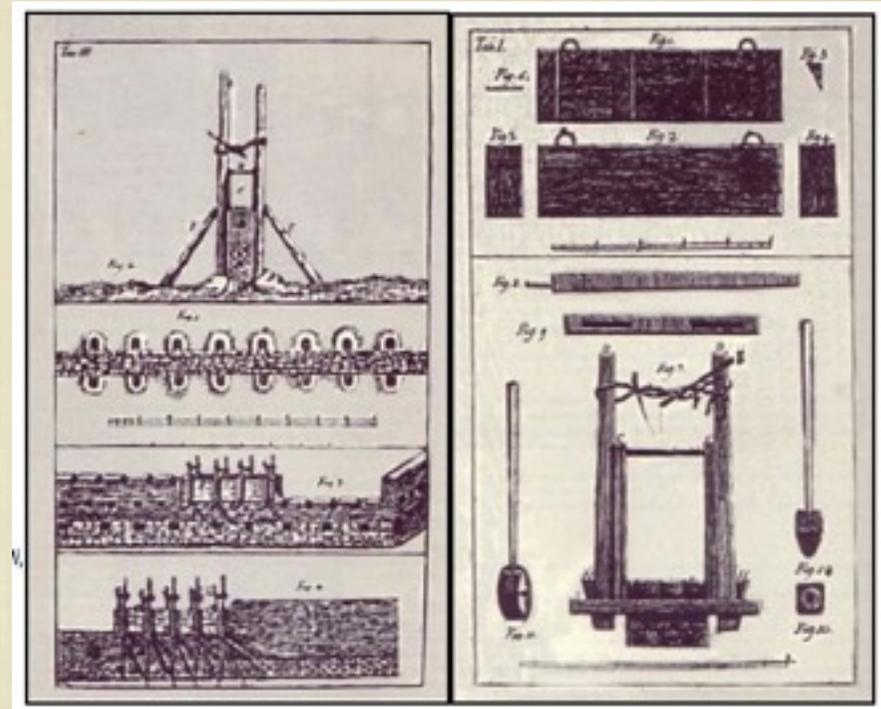
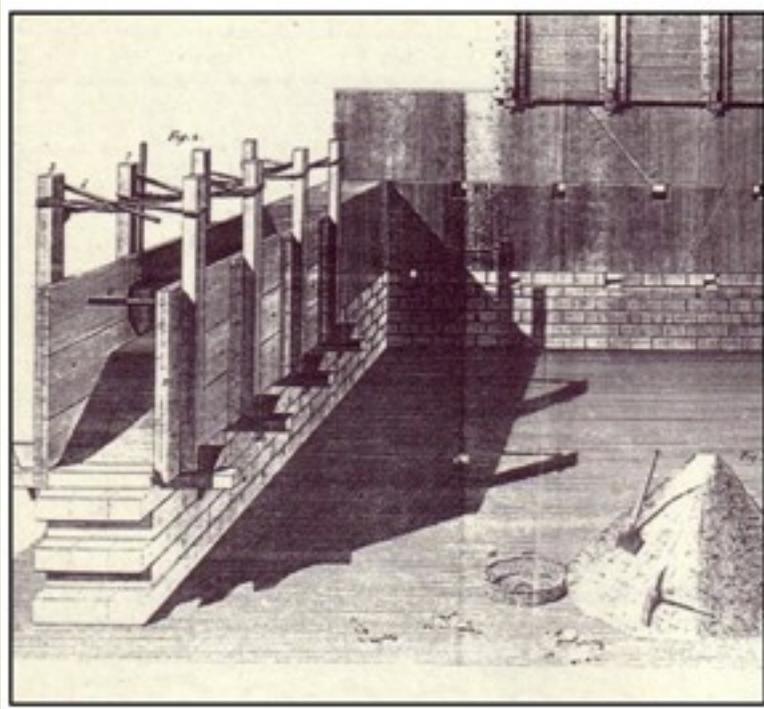
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## LA TECNICA DEL PISE': TERRA BATTUTA



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## LA TECNICA DEL PISE': TERRA BATTUTA



la tecnica del pise' viene eseguita tramite l'uso di casseformi di legno, detti casseri, e la pistonatura del materiale precedentemente lavorato con acqua e, non sempre, altri materiali, quali paglia pezzetti di legno e ciottoli.

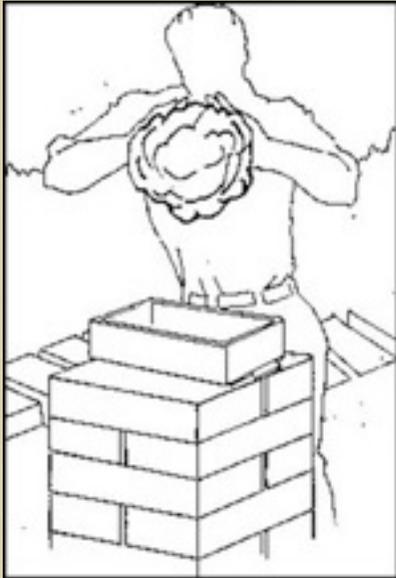
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

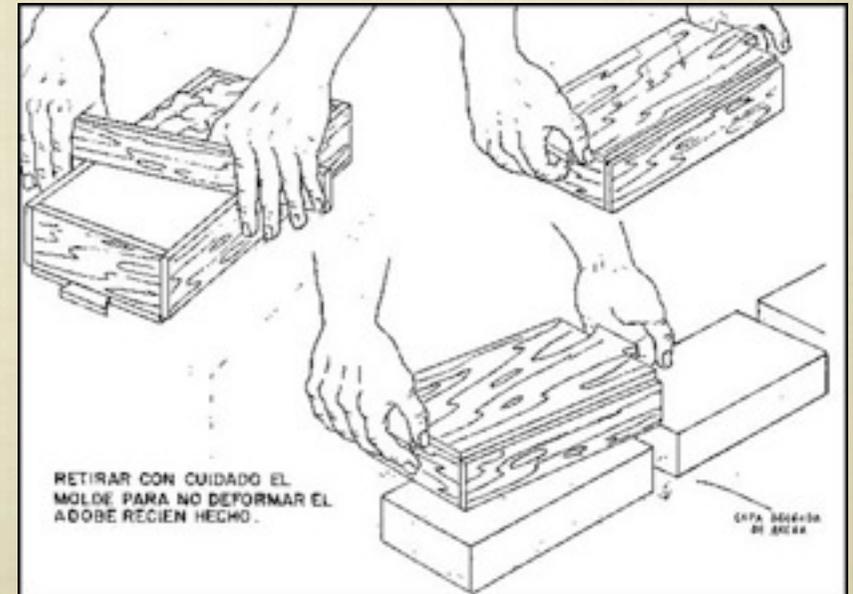
GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

IL MATTONE CRUDO -**ADOBE** , miscuglio di terra e paglia, con stabilizzanti naturali:



- 1) inserire la forma nell'acqua per evitare che la terra si incolli;
- 2) formare una palla con il fango e lasciarla con forza nella forma;
- 3) riempire e livellare il contenuto e girare per togliere il mattone;
- 4) lasciare essiccare, cosparsi di sabbia, i mattoni per 1 settimana ricordandosi di girarli dopo 4 giorni.



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

3.

La tecnica del TORCHIS:



impasto plastico di terra e paglia utilizzato per rivestire una griglia in legno, bambù, rami di salice o nocciolo, fissata ad una struttura portante. Per la preparazione dell'impasto dobbiamo miscelare la terra con acqua e se necessario aggiungere sabbia fino a raggiungere una pasta omogenea. Successivamente si mette la paglia a bagno per qualche ora, si estrae la paglia e si lascia colare l'acqua in eccesso.

Si aggiunge la paglia umida alla terra e si fa riposare da un minimo di 6 ore ad un massimo di 2 settimane sotto un telo di plastica. La messa in opera del torchis può essere manuale o con cazzuole. L'esecuzione è laboriosa, quindi necessita di una mano esperta. Dopo la montatura della struttura bisogna spennellare quest'ultima di terra e applicare il torchis. Alla fine bisogna lisciare o rigare la superficie.



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

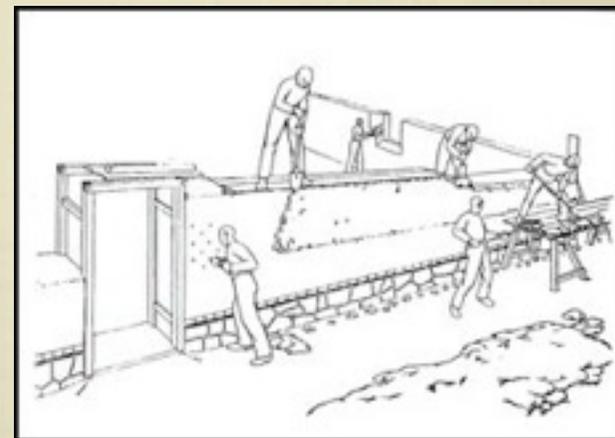
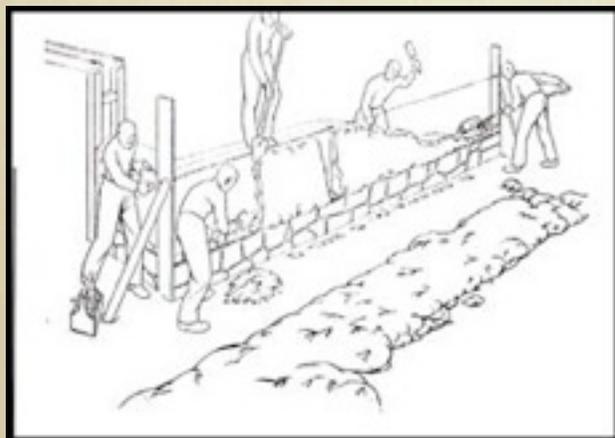
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

4.

La tecnica del **BAUGE**:



si tratta di un sistema costruttivo per erigere murature portanti che prevede l'esecuzione di un impasto di terra paglia denso che viene preparato e poi direttamente trasportato e impilato o gettato per costruire una muratura spessa, modellata senza casseformi. La superficie viene poi parificata e raddrizzata tagliando eventuali parti in eccesso.



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

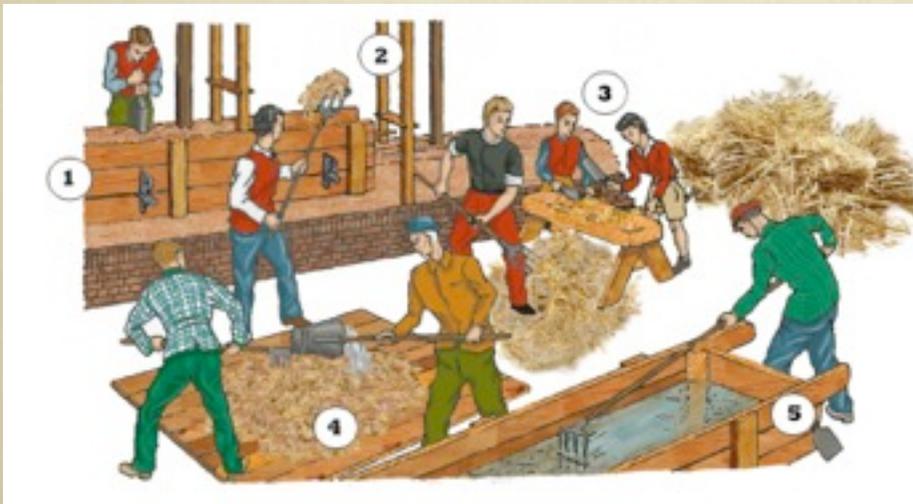
## Alcune Regole Basiche Per La Costruzione In Terra Cruda:

I **muri portanti** e quelli che irrigidiscono la struttura devono essere costruiti contemporaneamente e ben collegati tra loro. Spessore minimo dei muri portanti:

un solo piano	30 cm
piano inferiore di due piani	50 cm
Altezza massima	3,5 m
Luce massima tra due punti	5,0 m

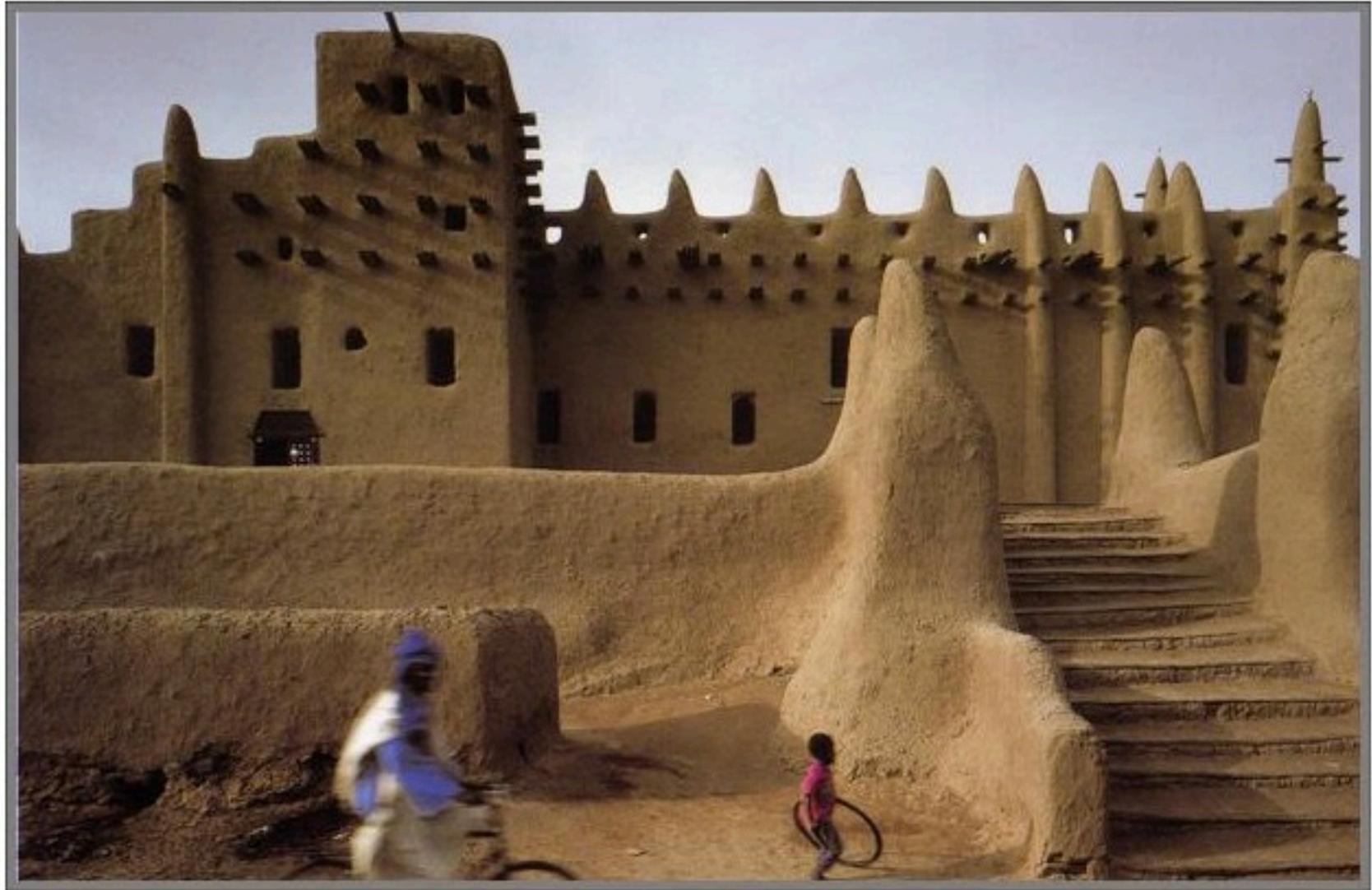
La distanza tra le **aperture** non deve essere inferiore ai 75 cm.

Gli architravi in terra cruda sopra le porte e le finestre devono essere armati, l'armatura consiste in listelli di legno con sezione di 40/50 mm, collocati a una distanza di 10cm uno dall'altro e con un sostegno laterale corrispondente alla metà dell'apertura



1. Cassaforma (secondo strato di 80cm)
2. Telaio in legno con irrigidimenti orizzontali
3. Spezzettatura della paglia
4. Preparazione del composto (acqua, argilla, sabbia e paglia)
5. Paglia messa a mollo nell'acqua

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

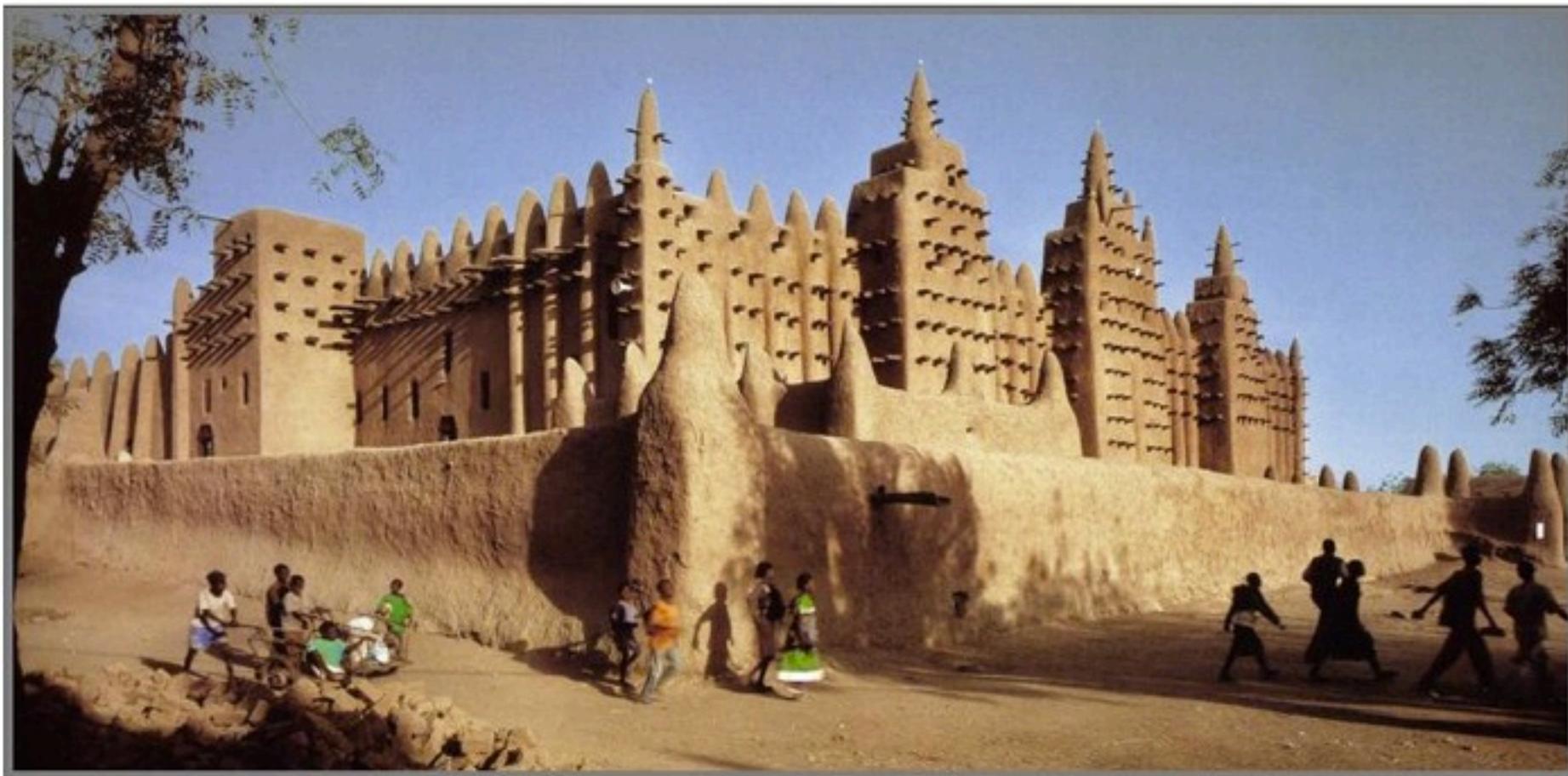


CASA IMAM, DJENNE, MALI, JAMES MORRIS, *Butubu: architetture in terra dell'afrika occidentale*, MILANO 2004

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# L'AFRICA E I COLOSSI DI ARGILLA



MOSCHEA DEL VENERDI', DJENNE, MALI, JAMES MORRIS, *Butubu: architetture in terra dell'afrika occidentale*, MILANO 2004

# L'AFRICA E I COLOSSI DI ARGILLA



MOSCHEA DEL VENERDI', DJENNE, MALI, JAMES MORRIS, *Butubu: architetture in terra dell'africa occidentale*, MILANO 2004

## MOSCHEA del VENERDÌ, DJENNE, MALI

La moschea di fango visibile oggi è datata 1910, ma il sito è dedicato al culto religioso sin dal Trecento. La costruzione di fango è ovviamente fragile e vulnerabile: l'ultimo crollo di una torre è del 2009. Come si vede, i lavori di "fortificazione" mediante aggiunta di fango sono continui.

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

giovedì 22 marzo 12

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## CITTÀ di SHIBAM NELLO YEMEN

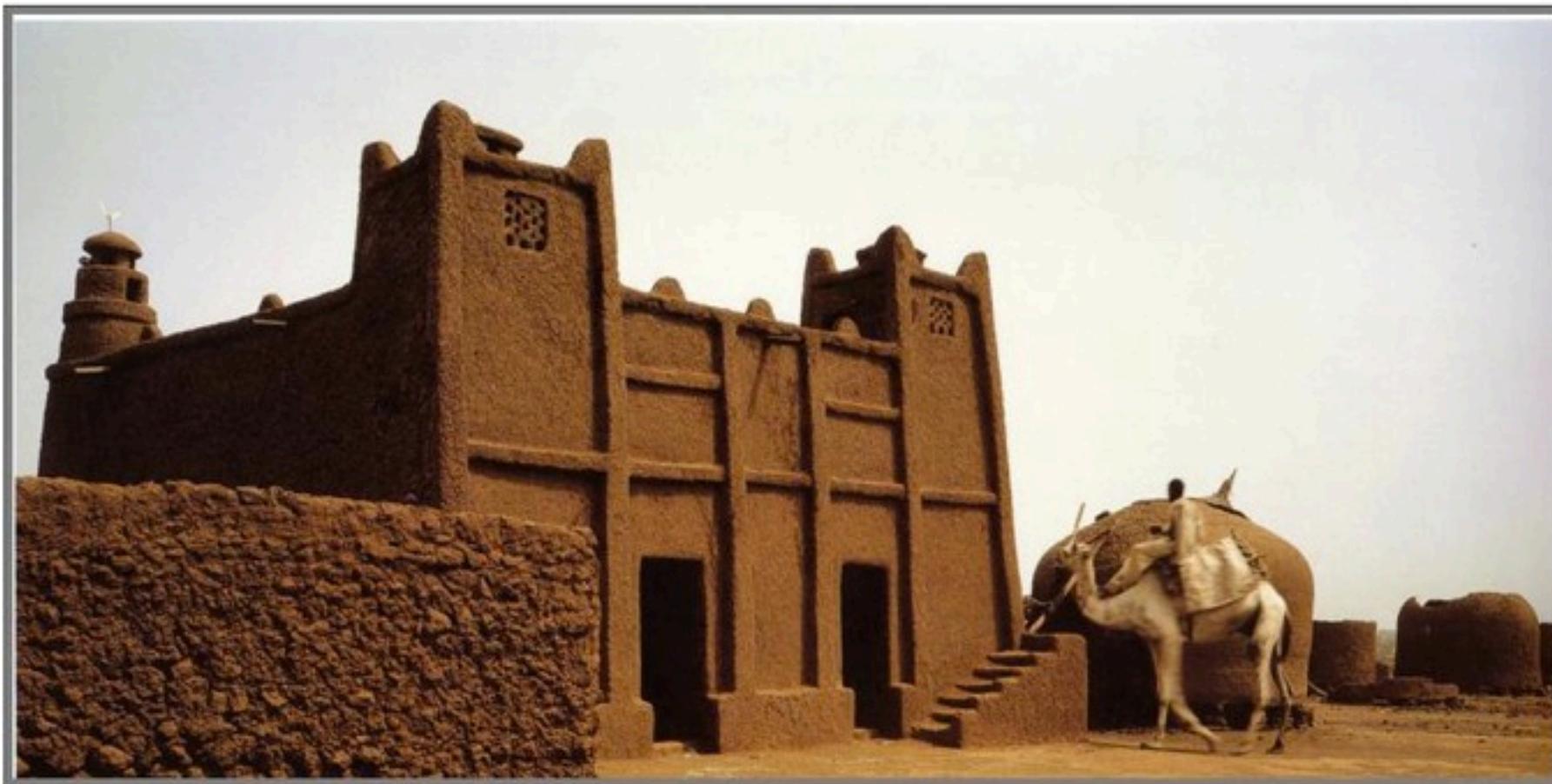


Più di 500 grattacieli costruiti col fango, uno accanto all'altro, alcuni raggiungono anche gli otto piani di altezza. E dire che le case più vecchie di questa antica colonia hanno più di 400 anni.

Shibam, nello Yemen, è chiamata la Chicago del deserto, poiché la città, che ha più di 1000 anni, ricorda il profilo di una città americana.



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

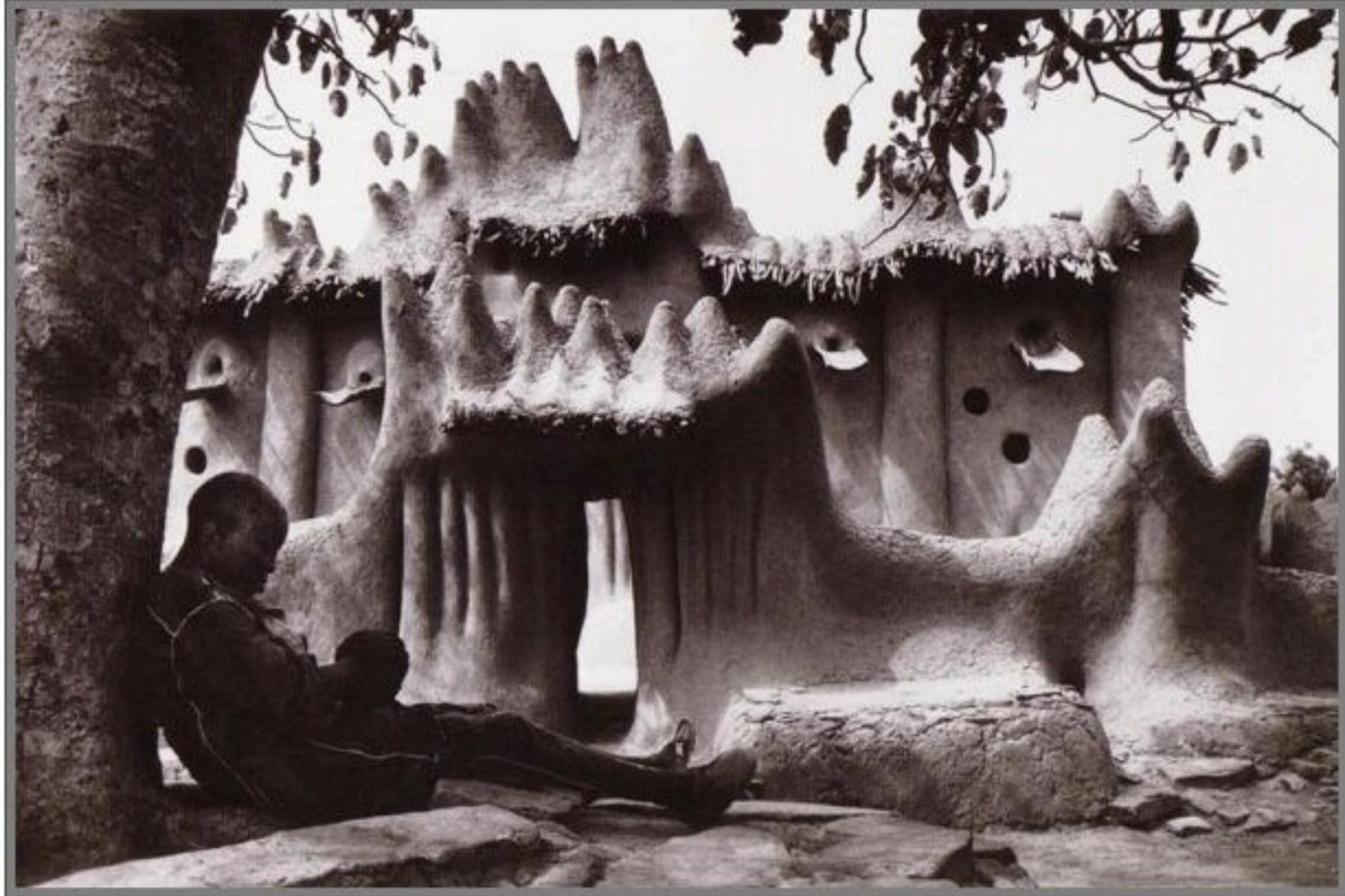


MOSCHEA, KOSSA; NIGER, JAMES MORRIS, *Butubu: architetture in terra dell'afrika occidentale*, MILANO 2004

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



MOSCHEA, NANDO, MALI, JAMES MORRIS, *Butubu: architetture in terra dell'africa occidentale*, MILANO 2004

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



- **BAM È UNA CITTÀ MEDIOEVALE COSTRUITA IMPORTANTI REPERTI STORICI SENZA PESANTI RISTRUTTURAZIONI. IL COMPLESSO E' INTERAMENTE COSTRUITO CON MATTONI DI FANGO, ARGILLA, PAGLIA E TRONCHI D'ALBERO DI PALMA**

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## IL MEDIORIENTE E LA TERRA CRUDA



FASI DI RILIEVO E DI RESTAURO DELLA ZIQQURAT DI ASSAN, (Siria)

LE ZIQQURAT ERANO DELLE COSTRUZIONI A TRE, CINQUE O SETTE PIANI, COSTRUITE DI REGOLA IN MATTONI DI TERRA CRUDA NELL'INTERNO E ALL'ESTERNO COTTI: UNA PROTEZIONE-COPERTURA.

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

ARCHITETTURA IN TERRA CRUDA



1. ricerca e sviluppo

2. conoscenza dei metodi tradizionali

- materiale locale
- naturalità
- salubrità
- economia

S  
A  
R  
D  
E  
G  
N  
A

- possiede il più grande patrimonio di terra cruda in Italia



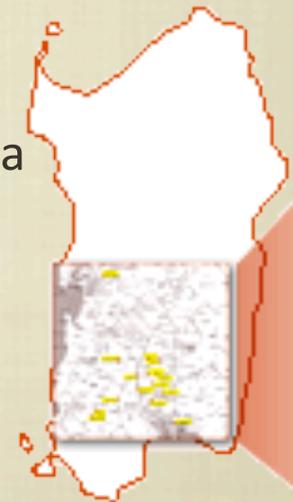
- Specifici caratteri climatici e territoriali
- Esigenze abitative di una società di tipo rurale

- ultima regione ad aver dismesso l'uso di questa tecnologia



- Continuità nella trasmissione dei magisteri della cultura del materiale

- Campidano
- Cixerri



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

ROTTURA con la cultura tradizionale

PERDITA

- qualità dell'abitare
- qualità del costruito
- legame col territorio



- confronto con modelli e materiali dell'edilizia moderna
- mutato quadro socio-economico



- Associare la terra a modi di abitare POVERI
- Disinteresse per le abitazioni tradizionali
  - Incuria degli edifici
- Danni provocati da errati interventi di recupero

Nell'ottica di SVILUPPO SOSTENIBILE, la cultura costruttiva della terra cruda fissa i caratteri di una RISORSA.

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

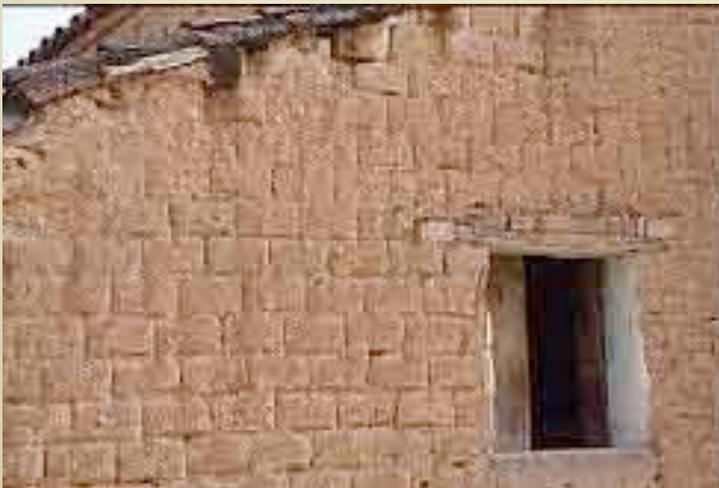
PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

IL CASO di SERRAMANNA

- Abitazione del centro storico sono costruite con il *l'àrdiri*
- Apparente fragilità, ma considerevole durata se si provvede alla manutenzione



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

TECNICA COSTRUTTIVA



- trincea di fondazione
- zoccolo in pietrame
- muro in mattoni crudi
- solaio in legno
- tetto in tegole sarde

COSTRUZIONE DEL MATTONE



*Is Lardiraius  
Sa scioffa  
Sa marra  
Su sestu*



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

giovedì 22 marzo 12

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

BOOM ECONOMICO



- negli anni '50
- numerose novità nell'edilizia

## TECNICA COSTRUTTIVA TRADIZIONALE

- facilità di reperimento, di lavorazione e applicazione
- grande tenuta isolante termica
- completa recuperabilità e non tossicità, che pone la terra cruda tra i primi materiali ecologici
- la produzione del mattone crudo utilizza il 15% di energia di quella del mattone cotto

## NUOVA TECNICA COSTRUTTIVA

- impiego della Trachite per un periodo
- utilizzo del blocchetto cementizio per i muri, più economico per il prezzo d'acquisto e la mano d'opera
- il risultato è stato case fredde e umide d'inverno e molto calde d'estate
- per risolvere si impiegarono delle camere d'aria all'interno dei muri esterni
- oggi si impiega il laterizio

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

NUOVE APPLICAZIONI della  
TERRA CRUDA



- neutralizza gli odori e lega le sostanze nocive
- regola l'umidità
- accumula calore
- capacità di isolamento acustico
- vantaggi economici

PUO' ESSERE USATA

1. su pareti e intonaci interni per migliorare il clima abitativo e come abbattimento acustico, attraverso l'utilizzo di pannelli interra cruda;

2. nei solai e nei tetti come abbattimento acustico e accumulo termico;

3. in cantina per contribuire a mantenere un clima costante e regolare, rivestendo le strutture in calcestruzzo con mattoni oppure con gli intonaci di argilla.

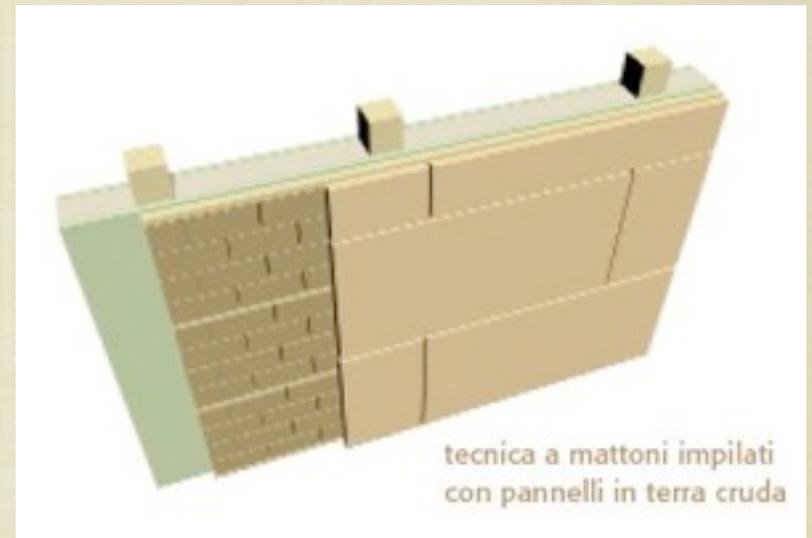
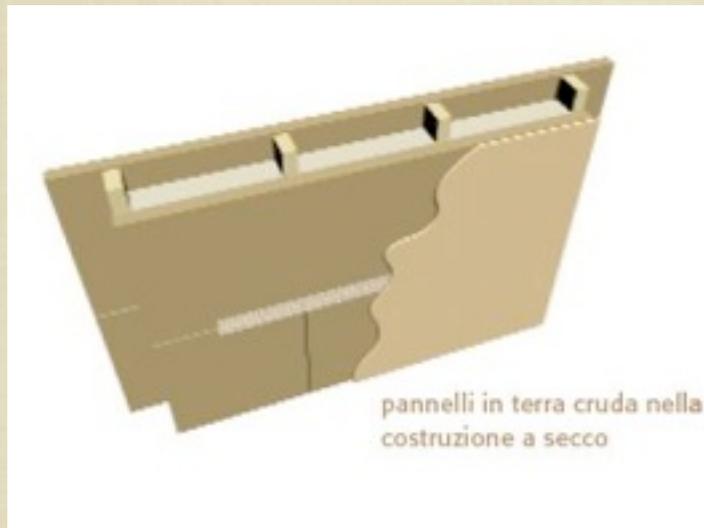
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

1. su pareti e intonaci interni per migliorare il clima abitativo e come abbattimento acustico, attraverso l' utilizzo di pannelli in terra cruda;



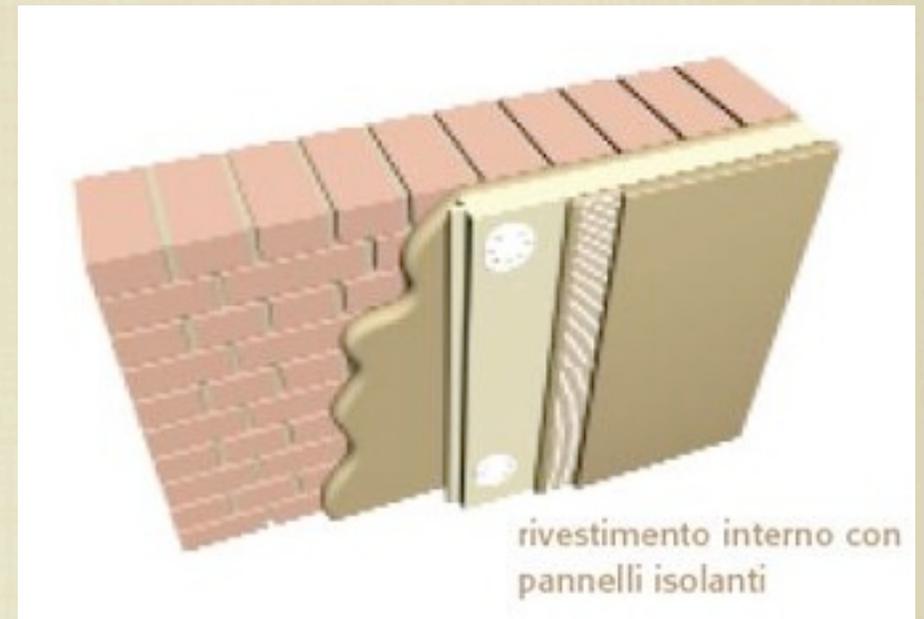
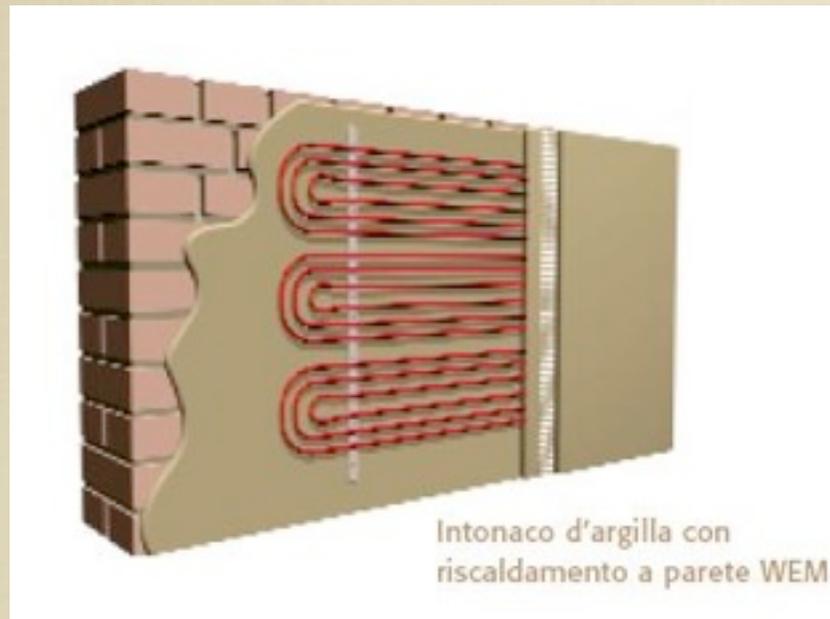
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

2. nei solai e nei tetti come abbattimento acustico e accumulo termico;



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

PISA 22 MARZO 2012

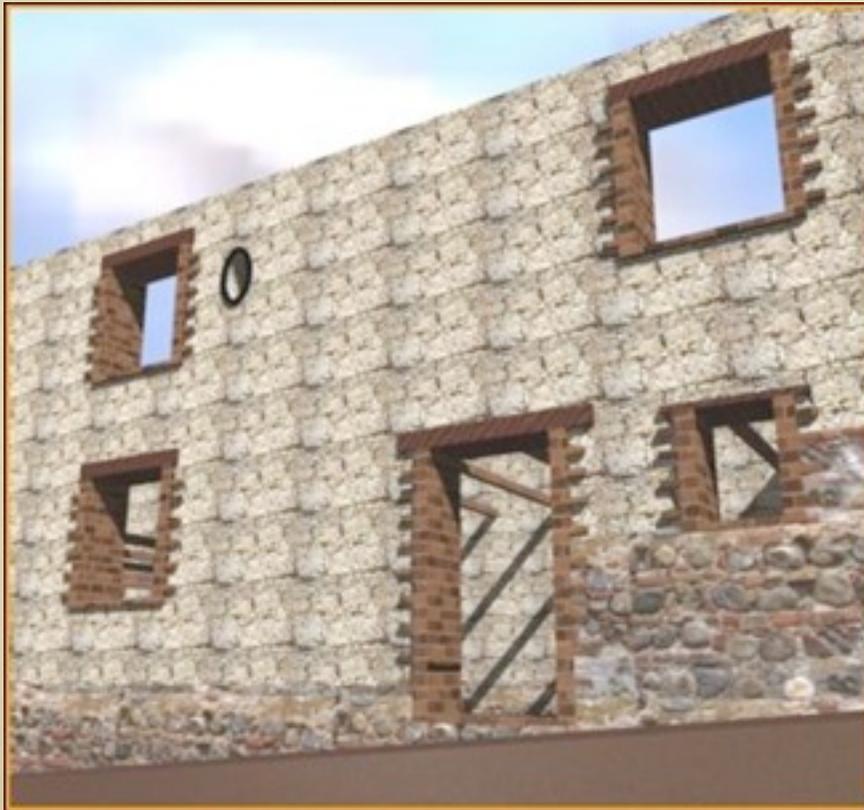
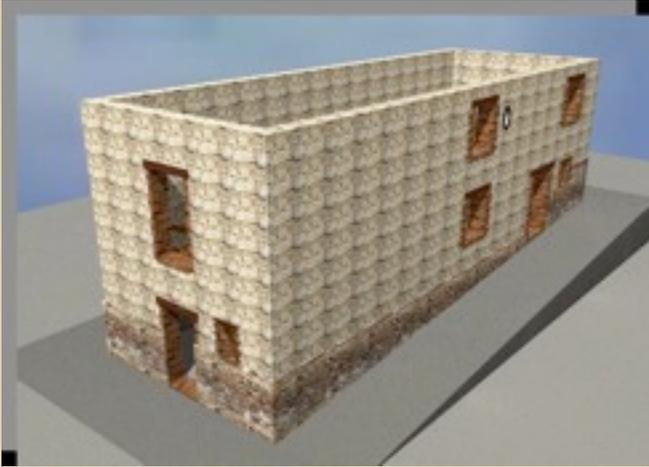
GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

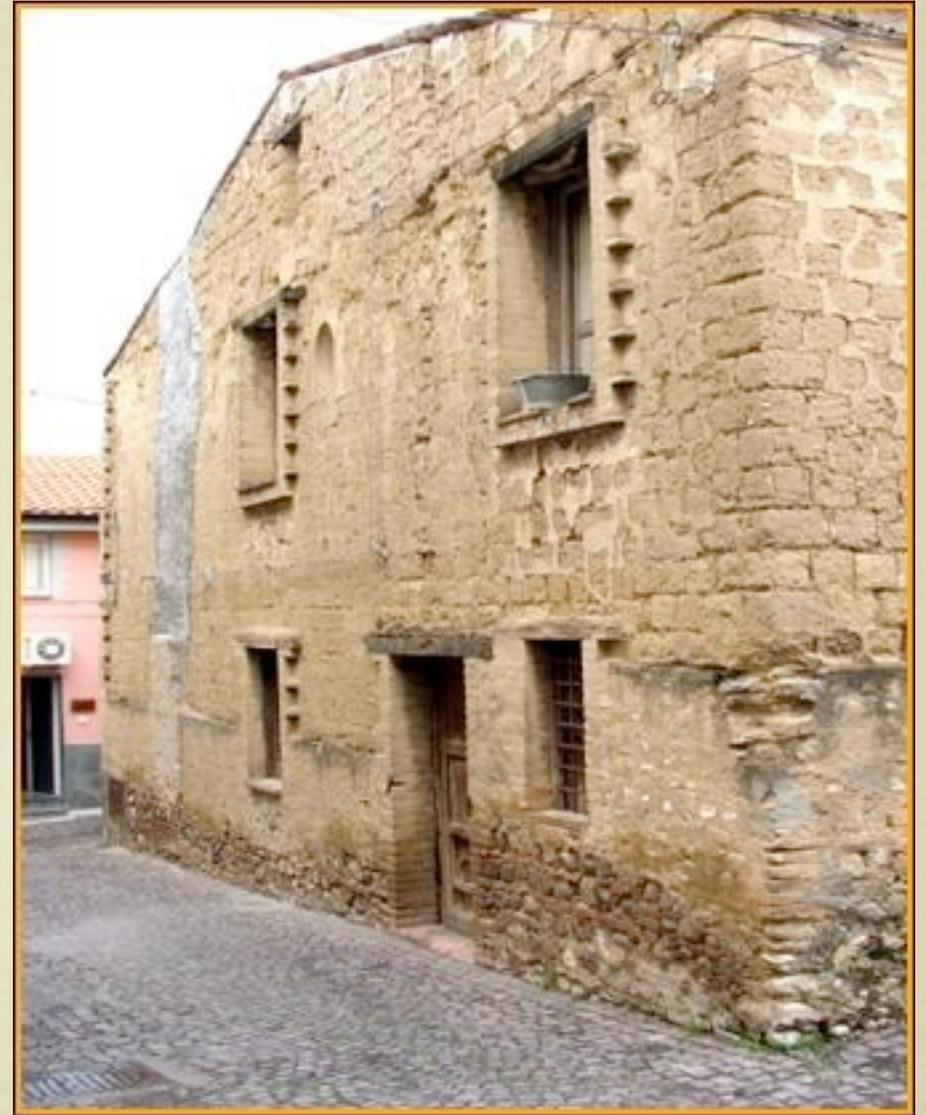
3. in cantina per contribuire a mantenere un clima costante e regolare, rivestendo le strutture in calcestruzzo con mattoni oppure con gli intonaci di argilla.



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

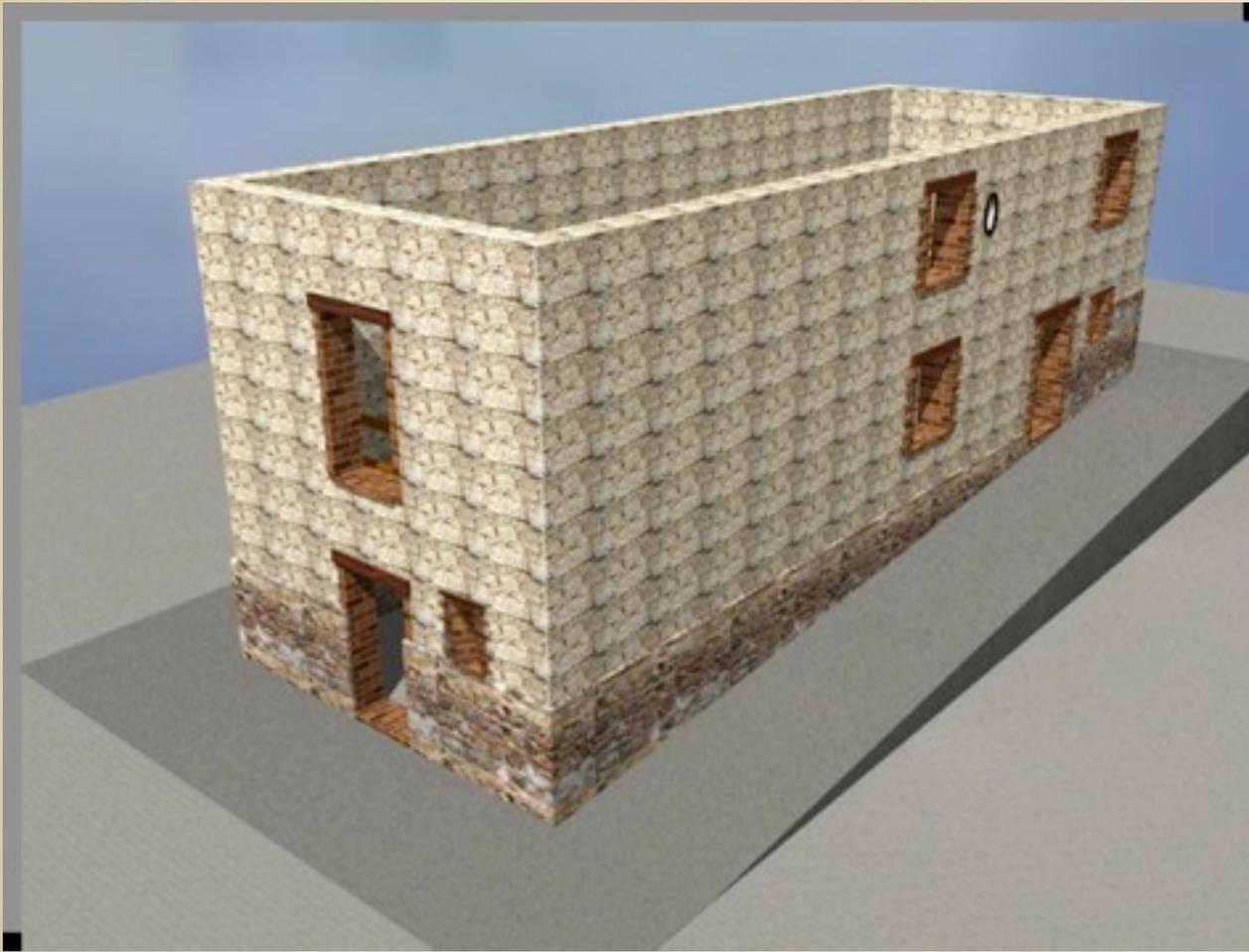


PISA 22 MARZO 2012



GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

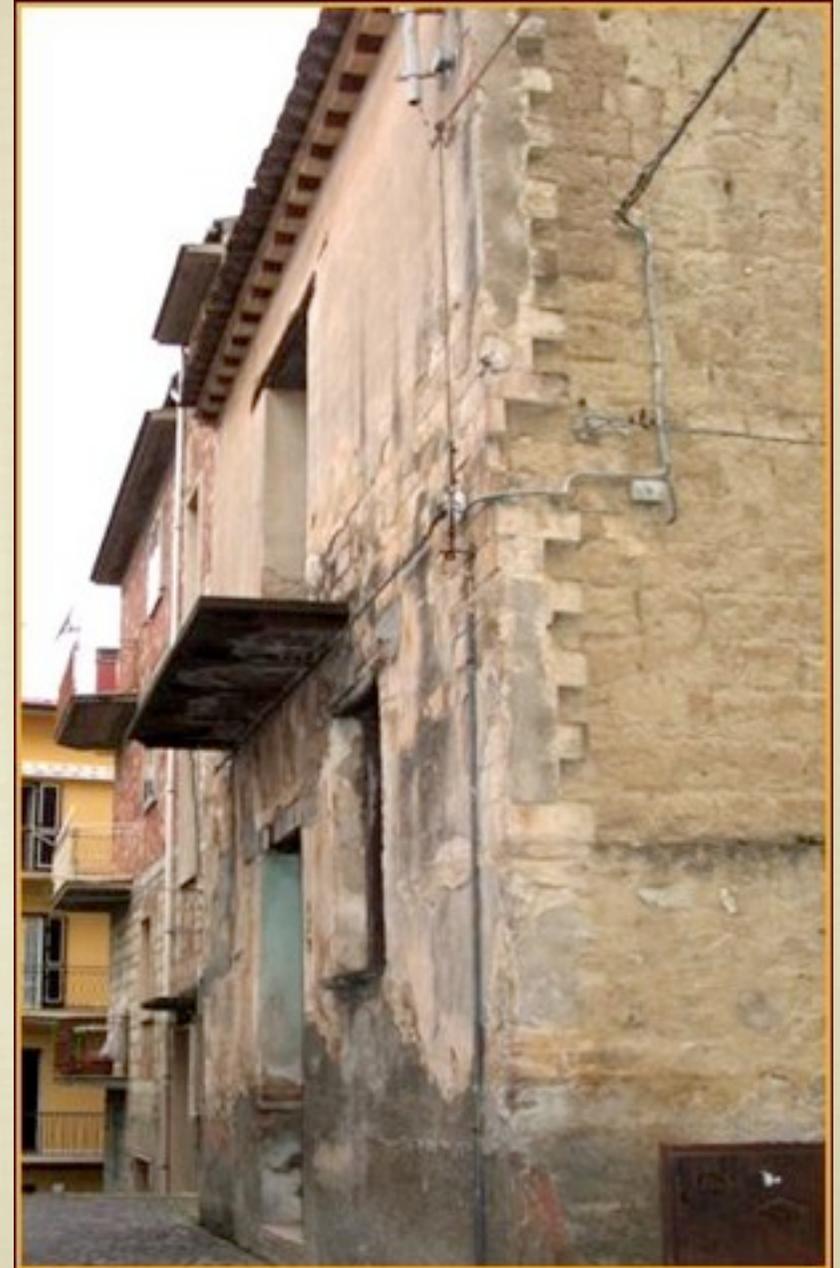
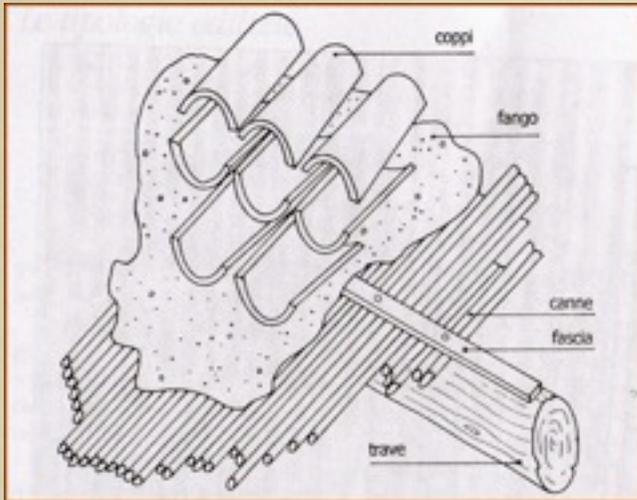
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

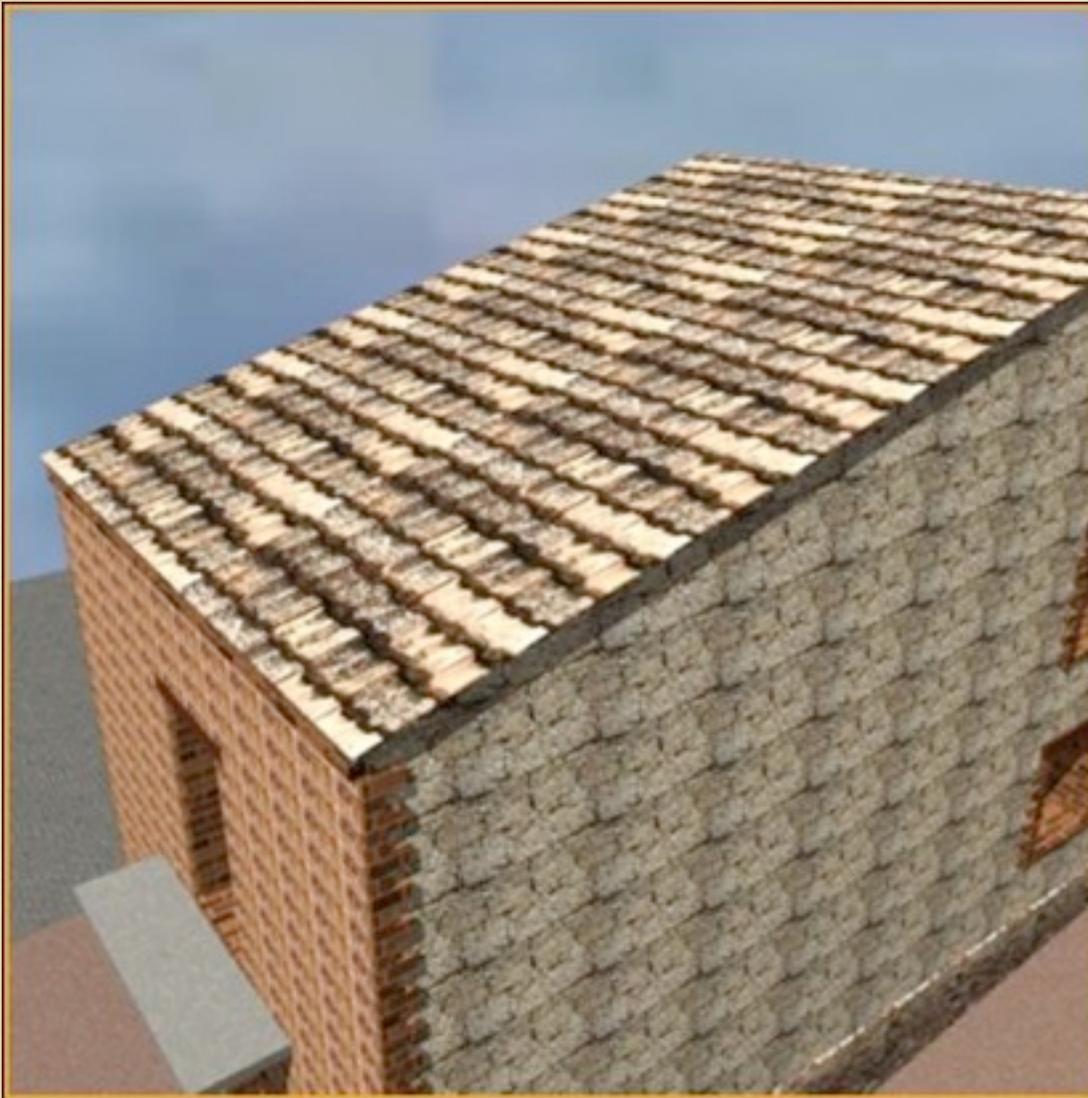
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

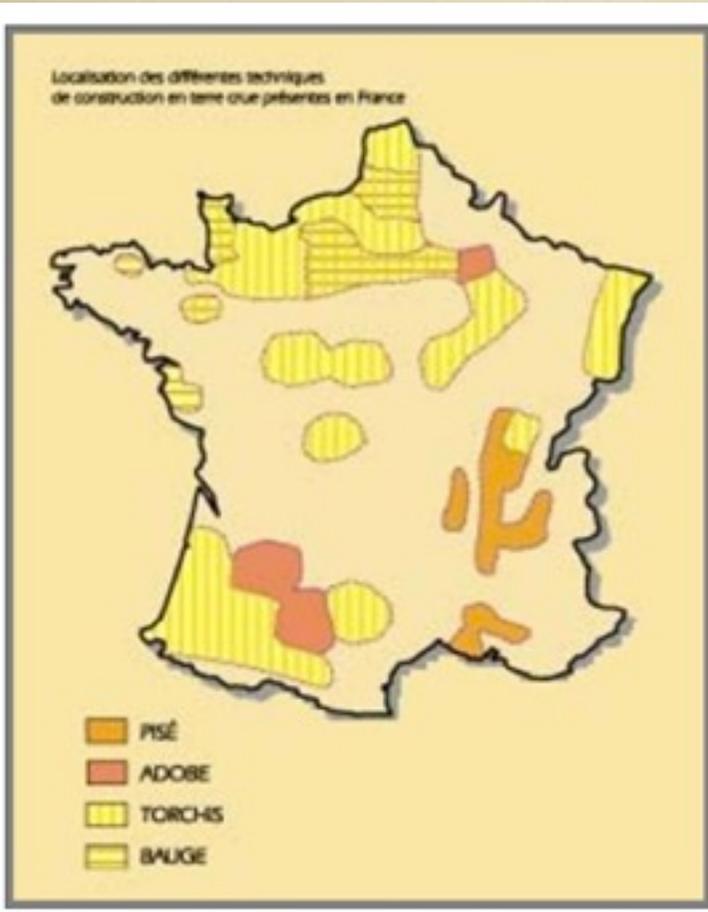
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



CAPANNA DEL GUARDIANO COSTRUITO CON LA TECNICA DEL BAUGE, CAMARGUE



CASA A COLOMBAIA COSTRUITA CON LA TECNICA DEL TORCHIS, COLMAR, ALSAZIA

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



COSTRUZIONE IN PISE' , MULINO A VILLEFONTAINE, IL QUARTIERE DELLA TERRA

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



ABITAZIONE IN PISE', ST-ANDRE'-LE-PUY, ISERE'

PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

## L'EUROPA: L'ITALIA ...



CASA IN TERRA CRUDA NELL' ALESSANDRINO



EDIFICIO RURALE COSTRUITO CON LA TECNICA DEL PISE' NELLE MARCHE

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



ABITAZIONE AD UN PIANO - PROSPETTO OVEST

PARTICOLARE RINFORZO DELL'ANGOLO IN LATERIZIO



# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA

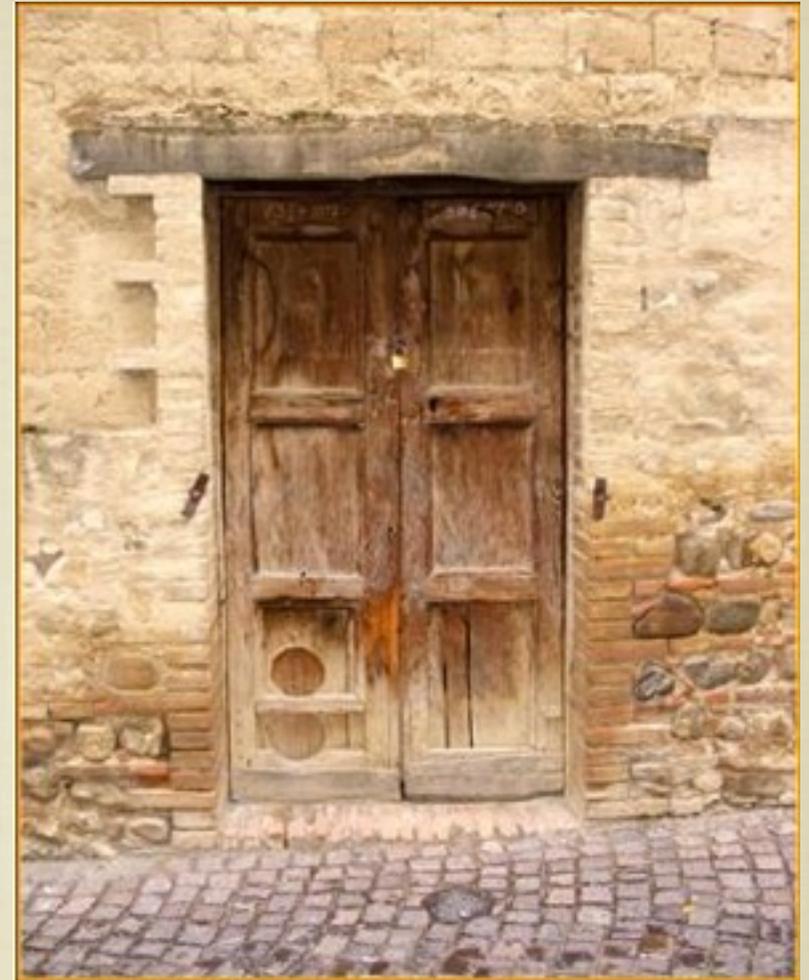


ABITAZIONE MONOLOCALE IN CIUCIOLO ELEMENTARE



PARTICOLARE COPERTURA AD INCANNUCCIATA E FANGO

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

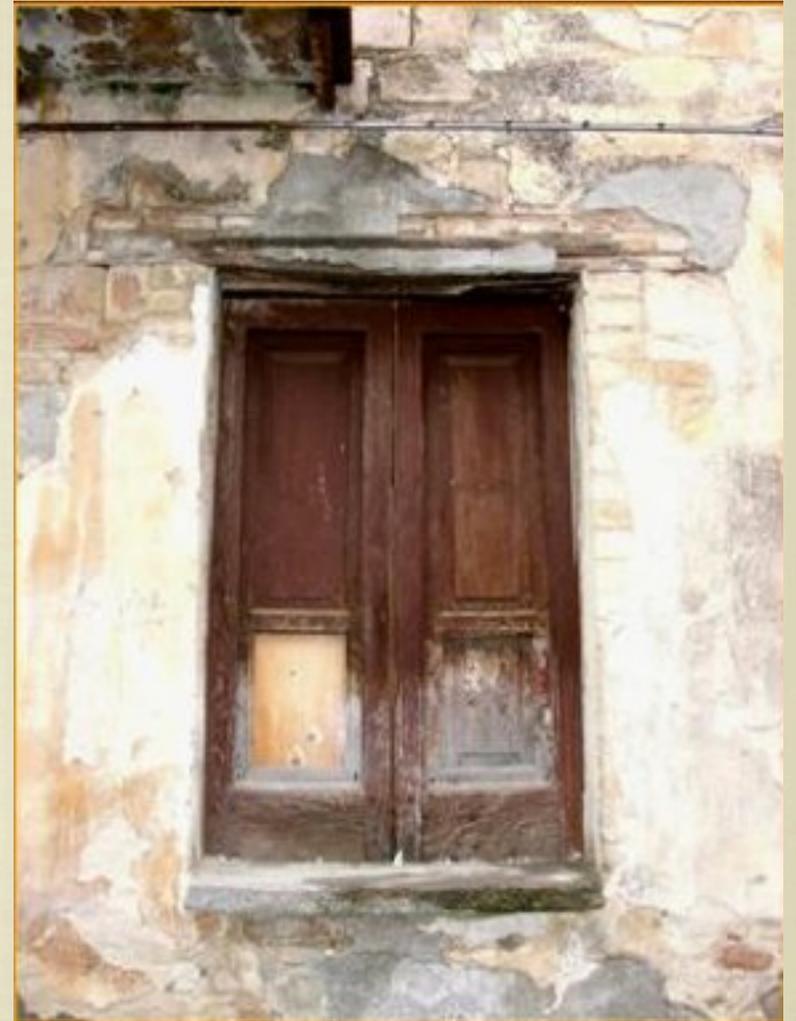
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

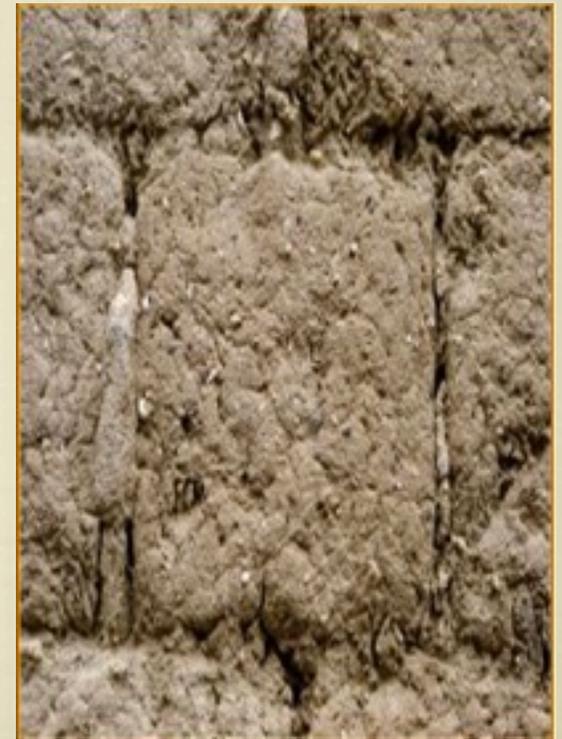
# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ

# COSTRUIRE IN TERRA CRUDA



PISA 22 MARZO 2012

GIAMPAOLO MUNAFÒ