

SERGIO LOS - NATASHA PULITZER

Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

(Relazione svolta al XV Congresso Nazionale ANDIL, settembre 1980)

Estratto dalla Rivista "Costruire" n. 132 - 1982

1. Obiettivi

L'esplorazione di nuove condizioni di equilibrio per il sistema edificio in presenza di un ambiente radicalmente modificato dall'energia « difficile » rappresenta il contenuto di questa relazione.

Il suo scopo consiste nel riassumere brevemente le proposte formulate per risolvere questo problema, al fine di orientare l'attenzione verso quel complesso di soluzioni che si dimostra meglio rispondente tenendo conto delle risorse, dei vincoli e degli obiettivi.

Il ruolo del laterizio nell'ambito di questo nuovo equilibrio che il sistema edificio sta perseguendo per risolvere il problema dell'energia, viene trattato col proposito di stimolare l'interesse di produttori e dei progettisti verso le potenzialità di innovazione tecnologica in esso contenute.

2. Problemi energetici dell'edificio

Ogni edificio rappresenta un complesso di risposte al complesso di problemi identificati dal progettista. Ma il risultato sarà certamente deformato dalla concomitante presenza di altri problemi non previsti nel progetto ed emersi dal confronto con la realtà. L'assetto finale di una costruzione è dunque determinato dall'operare di molte forze congiunte da relazioni complesse, esso costituisce una mediazione tra le esigenze derivanti da requisiti differenti, che devono condividere la stessa organizzazione. I requisiti climatici di un edificio devono interagire con quelli figurativi, ed insieme combinarsi con quelli tecnologici, economici e sociali. Il fatto che qualcuno di questi predomini induce a pensare che un solo fattore influenzi e determini il progetto, e la tendenza a dare spiegazioni monocasuali provoca interpretazioni riduttive del problema di progettazione.

Un altro modo per eludere tale problema si basa sull'idea che il compromesso tra differenti requisiti rappresenti un segno del nostro presente stato di crisi; ma che ci saranno condizioni e strutture sociali nelle quali tutto si sposa: la bellezza con la coerenza tecnologica, con la qualità ambientale e con un basso costo, e tutto questo con la funzionalità, la sicurezza e l'affidabilità.

La speranza che la bellezza sia anche morale e che possa essere economica costringe a forzare l'una o l'altra per cancellare il fastidio del problema. Ma una volta accettato questo difficile e tuttavia inevitabile compromesso esistono altri modi per continuare ad eludere la realtà: ritenere che l'equilibrio una volta raggiunto possa durare per sempre. È questa tendenza all'equilibrio che spinge alla rimozione del mutamento e che mantiene, anche di fronte alle modificate condizioni ambientali, stabile lo stato del sistema.

I sistemi solari passivi utilizzano per riscaldare un edificio la radiazione solare trasformata direttamente in energia termica a bassa temperatura, la quale viene distribuita senza ricorrere a mezzi meccanici. Tali sistemi sono strettamente integrati all'edificio e ne utilizzano spesso le parti strutturali, il che comporta un approccio progettuale diverso da quello tradizionale; inoltre essi sono fortemente condizionati dalle situazioni climatiche in cui devono operare, per cui non è possibile immaginare un sistema ottimale in astratto.

Già fin dai tempi più antichi erano stati individuati mate-

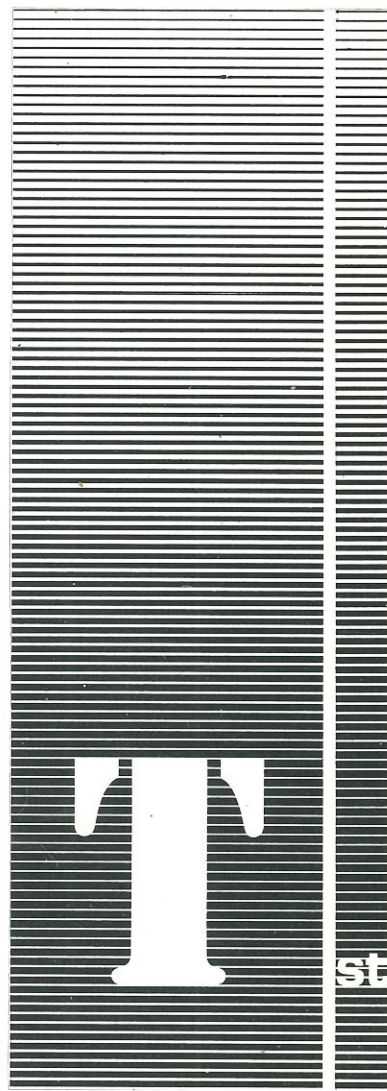
riali idonei a realizzare una architettura passiva, dalla terra ai mattoni seccati al sole, ed oggi, di fronte alla crisi energetica, il problema è oggetto di ricerche sistematiche. In questo campo, le caratteristiche di capacità termica del laterizio lo rendono adatto come dispositivo di accumulo (funzione che può essere associata a quella portante), oppure, se opportunamente conformato e trattato, come dispositivo di isolamento. Inoltre, sotto forma di elemento forato, il laterizio può essere usato come supporto alla circolazione per convezione naturale dell'aria (sia calda che fredda) all'interno della struttura stessa.

Prof Arch Sergio Los, Istituto Universitario di Architettura di Venezia
Arch Natasha Pulitzer, libero professionista

Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

COSTRUIRE N. 132 - 1982

di
**Sergio Los e
Natasha Pulitzer**



Così è stato per anni dopo che il mutato ambiente energetico richiedeva nuovi equilibri.

Come sempre accade di fronte alla stranezza del problema energia, la prima risposta nel settore edilizio cercò di eludere la novità e ricorse a una serie di strategie che tentavano di esorcizzare quanto vi era di radicale dentro quel problema.

Si proposero così edifici con una coibentazione assai consistente per ostacolare le dispersioni di energia termica dall'interno all'esterno. Ma questo tipo di intervento, che prevedeva anche una omogenea riduzione delle finestrate nelle diverse facciate dell'edificio, caratteristico delle aree climatiche fredde, non prendeva in considerazione la necessità di dissipare l'energia termica sovrabbondante emessa dalle persone e dalle apparecchiature durante l'estate.

Il problema prioritario nei paesi freddi consiste nel bloccare il flusso di calore verso l'ambiente esterno, ma ciò nasconde il più generale problema posto dalla climatizzazione, e che è il mantenimento entro un intervallo determinato del flusso di energia dissipata dal corpo umano. Questo flusso dissipativo dipende dalla attività svolta dall'organismo: dovrà essere maggiore per le attività di movimento e minore per quelle sedentarie, ma è influenzato dalle mutevoli condizioni dell'ambiente circostante: in aree fredde il flusso sarà troppo grande e dovrà essere ridotto scaldando l'ambiente, nelle aree calde invece sarà troppo piccolo e — per aumentarlo — l'ambiente dovrà essere raffrescato.

Sappiamo che in condizioni normali questo flusso è caratterizzato dalla differenza tra la temperatura media del corpo di 36,5° e quella dell'aria di 20°. Ma abbiamo anche imparato che il flusso dissipativo avviene in vari modi: in parte per conduzione cedendo energia termica all'aria circostante (in qualche caso all'acqua), ma anche per convezione e radiazione. Se infatti riduciamo lo spostamento di masse d'aria intorno al corpo, bloccando la ventilazione con un involucro murario per impedire un eccessivo aumento del flusso dissipativo, il corpo trasferirà energia per radiazione alle pareti circostanti se sono più fredde.

Il flusso dissipativo è perciò articolato in trasferimento di energia per conduzione, convezione e radiazione, e la sua regolazione dovrà tener conto di questa articolazione ponendo i dispositivi adeguati. L'evoluzione biologica ha già sviluppato complessi sistemi di regolazione intrasomatici negli organismi umani e animali. Ad essi l'evoluzione culturale ha aggiunto altri sistemi che comprendono abiti, arredi, edifici, strutture insediative, ecc.; tutte queste proposte di soluzioni al problema della climatizzazione sono state riesaminate, sia pure con diverso impegno, per risolvere lo stato di crisi determinato dalla fine dell'energia facile. Ma poiché la crisi energetica interessa soprattutto i paesi industriali che si trovano in aree climatiche temperate, le risposte alla crisi appaiono finalizzate a risolvere prioritariamente i problemi caratteristici di quelle aree.

Così, dopo l'elusione rappresentata dall'isolamento del sistema edificio rispetto al suo ambiente, ne appare un'altra che, anche con energia rinnovabile, continua ad attribuire all'impianto una funzione centrale nella regolazione dell'ambiente climatico.

Le case coperte di collettori solari, con morfologie adattate alla geometria della radiazione emessa dal sole, rappresentano un modo aggiornato di progettare un impianto monumentale non molto diverso da quelli che avevano suggestionato gli architetti della rivoluzione industriale. Macchine com-

plicate per captare, convertire e distribuire l'energia solare vengono proposte in vari paesi, con un entusiasmo che andrà progressivamente calando a mano a mano che ne emergono i primi risultati.

Si propongono quindi i sistemi passivi, come integrazione degli edifici isolati e degli edifici solari. La casa diventa un collettore solare combinando sinergicamente le esperienze di una razionale coibentazione dell'involucro edilizio con quelle della captazione e accumulo dell'energia del sole. Ma anche in questo caso si tende a eludere il problema generalizzando per tutte le località tecnologie sviluppate in aree specifiche. Ne emerge un nuovo stile internazionale « bioclimatico » che propone dovunque dispositivi costruiti in funzione di uno specifico ambiente geografico. Un'altra elusione infine pretende che nei sistemi passivi l'involucro edilizio venga regolato automaticamente, considerando assai improbabile la capacità dell'abitante di controllare consapevolmente il proprio intorno climatico.

Il progetto per un uomo passivo rappresenta un'altra concezione caratteristica di società nelle quali il culto per l'efficienza dei dispositivi meccanici ha sistematicamente attenuato qualsiasi risposta originale al problema della climatizzazione. Quattro strategie mancate, quattro forme di elusione: la prima, orientata verso la costruzione di un sistema isolato dal suo ambiente, dimentica il comportamento dinamico dell'edificio sollecitato da mutevoli condizioni ambientali e l'obiettivo prioritario della climatizzazione, che consiste nel garantire uno stabile flusso dissipativo al corpo umano; la seconda tende a conservare all'impianto la funzione centrale di regolazione dell'intorno climatico, anche se questo viene alimentato da risorse rinnovabili quali l'energia solare; la terza diffonde una concezione dell'architettura bioclimatica come stile internazionale che induce a proporre per aree dove il problema principale è il raffrescamento, soluzioni sviluppate per climi che al contrario richiedono riscaldamento; la quarta continua ad escludere la partecipazione del proprio intorno climatico.

Se ricordiamo il grattacielo di vetro, completamente isolato dal suo ambiente e uguale dovunque, vediamo che queste quattro forme di elusione rappresentano altrettanti tentativi per conservare qualcosa di quella attrezzatura: il suo isolamento oppure la centralità dell'impianto, la sua uniformità anche in paesi differenti, o l'automazione completa che esclude qualsiasi intervento dell'utente.

3. Funzioni energetiche meccaniche e termiche

Si ritiene normalmente che in un edificio le funzioni energetiche termiche siano separate da quelle

**Architettura e terra:
tecnologie
del laterizio
nell'architettura
bioclimatica**

energetiche meccaniche. Lo studio termodinamico di un sistema per simulare le prestazioni energetiche rivela continue sovrapposizioni tra queste funzioni; così nell'edilizia bioclimatica risulta molto difficile separare i dispositivi per la climatizzazione da quelli della struttura.

L'edificio tradizionale costituiva un assemblaggio di componenti predisposti a svolgere una funzione specifica, l'edificio bioclimatico, o passivo, diviene un sistema complesso organizzato per fornire prestazioni molto differenziate.

Nel primo caso la progettazione dei vari componenti avviene separatamente, come se potessero funzionare in modo indipendente l'uno dall'altro, e non esistesse coordinamento funzionale tra loro, ma solo metrico dimensionale; nel secondo le interazioni coinvolgono aspetti funzionali e morfologici

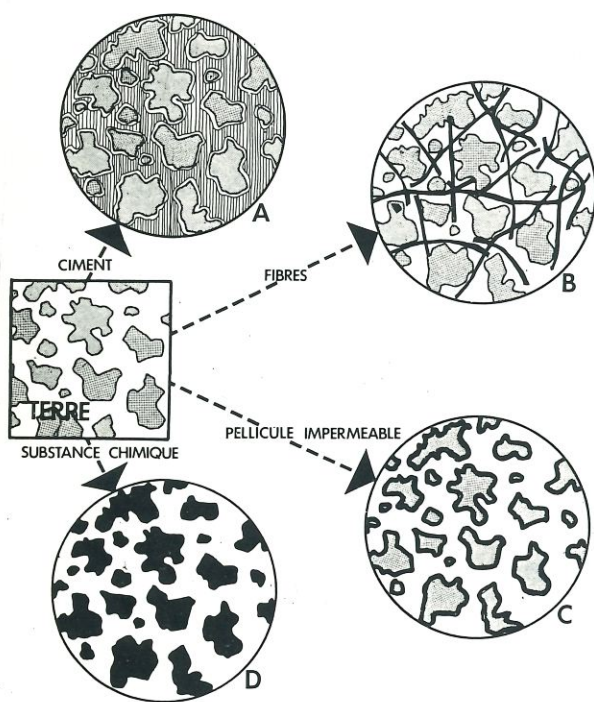


Figura 1 - Schema dei diversi procedimenti per stabilizzare a freddo una terra.

di
**Sergio Los e
Natasha Pulitzer**

tanto da rendere assai difficile la loro separazione. Per tener conto di questa necessaria integrazione tra i vari dispositivi del sistema edificio abbiamo formulato un'ipotesi di articolazione in sottosistemi per trovare una base comune alle differenti funzioni svolte:

— sottosistema struttura portante: svolge la funzione meccanica di sostenere le varie parti dell'edificio conservandone le relazioni spaziali, e la funzione energetica di accumulare mediante la propria massa l'energia prodotta o immessa trasferendone gli effetti nel tempo;

— sottosistema tamponamenti esterni opachi: molto spesso la funzione energetica di isolare lo spazio

interno rispetto all'ambiente, svolta arrestando i trasferimenti di energia tra questi, è combinata con funzioni meccaniche di resistenza alle sollecitazioni del vento e degli urti, e di consistenza;

— sottosistema tamponamenti esterni trasparenti: il funzionamento energetico di un edificio è molto influenzato dalle dimensioni, dalle disposizioni e dal tipo delle finestrate. La possibilità di captare energia dal sole, ma anche di disperderla per infiltrazioni, conduzione e irraggiamento, rende assai interessante lo studio del componente finestra, con i vari dispositivi per controllare i trasferimenti di energia termica (tende, scuri, schermature mobili, serrande, veneziane). Anche gli infissi svolgono la funzione meccanica di resistere a sollecitazioni e urti;

— sottosistema partizioni e rivestimenti interni: la funzione energetica consiste nel regolare la temperatura superficiale delle pareti che avvolgono l'intorno ambientale, e quella meccanica riguarda ancora la resistenza a sollecitazioni e urti;

— sottosistema impianti termici: fornisce prestazioni energetiche in funzione dei requisiti di climatizzazione relativi alle condizioni dell'ambiente esterno.

Vedremo in che modo le tecnologie del laterizio si possono applicare per svolgere nei vari sottosistemi le due funzioni energetiche meccaniche e termiche. Poiché una sezione di questo Convegno (*) è impegnata nei problemi relativi al funzionamento strutturale dei componenti edilizi realizzati con laterizi, d'ora in avanti ci occuperemo prevalentemente del funzionamento energetico termico.

4. Le tecniche di lavorazione della terra

Il laterizio comprende una gamma di prodotti, impiegati nelle costruzioni dall'architettura primitiva a quella contemporanea, molto ampia i cui confini non sono nettamente stabiliti. Si possono identificare così materiali e componenti le cui caratteristiche, affini a quelle dei laterizi, sono peraltro differenti.

Da sempre e dovunque l'uomo ha impiegato la terra per costruire la propria casa, e l'ha fatto in vari modi. Il laterizio comprende prodotti di varia forma e grandezza, pieni e forati, di argilla cotta. Da una parte si trovano mattoni di argilla seccata al sole, terra pressata o resa compatta mediante aggiunta di calce, o semplicemente terreno riportato oppure scavato. Dall'altra sabbie e terre speciali cotte a temperatura più alta per ottenere mattonelle da rivestimento, o vetri.

Di fronte alla crisi energetica, in molti paesi l'impiego delle terre argillose come materiale costruttivo è

(*) XV Congresso Nazionale ANDIL - 1980.

stato oggetto di ricerche sistematiche: l'interesse per materiali riciclabili, non inquinanti, disponibili localmente, che permettessero una drastica riduzione dei consumi energetici nel processo produttivo oltre che nel funzionamento, ha condotto ad una rivalutazione di tecnologie costruttive che hanno origini molto antiche. Le attuali conoscenze scientifiche e tecniche hanno apportato alcune modifiche innovative trasformando queste tecnologie arcaiche in tecnologie di grande attualità e interesse.

Per secoli l'unico modo conosciuto per stabilizzare i materiali argillosi era quello della semplice essiccazione al sole o per compressione del terreno in casseforme; il materiale così ottenuto aveva però scarse caratteristiche fisiche.














Abbiamo classificato le tecniche d'impiego della terra in tre categorie (TAV. 1):

- terra non lavorata;
- terra lavorata e stabilizzata a freddo;
- terra lavorata e stabilizzata a caldo.

Nella tavola 1 sono raggruppati i modi di « messa in opera » della terra, in rapporto allo « stato » del materiale nel momento della sua utilizzazione: stato solido, liquido, plastico e secco.

Se la terra, una volta seccata, presenta le stesse

Tavola 1 - Tecniche di impiego della terra.

Terre non remaniée	Etat solide	<ul style="list-style-type: none"> ● TERRE EXCAVEE →  Habitat troglodytique ● MOTTES DE GAZON DECOUPEES →  Sod ● TERRE DECOUPEE →  Blocs découpés en carrière
	Etat liquide	<ul style="list-style-type: none"> ● TERRE COULEE DANS UN COFFRAGE →  Mur monolithe Banché coulé ● TERRE COULEE DANS UN MOULE →  Briques Adobe
	Etat plastique	<ul style="list-style-type: none"> ● TERRE MOULEE →  Briques Adobe ● TERRE FAÇONNEE →  Briques Adobe ● TERRE FAÇONNEE EN PLACE →  Mur monolithe 'au colombin' Façonnage direct ● TERRE EMPILEE EN PLACE →  Mur monolithe Bauge ● TERRE FAÇONNEE SUR ARMATURE →  Mur composite Torchis
Terre remaniée	Etat sec	<ul style="list-style-type: none"> ● TERRE COMPACTEE DANS UNE BANCHE →  Mur monolithe Pisé ● TERRE COMPACTEE DANS UN MOULE →  Blocs Blocs damés ● TERRE COMPRESSEE →  Briques Briques compressées

**Architettura e terra:
tecnologie
del laterizio
nell'architettura
bioclimatica**

**di
Sergio Los e
Natasha Pulitzer**

In Francia, Inghilterra e Stati Uniti sono stati recentemente sviluppati degli studi sull'impiego di particolari additivi naturali o artificiali per stabilizzare « a freddo » la terra, ottenendo così dei materiali le cui proprietà sono molto simili a quelle dei laterizi stabilizzati « a caldo » (fig. 1).

La qualità strutturale è senz'altro inferiore: il materiale prodotto a freddo non ha la stessa resistenza meccanica di quello prodotto a caldo. Se però si considera l'uso corrente che del laterizio viene fatto, si può notare che in molti casi esso lavora in condizioni ben al di sotto delle sue possibilità energetiche strutturali.






caratteristiche fisiche indipendentemente dal modo con cui è stata utilizzata, il grado di umidità o di plasticità del materiale influenza fortemente la sua « messa in opera »: variano le tecniche costruttive, i tempi di essiccazione, i costi, la quantità di energia consumata.

L'architettura bioclimatica ripropone molte di queste « tecnologie alternative » sia per il loro ridotto costo energetico di produzione che per le prestazioni energetiche termiche proprie dei materiali derivati dalla terra (massa, inerzia termica).

La scelta di un sistema costruttivo piuttosto di un altro è influenzata da molti fattori diversi fra loro:

Figura 2 - Principali aree climatiche.

CLIMATES
after Olgyay from Köppen

-  hot and humid
-  hot and arid
-  temperate
-  cool
-  polar

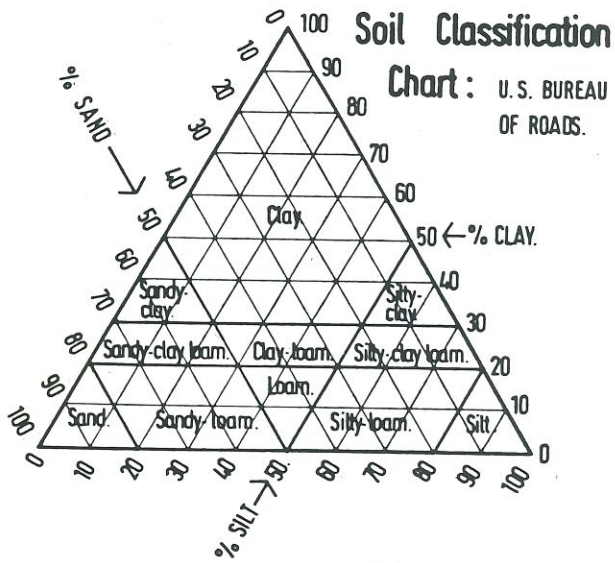
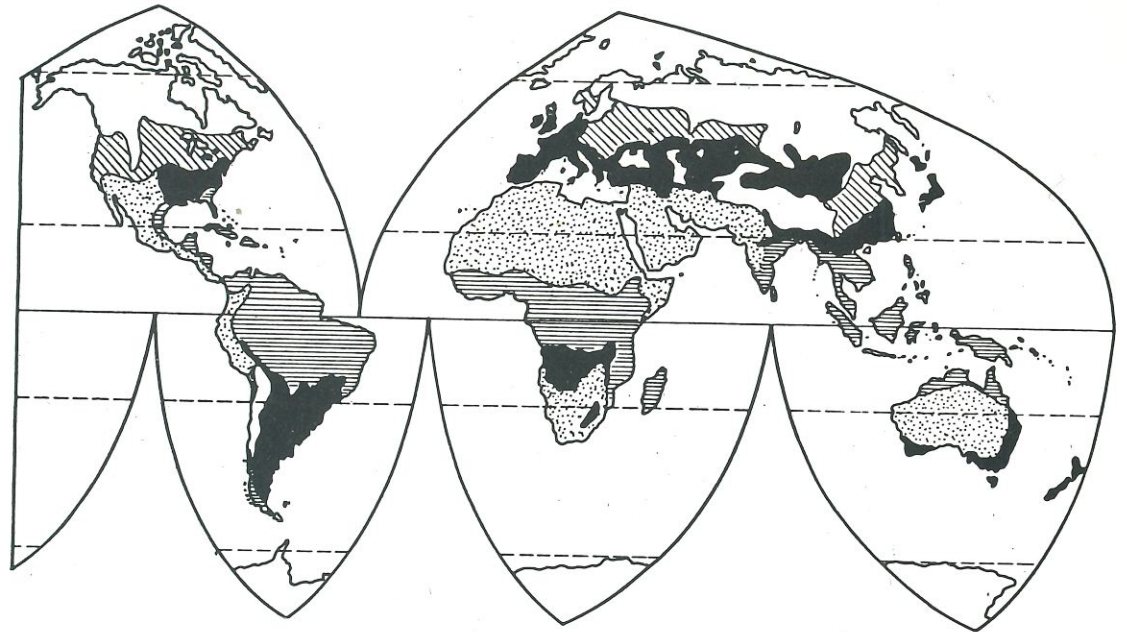


Figura 3 - Classificazione dei terreni secondo le loro qualità fisiche.

— l'area climatica nella quale verrà costruito l'edificio (area fredda, temperata, caldo-secca, caldo-umida) (fig. 2);

— le qualità fisiche del terreno disponibile localmente (contenuto di argilla, sabbia, limo) (fig. 3);

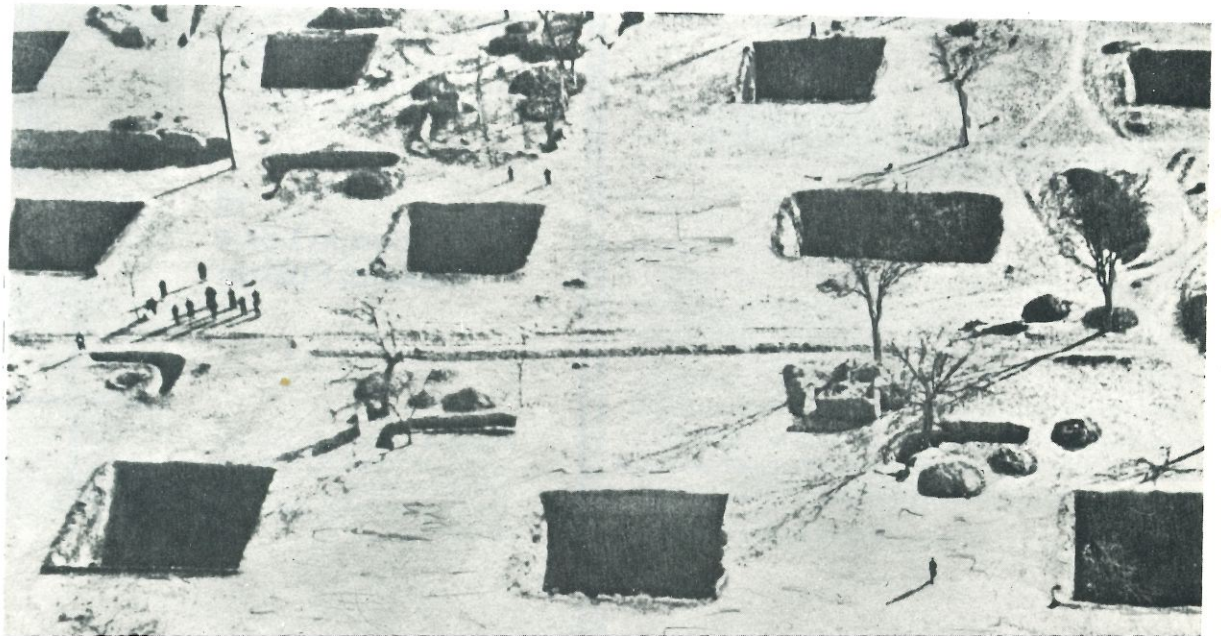
— le funzioni energetiche strutturali che il materiale deve svolgere (parete portante, di tamponamento, solaio, copertura, rivestimento, pavimento);

— le funzioni energetiche termiche (isolamento, captazione, accumulo, diffusione);

— il costo della mano d'opera (si prevede un cantiere di tipo tradizionale o l'autocostruzione);

— le tecnologie costruttive (impiego di materiali prodotti fuori opera quali mattoni, pannelli prefabbricati, o in opera).

Figura 4 - Case affondate nel suolo per difendersi dalle alte temperature (Cina del nord).



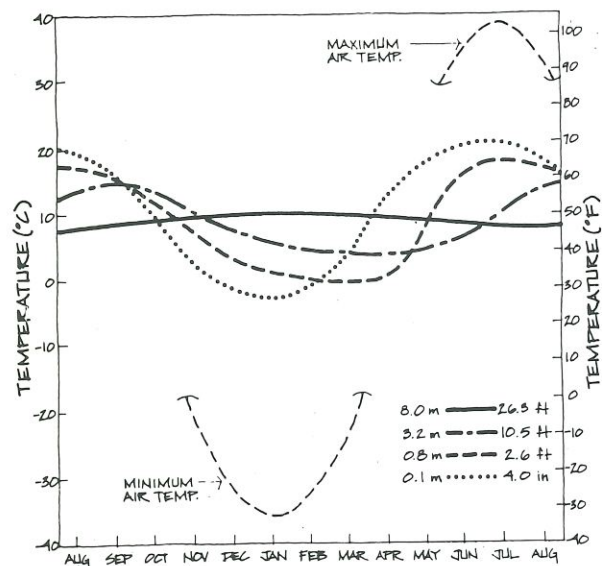
5. Architettura e terra

5.1. Terra non lavorata

Il tema delle case integrate al suolo si ritrova nelle più diverse situazioni culturali e/o storiche, per ragioni che si possono prevalentemente attribuire a fattori climatici o, più generalmente, ambientali.

Gli insediamenti trogloditi o i villaggi sotterranei della Cina del Nord rappresentano modi antichissimi di costruire case sotterranee, affondate nel suolo per difendersi dalle alte temperature (fig. 4).

Questo sistema ritorna oggi ad essere uno dei temi preferiti dell'architettura bioclimatica, non per il gusto di un ritorno nostalgico al passato ma per un interesse dettato invece da precise considerazioni

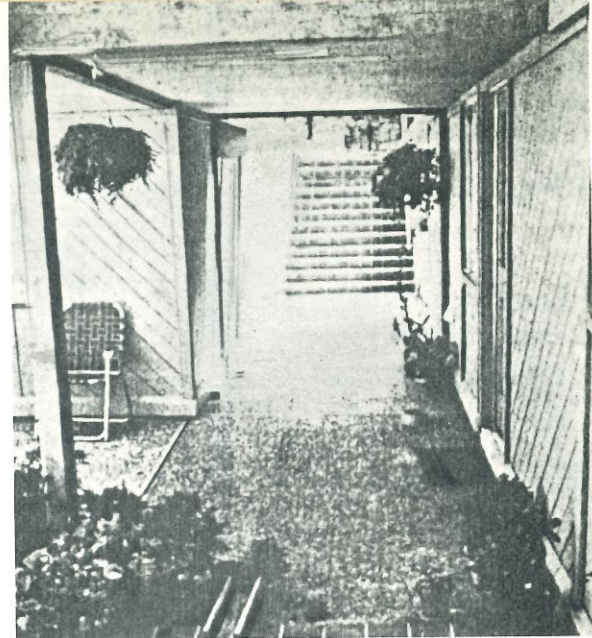


sull'ottimizzazione delle prestazioni termiche dell'edificio finalizzato al risparmio energetico. Nelle costruzioni fuori terra, lo spreco energetico è determinato dal surriscaldamento o raffreddamento indesiderati dell'ambiente circostante. Riducendo perciò la trasmissione del calore dal, o all'ambiente esterno, si riduce la quantità di energia necessaria a mantenere costanti le condizioni desiderate. Il modo più economico di realizzare grosse masse è perciò proprio quello di sfruttare le caratteristiche stesse del suolo che, a certe profondità o per certi spessori di terrapieni, elimina quasi completamente gli sbalzi di temperatura (fig. 5).

Negli Stati Uniti le case passive sotterranee di Malcolm Wells nel New Jersey, William Morgan in Florida e George Maxwell nel Texas rappresentano una vera e propria « tendenza » (fig. 6).

Tutti sappiamo che nelle cantine tradizionali si può

Figura 6 - Esempio di architettura sotterranea (Bordie residence - G. Maxwell - Texas, USA).



Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

Figura 5 (a sinistra) - Andamento della temperatura nel terreno nel corso dell'anno a varie profondità.

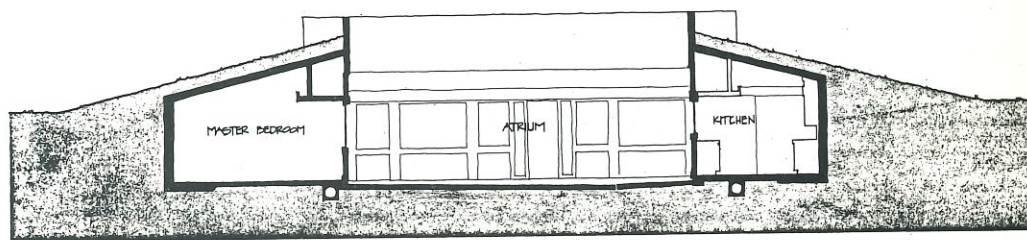
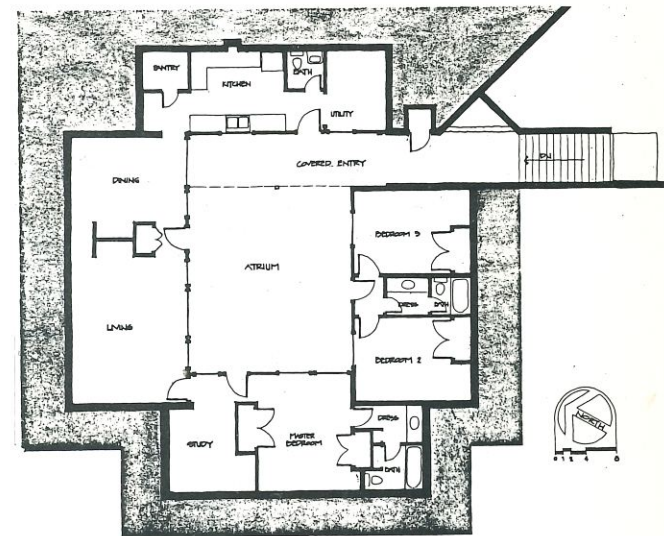
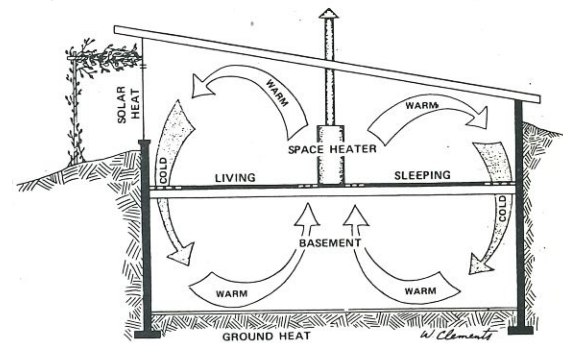
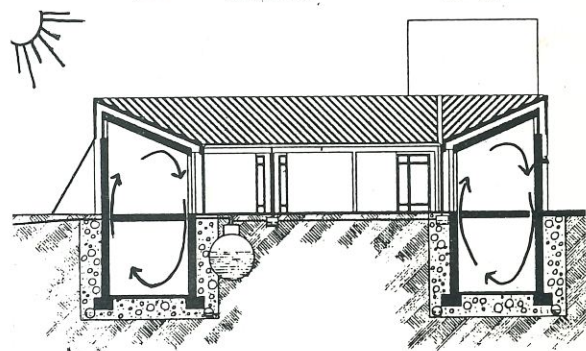


Figura 7 - Casa passiva studiata da W. Thomas nell'anno 1948.



di Sergio Los e Natasha Pulitzer

Figura 8 - Casa in Bassano dove è stato applicato il principio illustrato in figura 7, ottenendo soddisfacenti risultati soprattutto nei mesi estivi.



contare su una temperatura media costante di 7-8°C.

Uno dei primi progetti di case passive, studiato da W. Thomas nel 1948, sfrutta appunto questo principio. La costruzione è quasi completamente interrata; la terra ricavata dallo scantinato è stata addossata alle pareti est, ovest e nord, mentre quella esposta a sud si affaccia al sole. Il piano abitato si

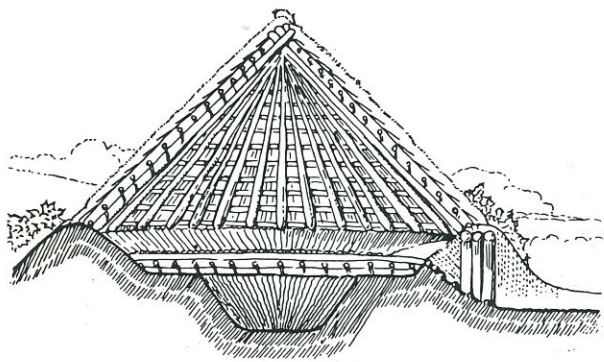


Figura 9 - Capanna parzialmente interrata del periodo neolitico nella Colchide, adatta a climi particolarmente freddi (da Vitruvio).

Figura 10 - « Berm Type house », progettata da Frank Lloyd Wright nel 1941.

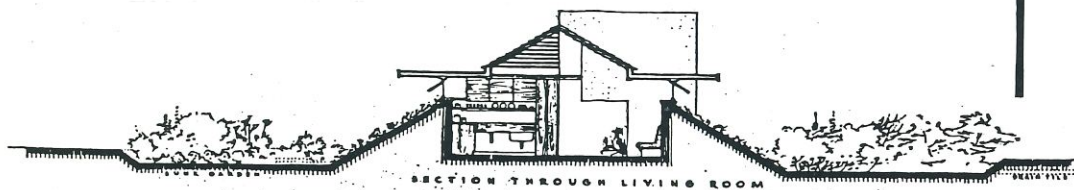
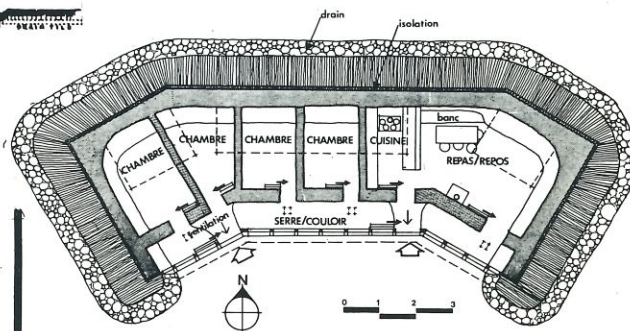
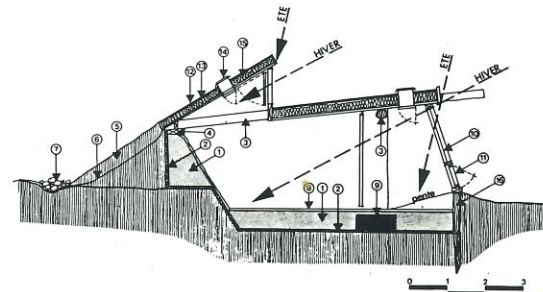


Figura 11 - « Solar Hemicycle house » nel Wisconsin, protetta da uno spesso terrapieno contro il freddo ed il vento.



1. TERRE COMPACTEE
2. ISOLATION POLYSTYRENE
3. POITRE
4. PANNE
5. REMBLAI RAPPORTE
6. FILM ETANCHE
7. DRAIN
8. BRIQUES DE SOL
9. FONDATION DU - MUR-TROMBE -
10. FILM TRANSLUCIDE
11. CONTRE-PLAQUE AVEC ETANCHEITE
12. PLAQUE DE METAL NERVUREE
13. VENTILATION
14. LAINE DE VERRE
15. PIEUX EN BOIS

Figura 12 (a destra) - Nella « Karen Terry house » (D. Wright e K. Terry), parzialmente interrata, sono stati sfruttati più principi.



La « Karen Terry house », progettata da D. Wright e K. Terry, rappresenta un esempio di architettura solare-passiva parzialmente interrata di particolare interesse per la sua complessità. In essa si sovrappongono vari principi: l'effetto serra, il muro Trombe, l'inerzia della terra pressata e una morfologia che riduce il coefficiente di forma e le dispersioni termiche (fig. 12).

dispone a mezza altezza nella parte più alta, dove si trovano gli strati più caldi di aria. L'aria circola, per convezione naturale, fra lo scantinato e il piano abitato (fig. 7).

Abbiamo applicato questo semplice principio di regolazione della temperatura nella nostra casa di Bassano, ottenendo un buon risultato soprattutto nei mesi estivi (fig. 8).

La Scuola Materna di Crosara, progettata nel 1973, propone in Italia questo tipo di concezione. L'edificio parzialmente interrato e il terreno riportato sul piano di copertura riducono al minimo le dispersioni, mentre nel lato sud una serra a doppia altezza capta la radiazione solare (fig. 13).

L'integrazione delle case con il suolo permette infine di sfruttare soluzioni di raffrescamento convettivo in climi caldi, tecnica questa già conosciuta nella costruzione Pueblos (fig. 14) e recentemente sviluppata come uno dei modi di raffrescamento passivo più efficace e semplice (fig. 15).

Les Outils du Piseur

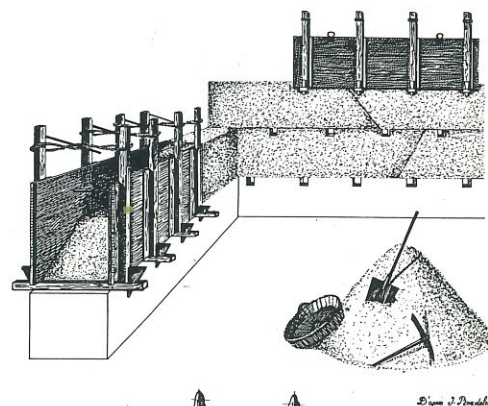
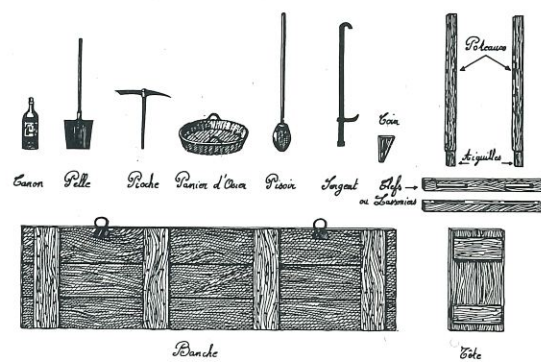


Figura 13 - Scuola Materna di Crosara (Progetto Sergio Los 1972).

Figura 14 - Capanna Pueblo.

di Sergio Los e Natasha Pulitzer

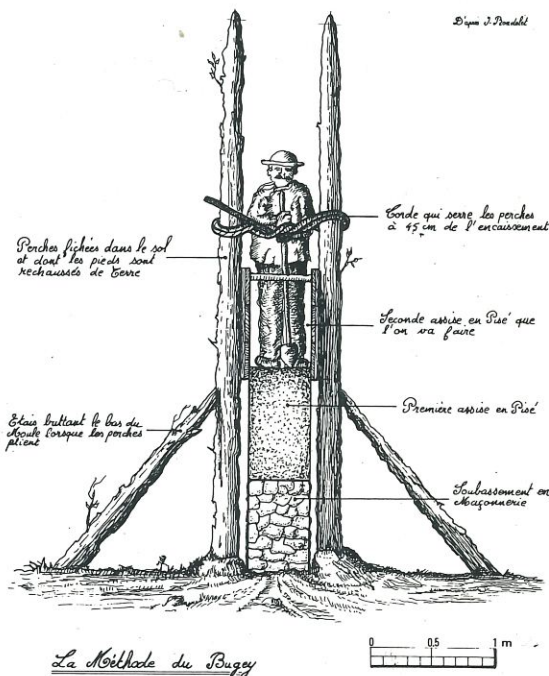


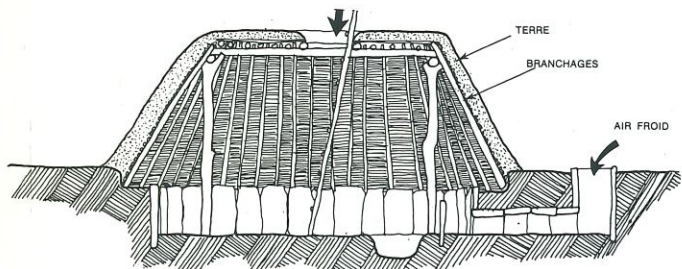
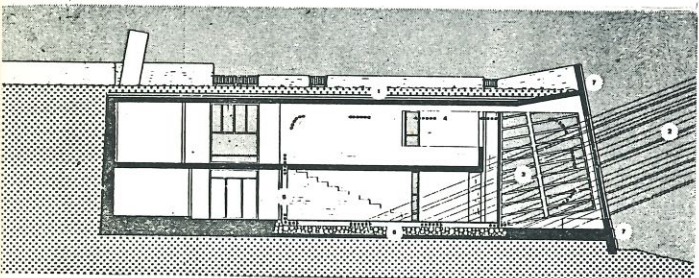
Figura 16 (a destra) - Compressione della terra in casseforme.

5.2. Terra stabilizzata a freddo

La maggior parte dei sistemi passivi presuppone edifici caratterizzati da una grande massa e da una bassa conduttanza.

La terra stabilizzata a freddo è un materiale particolarmente indicato per la costruzione di edifici con questi requisiti.

Le tecniche di lavorazione maggiormente sviluppate sono: il getto in opera, mediante casseforme, di materiale terroso, e la prefabbricazione di blocchi



Isolated loss

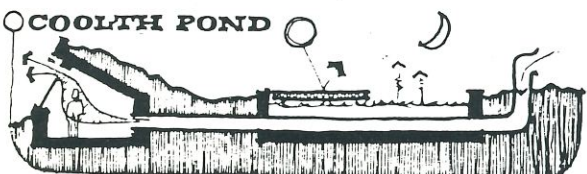
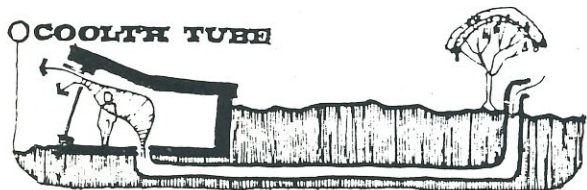


Figura 15 - Alcune tecniche di raffrescamento passivo.

di terra. Le ricerche in questo campo permettono di riutilizzare, migliorandone le prestazioni energetiche strutturali e termiche, un certo numero di tecnologie costruttive tradizionali, legate all'utilizzazione della terra, tutt'ora ampiamente diffuse nel bacino del Mediterraneo (Marocco, Egitto, Algeria) e nell'America Latina.

La tecnica della lavorazione della terra compressa in casseforme (*pisé* per i francesi, *rammed* per gli inglesi) sembra fosse conosciuta già dagli antichi Romani, e si sviluppò in modo particolare intorno al

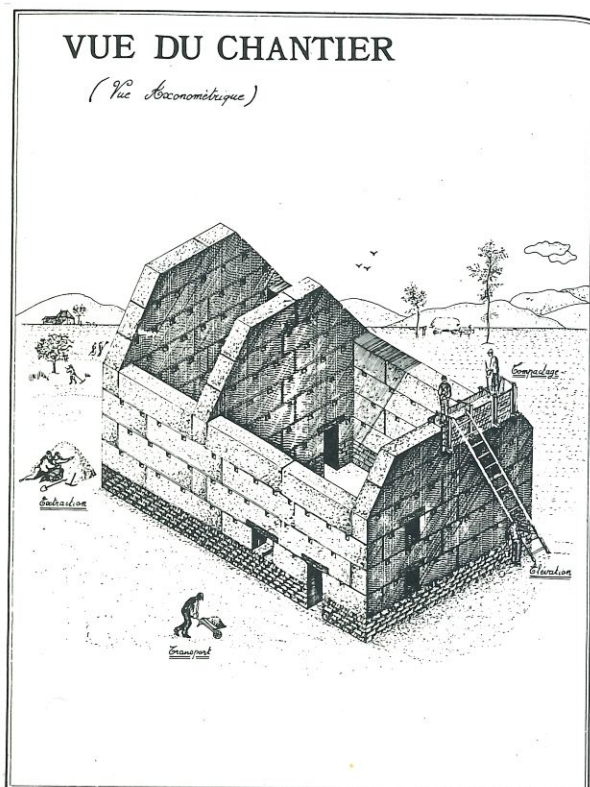
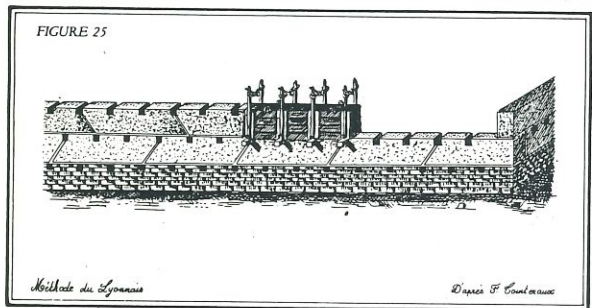
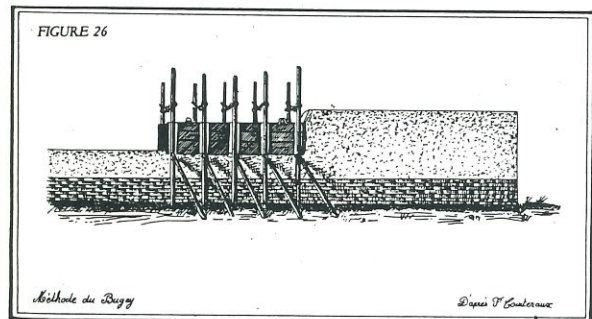
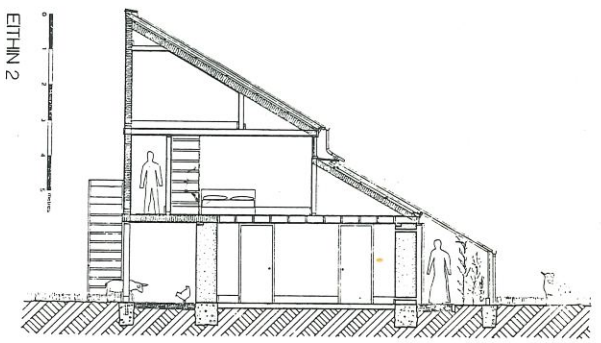
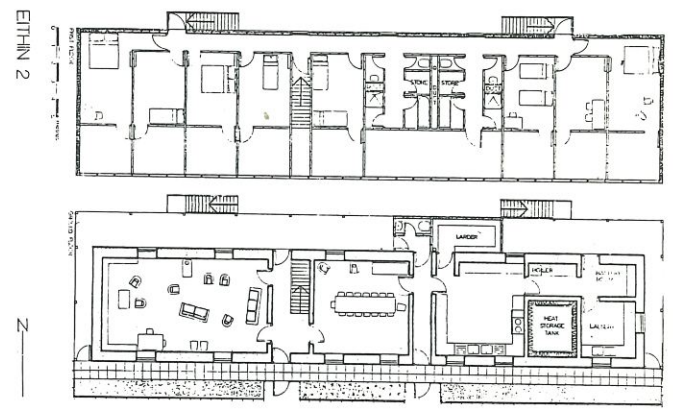
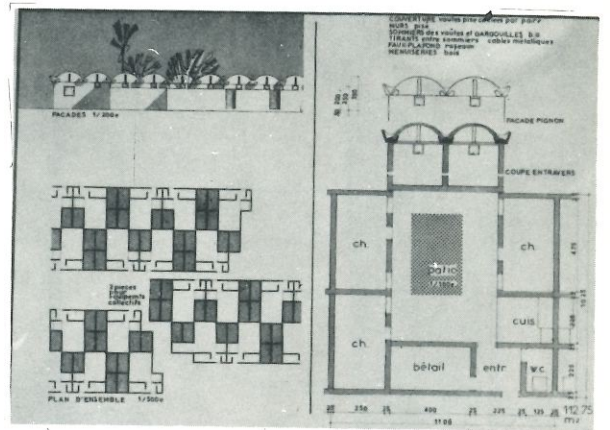
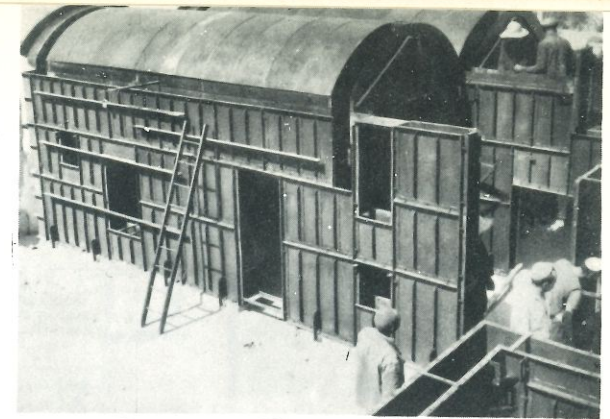


Figura 18 - Progetto del CERF per Ouarzazette, Marocco (1967) per la costruzione di edifici mediante un conglomerato di terra additivata gettato in casseforme metalliche.



Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

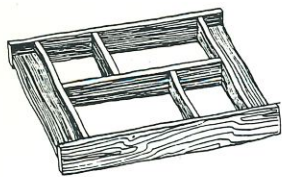
Figura 19 - Edificio con serra realizzato in terra additivata, progettato dalla Technical Research Division dell'Università di Cambridge.

Figura 17 - Costruzioni eseguite mediante terra compressa in casseforme.

XVIII secolo in Francia, Germania, Danimarca, Marocco, Perù e Cina (figg. 16 e 17).

Recentemente in Francia e in Inghilterra è stata studiata la possibilità di utilizzare un conglomerato di terra argillosa, sabbia e acqua, stabilizzate a freddo con particolari additivi scelti in base alla composizione specifica del terreno, gettato in casseforme metalliche (fig. 18).

Nel 1973 la Technical Research Division dell'Università di Cambridge, nell'ambito di una ricerca sulle tecnologie appropriate e l'uso di materiali indige-



MOULE D'ADOBE
permettant de réaliser deux
briques entières et deux demi-
briques simultanément.

MOULAGE
1) damage à la main. — 2)
nivelage. — 3) démoulage.

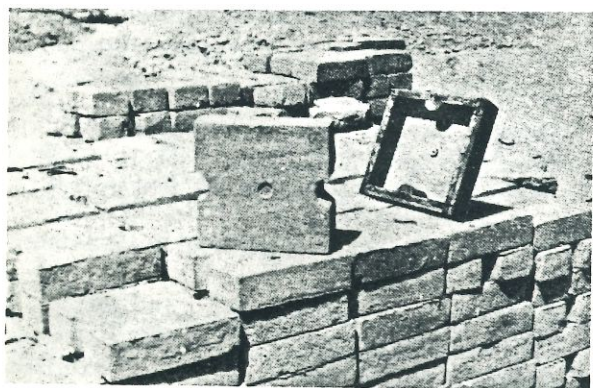
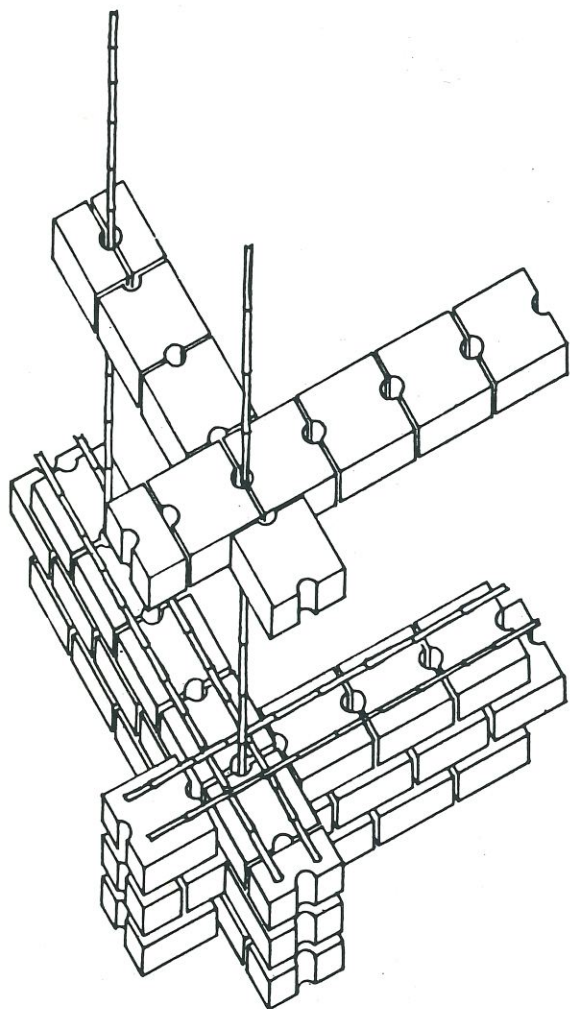
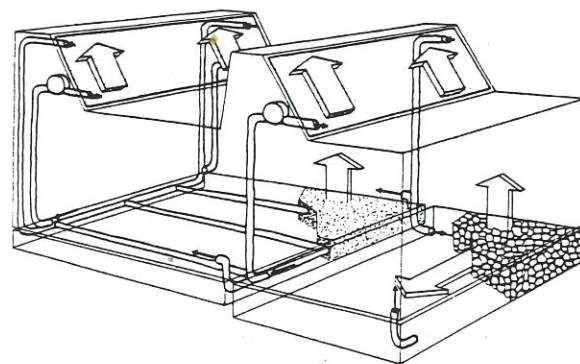


Figura 20 - Fabbricazione ed esempio di impiego del mattone « adobe », tipico materiale locale del Nuovo Messico.

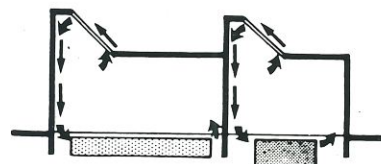
ni, ha progettato un edificio con serra, che doveva essere costruito interamente con questo sistema in un campus dell'Università (fig. 19).

Ricerche analoghe sono in corso anche in molti paesi degli Stati Uniti. Per esempio il Solar Energy Group del Los Alamos Scientific Laboratories, dell'Università della California, sta studiando le potenzialità d'uso, in termini economici ed energetici, di un tipico materiale locale del Nuovo Messico, l'« adobe », mattone cotto al sole. Di facile produzione, economico, plasmabile in varie forme, esso si presta a molteplici sistemi costruttivi e si adatta alle situazioni morfologiche più diverse (fig. 20).

di
**Sergio Los e
Natasha Pulitzer**



JOUR



NUIT

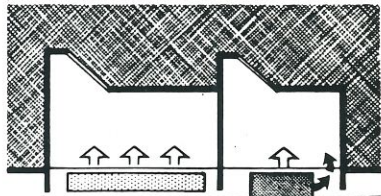
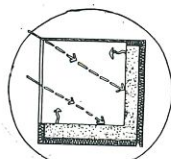


Figura 21 (a destra) - Casa di Florance e Peter Van Dresser a Santa Fé, Nuovo Messico (1958).

Ed è proprio di questo materiale che sono costruite la maggior parte delle case « passive » più famose.

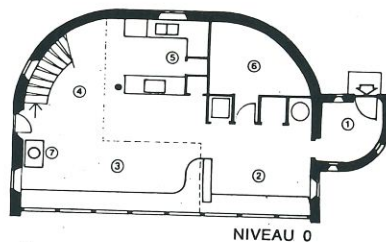
Uno dei primi esempi di sistema solare passivo è rappresentato dalla ristrutturazione di una vecchia casa messicana in adobe. Peter Van Dresser, pioniere dei sistemi solari « passivi », ha associato alcuni semplici principi di circolazione per convezione naturale dell'aria scaldata in pannelli integrati alla copertura, alle proprietà della massa termica dei muri e del basamento per l'accumulo (fig. 21).

Questo edificio ha influenzato molti sistemi solari passivi sperimentali del Nuovo Messico, oggi dive-

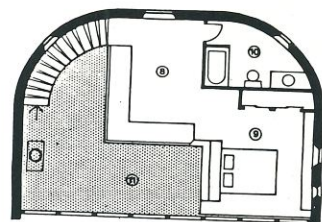


Captazione diretta

- ① NIVEAU 0
- ② BAINS
- ③ CHAMBRE
- ④ BUREAU
- ⑤ POELE A BOIS
- ⑥ RESERVE
- ⑦ CUISINE
- ⑧ REPAS
- ⑨ SEJOUR
- ⑩ SERRE
- ⑪ SAS



NIVEAU 0



NIVEAU 1



PLAN

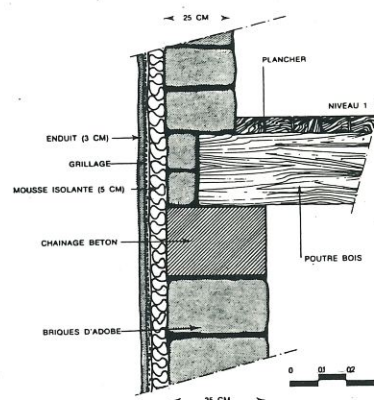
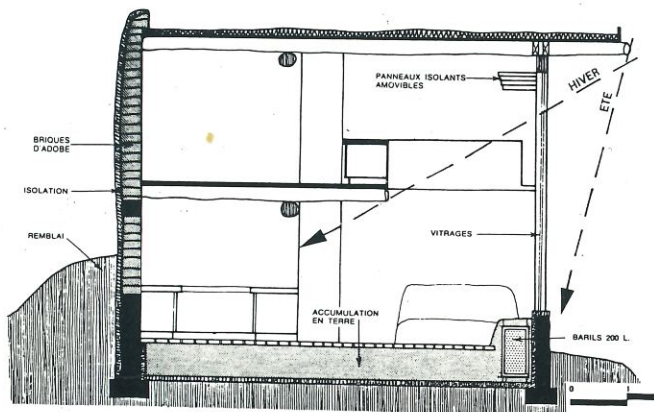


Figura 22 - David Wright House.

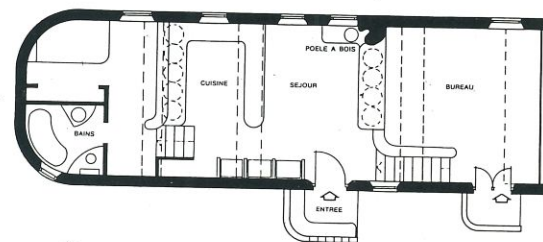
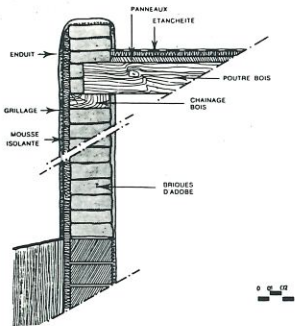
Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

nuti un modo quasi corrente di costruire, uno « stile » architettonico specifico.

* * *

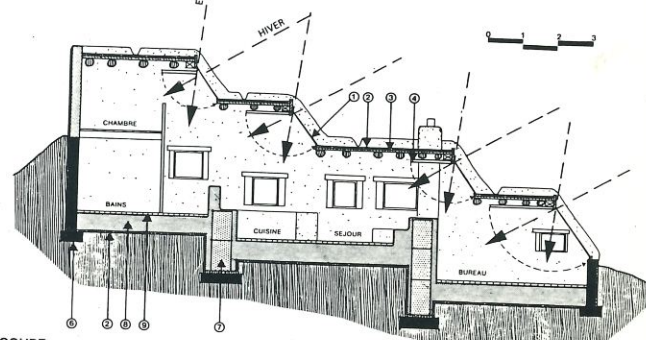
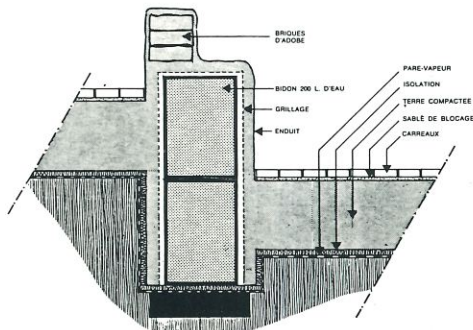
Le diverse possibili relazioni fra energia solare, massa di accumulo e ambiente abitato permettono

di classificare le architetture solari passive nei tre ben noti sistemi: captazione diretta, captazione indiretta e captazione separata. Useremo questo schema di riferimento per descrivere alcuni edifici nei quali l'uso dell'adobe per la captazione, accumulo e diffusione della energia termica ci sembra particolarmente interessante.



0 1 2 3

Figura 23 - Terry House. Due progetti di David Wright realizzati nel Nuovo Messico.



COUPE

- 1) vitrage. — 2) isolation polystyrène. — 3) panneau de bois. — 4) volet isolant ouvrant. — 5) muret en terre. — 6) fondations et mur en béton. — 7) fûts métal 200 l. remplis d'eau. — 8) terre compactée. — 9) briques de sol posées sur sable.

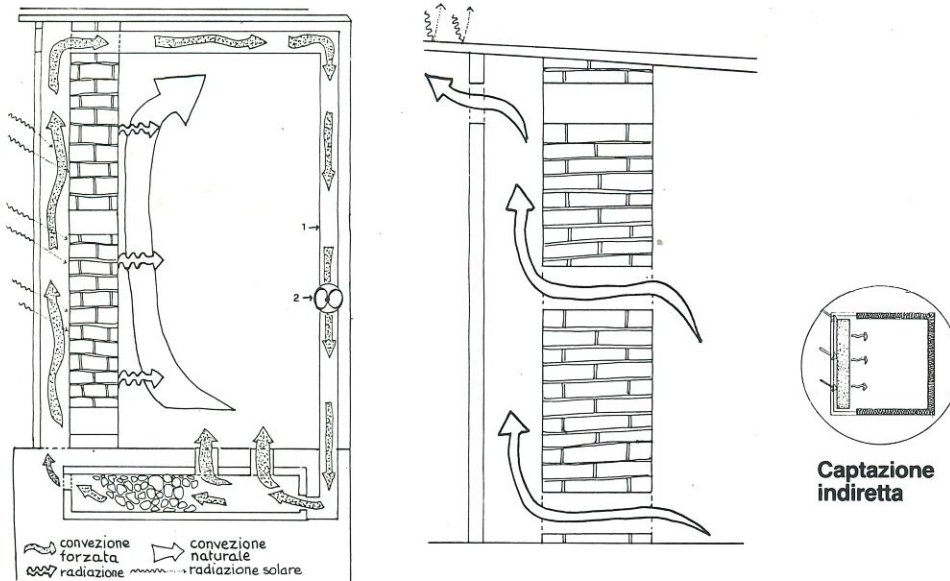


Figura 24 - Hunn House - New Mexico. Muro Trombe costruito in adobe.

Captazione diretta

La figura 22 mostra una casa con captazione diretta dell'energia solare: questa, dopo aver attraversato la vetrata, viene accumulata dal pavimento; lo sbalzo della copertura sulla vetrata ha lo scopo di schermare la vetrata stessa dalla radiazione solare durante l'estate, quando il sole è molto alto sull'orizzonte.

La figura 23 rappresenta una casa nella quale la captazione avviene invece attraverso la copertura.

Captazione indiretta

Il muro Trombe rappresenta uno dei sistemi più noti

di captazione indiretta. Le figure 24 e 25 illustrano due esempi di diversa applicazione di questo principio.

Nella figura 25 è inoltre indicato lo schema di funzionamento estivo ed invernale sia di giorno che di notte.

Captazione separata

La figura 26 mostra un esempio di serra integrata all'edificio. L'energia termica captata dalla serra in parte viene accumulata nel muro di adobe che separa la serra dalla casa, riscaldando quest'ultima di notte per irraggiamento, ed in parte viene accumulata nel basamento per effetto dell'aria calda che attraversa il tetto e le pareti.

Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

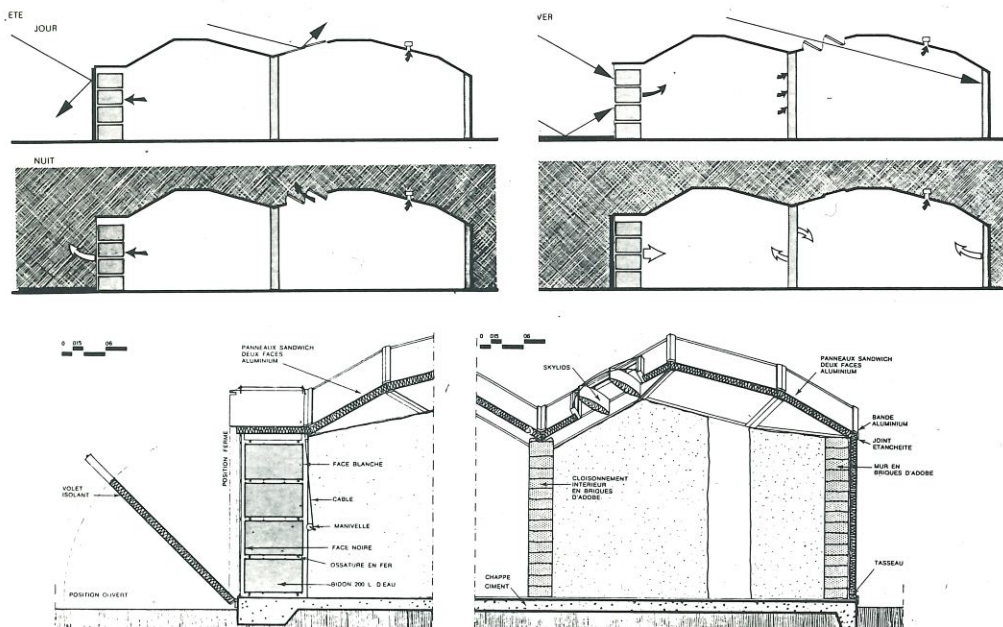
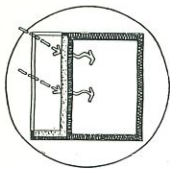


Figura 25 - Steve beer house - New Mexico - Struttura portante in adobe, Trombe ad acqua per la captazione solare indiretta.



Captazione separata

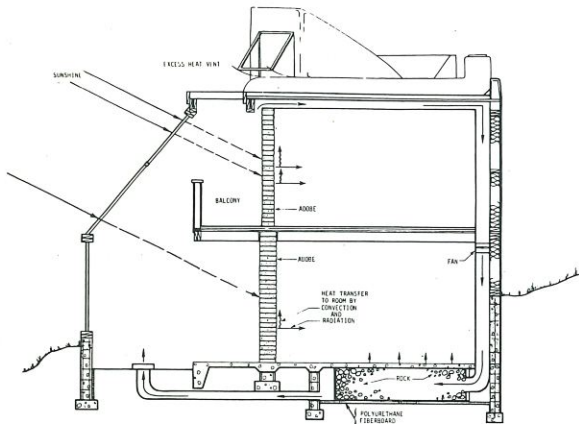
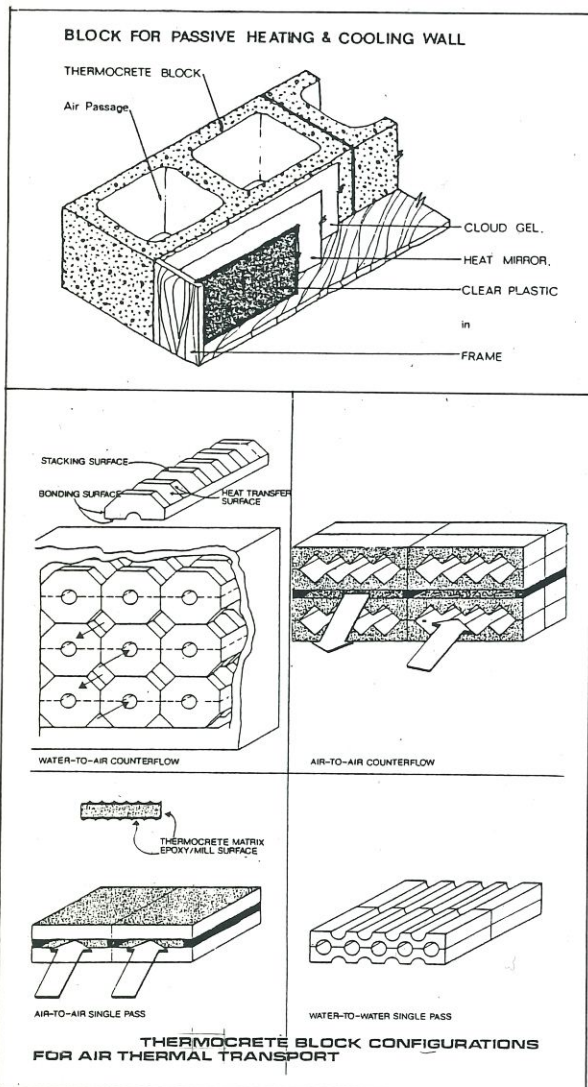


Figura 26 - Balcom House, New Mexico.

Tabella 1 (a destra) - Proprietà termiche di alcuni materiali termo-accumulatori.



di
**Sergio Los e
Natasha Pulitzer**

Figura 27 - Blocchi e pannelli cavi termoaccumulatori in cemento studiati negli Stati Uniti: tali materiali potrebbero senza particolari difficoltà essere realizzati in laterizio.

5.3. Terra stabilizzata a caldo

La maggior parte degli edifici bioclimatici passivi che si trovano negli Stati Uniti e in Europa sono costruiti con murature di terra stabilizzata a freddo o di cemento.

Esistono tuttavia notevoli campi di applicazione del laterizio non ancora esplorati, che lo renderebbero insostituibile per realizzare determinati sistemi di architetture bioclimatiche.

Cercheremo di interpretare questo fenomeno, considerando poi gli aspetti innovativi e sperimentali che potrebbero svilupparsi nell'ambito delle ricerche sul laterizio.

L'accumulazione e la regolazione del calore in un edificio in muratura rappresentano il problema principale che un progettista deve affrontare. Sia nei si-

Materiale	Conducibilità (W/m °C)	Calore specifico (Wh/kg °C)	Peso specifico (kg/m³)
Calcestruzzo (pesante)	1,73	0,23	2.240
Mattoni (comuni)	0,73	0,23	1.920
Mattoni (con aggiunta di magnesio)	3,81	0,23	1.920
Adobe	0,52	0,28	1.700

Materiale	Spessore consigliato (cm)
Adobe	20-30
Laterizio (comune)	25-36
Calcestruzzo (pesante)	30-46
Acqua	15 o più

stemi a guadagno diretto, dove la muratura è integrata negli spazi abitati (pareti, pavimento), sia nel caso di muri solari (tipo Trombe), il rendimento del sistema dipende dalla massa termica e dalla conducibilità del materiale.

Queste due caratteristiche variano in rapporto all'area climatica e all'uso dei locali (uso continuo o intermittente).

È importante comunque ridurre le fluttuazioni di temperatura, evitando il surriscaldamento di giorno e basse temperature la notte.

Nella tabella 1 sono riportate le proprietà termiche di alcuni comuni materiali termo-accumulatori, e nella tabella 2 è indicato l'effetto del loro spessore sulle fluttuazioni della temperatura interna dell'aria.

Osservando i dati riportati nelle tabelle si nota che il

Materiale	Conducibilità termica (W/m °C)	Spessore consigliato (cm)	Fluttuazione approssimativa della temperatura interna dell'aria (°C) in funzione dello spessore del muro (1)					
			10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
Adobe	0,52	20-30	...	10,0°	3,9°	3,9°	4,4°	...
Mattoni (comuni)	0,73	25-35	...	13,3°	6,1°	3,9°
Calcestruzzo (pesante)	1,73	30-45	...	15,6°	8,9°	5,6°	3,3°	2,8°
Mattoni (con magnesio)(2)	3,81	40-60	...	19,4°	13,3°	9,4°	6,7°	5,0°
Acqua(3)	...	15 o più	17,2	10,0°	7,2°	6,1°	5,6°	5,0°

(1) Si assume che il muro solare abbia una doppia vetratura. Se nello spazio abitato è posta della massa termica addizionale, come muri e/o pavimenti in muratura, la fluttuazione di temperatura sarà minore di quella indicata. I valori riportati valgono per le giornate invernali di sole.

(2) Il magnesio viene comunemente usato nei mattoni per renderne più scuro il colore. Esso fa anche aumentare notevolmente la conducibilità termica del materiale.

(3) Quando l'acqua è contenuta in tubi, cilindri o altri tipi di recipienti circolari, si usino almeno 150 litri d'acqua per ogni metro quadrato di vetratura.

muro in adobe è quello che ha la sezione ottimale più ridotta, e che uno spesso getto di calcestruzzo pesante potrebbe essere più economico di uno in mattoni pieni, ma più sottile.

Queste considerazioni comunque si riferiscono all'efficienza di una diffusione prevalentemente radiativa del calore calcolata per materiali massicci di tipo tradizionale.

Variando la composizione del materiale si possono modificare le prestazioni termiche del muro agendo sulla conducibilità termica, in aumento (ad esem-

pio mattoni alla magnesite) o in diminuzione (ad esempio Poroton).

Negli Stati Uniti sono stati studiati blocchi e pannelli cavi in cemento, che potrebbero essere realizzati anche in laterizio, concepiti per contenere una combinazione di sostanze chimiche per l'accumulo di calore latente, in modo da produrre un materiale termoaccumulatore a basso costo con proprietà strutturali e termostatiche (fig. 27).

Questi elementi modulari prodotti industrialmente possono essere adoperati come materiale isolante,

Tabella 2 - Effetto dello spessore dei muri sulle fluttuazioni della temperatura dell'aria interna.

Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

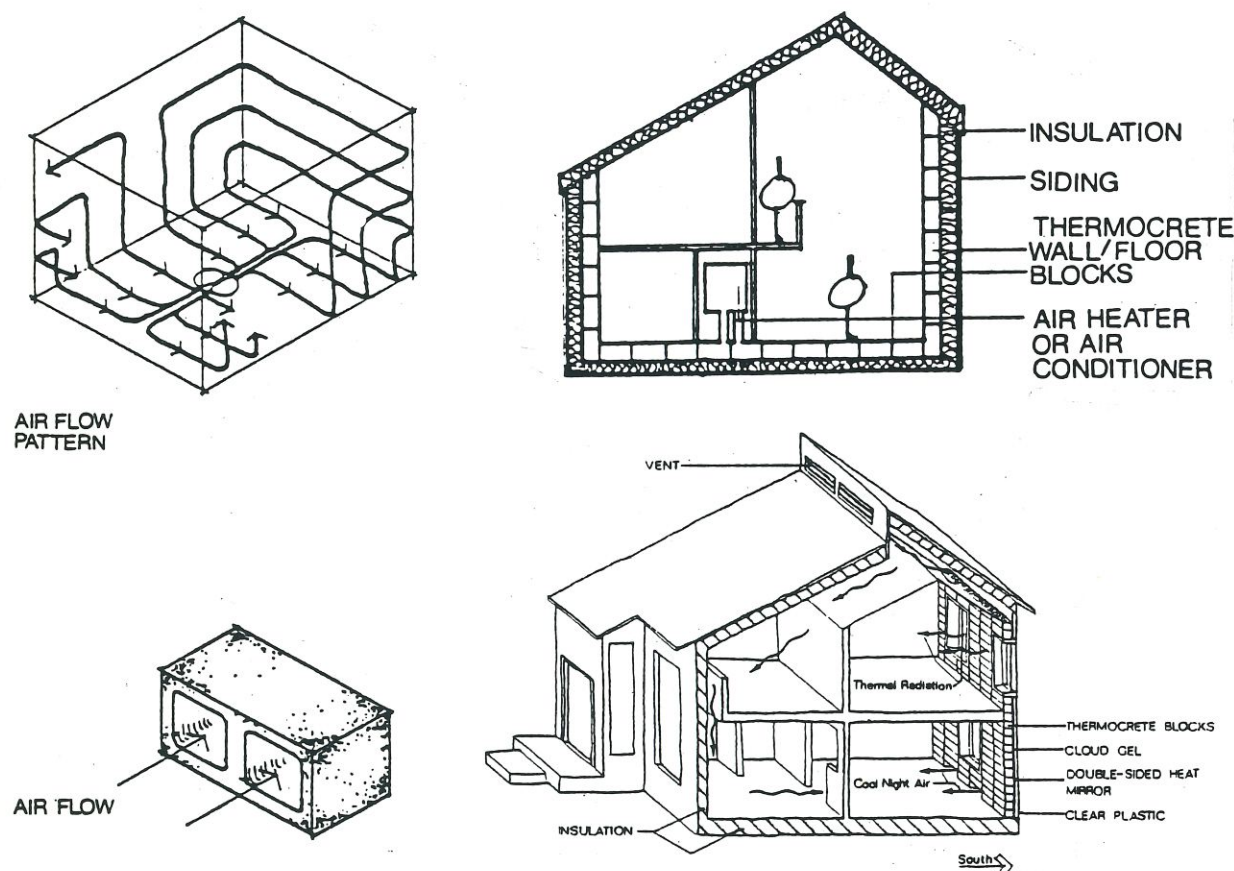
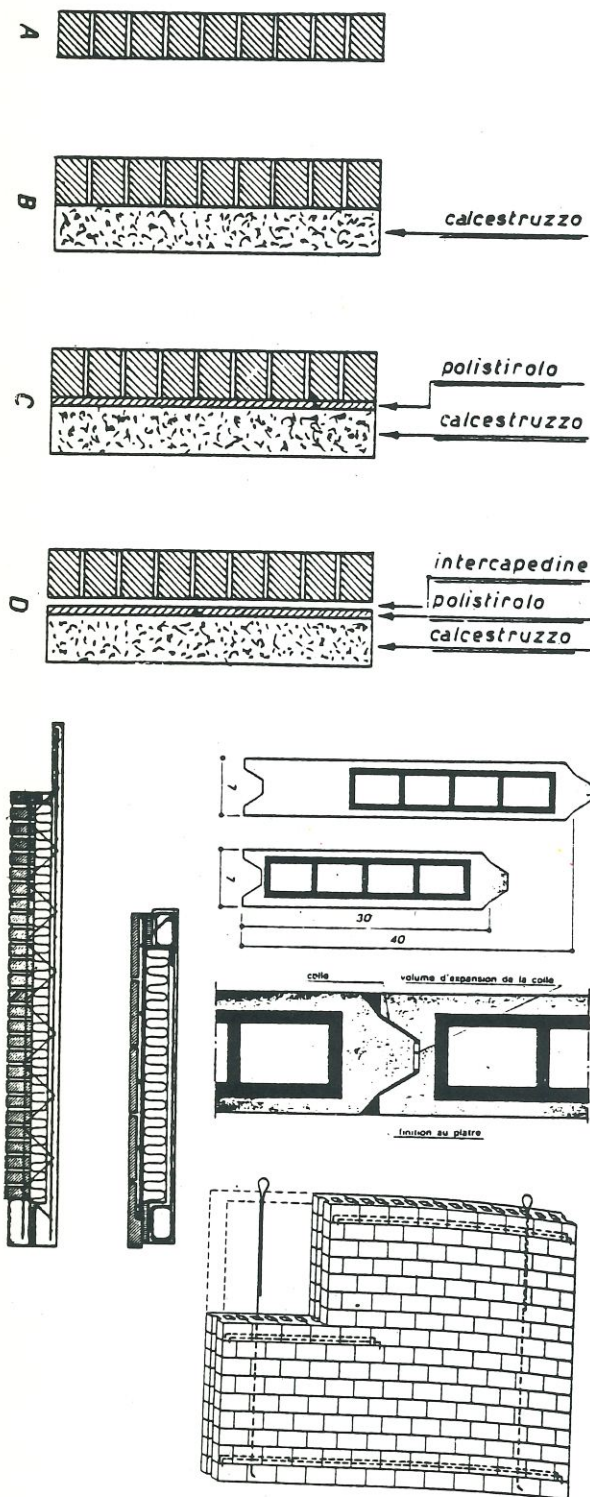


Figura 28 - Esempi di impiego dei materiali rappresentati nella figura 27.

Figura 29 - Elementi strutturali a base di laterizio già in uso i quali, opportunamente studiati, potrebbero svolgere anche un ruolo termico.



come sistema di distribuzione di impianti solari ad aria o come strutture di pareti, solai e tramezze capaci di fornire un accumulo di caldo o di freddo diffuso in tutto l'edificio (fig. 28).

Nell'ipotesi di una struttura edilizia concepita come doppio involucro, stratificato o cavo, le cui parti hanno ruoli strutturali e termici diversi, il laterizio si presenta come un materiale estremamente interessante. Sfruttando diverse tecniche di lavorazione già perfezionate è possibile costruire delle strutture con pannelli pluristrato costituiti da laterizio, calcestruzzo e materiale coibente, o pannelli forati (fig. 29).

Anche il mattone forato si presta ad una grande va-

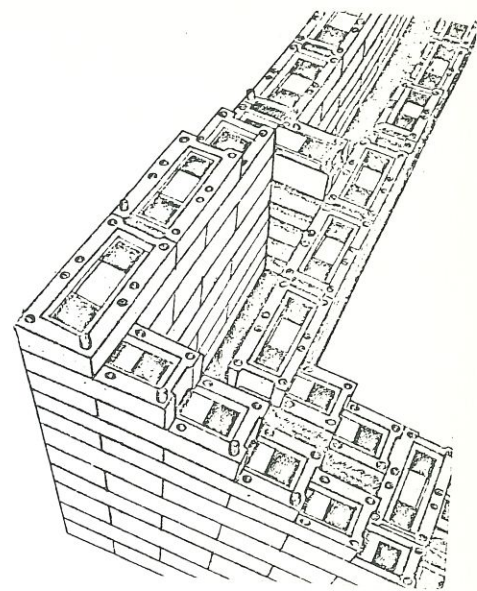


Figura 30 - Montaggio a incastro di mattoni stampati che danno modo di ottenere una continuità verticale dei fori.

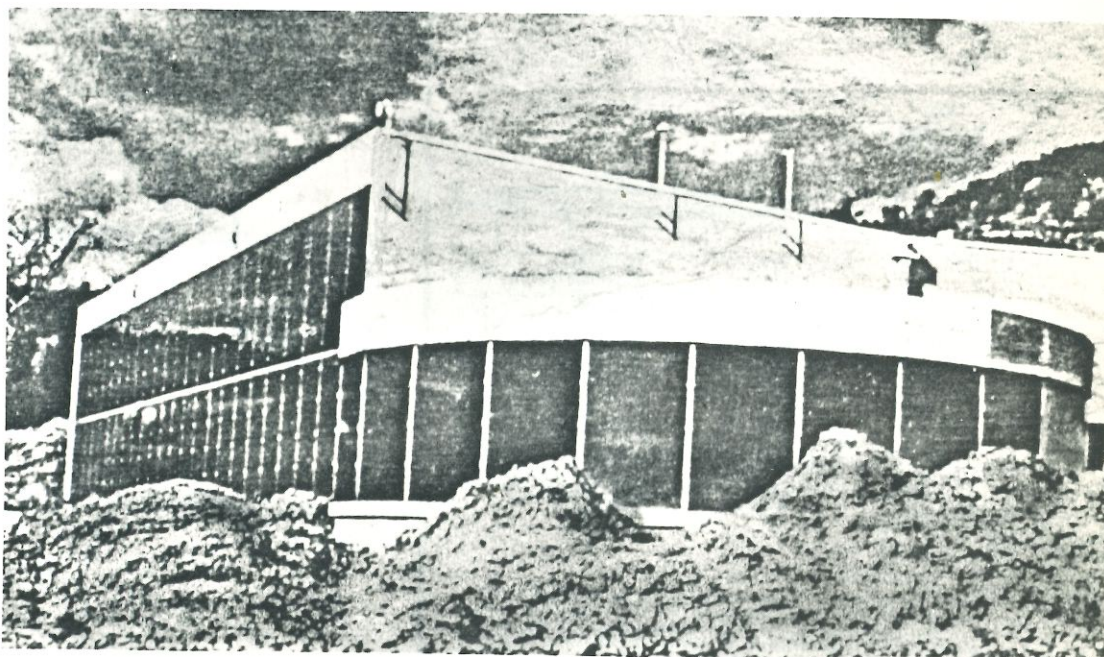
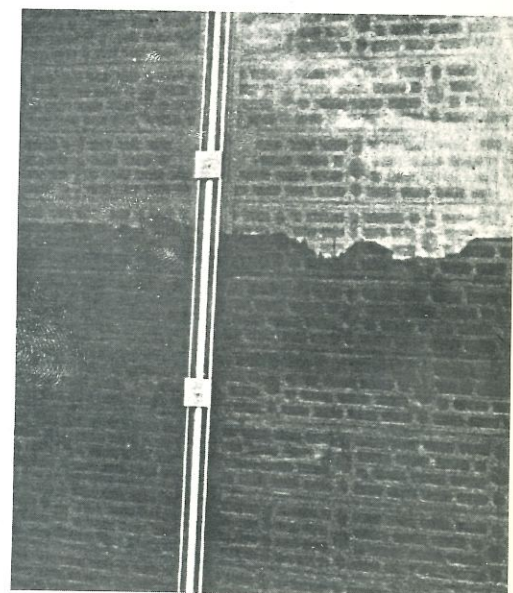


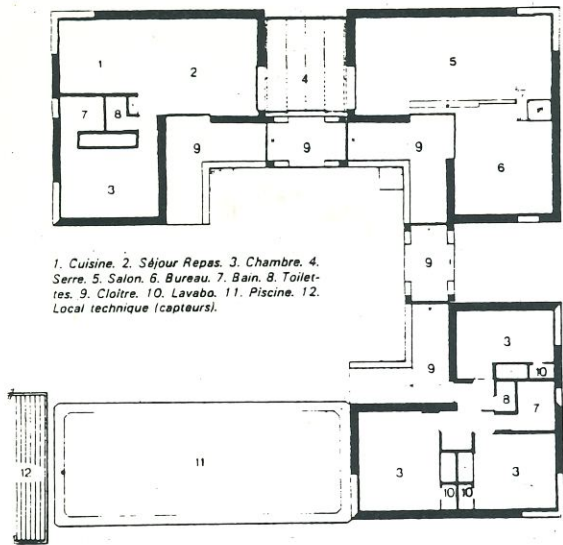
Figura 31 - Palestra di Saint Peray-Ardeche (Prog. Jacques Michel).

rietà di possibili usi: si possono citare il montaggio a secco o a incastro di mattoni stampati e calibrati che permette di ottenere la continuità verticale dei fori (fig. 30), e l'abbinamento di forati con un muro solare di cemento per ridurre le dispersioni dovute a fenomeni di convezione naturale e reirraggiamento. Gli alveoli infatti trattengono l'aria calda che li occupa mentre l'energia irradiata dalle superfici piane calde viene in gran parte assorbita dalle pareti degli alveoli stessi (fig. 31).

Un altro esempio interessante realizzato in Francia da Dominique Michaelis e Gilles Bouchez è la villa



di
**Sergio Los e
Natasha Pulitzer**



1. Cuisine. 2. Séjour Repas. 3. Chambre. 4. Serre. 5. Salon. 6. Bureau. 7. Bain. 8. Toilettes. 9. Cloître. 10. Lavabo. 11. Piscine. 12. Local technique (capteurs).

Architettura e terra: tecnologie del laterizio nell'architettura bioclimatica

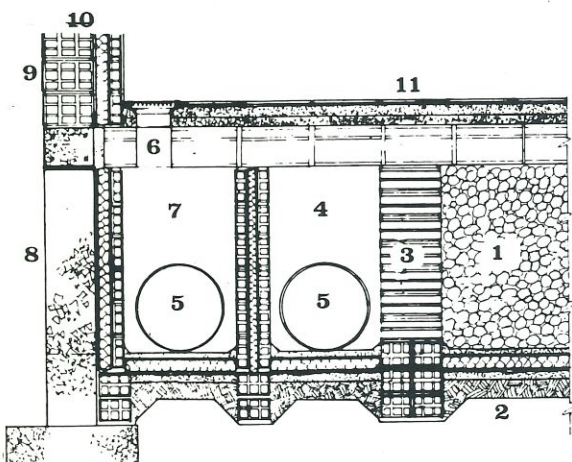
a Lioux. Le muraure sono costruite in blocchi forati di laterizio a faccia vista e il riscaldamento passivo si ispira ad una antica concezione romana, l'ipocausto; esso consiste di un sistema di circolazione di aria calda in cunicoli costruiti in laterizio e ricavati nel basamento (fig. 32).

In un altro progetto, realizzato da Harjo Helpiness in Finlandia, l'aria circola nell'intercapedine delle pareti e del solaio e la struttura in laterizio accumula parte dell'energia termica. Le muraure dei lati est, ovest e nord sono costituite da uno strato isolante di 20 cm inserito fra due muri di mattoni (fig. 33).

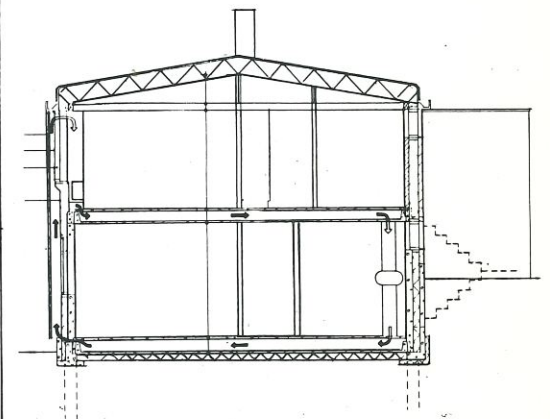
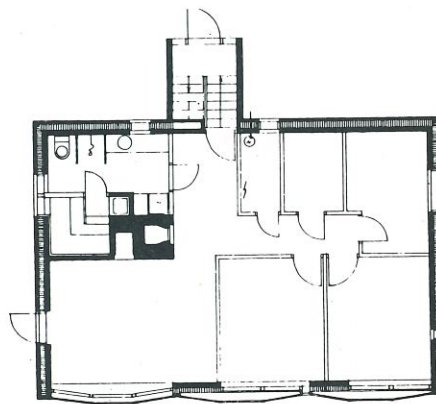
SERGIO LOS
NATASHA PULTZER

Figura 32 - Riscaldamento passivo ispirato alla concezione romana dell'ipocausto (circolazione di aria calda in cunicoli ricavati nel basamento).

Figura 33 - In questa casa realizzata in Finlandia l'aria circola nelle intercapedini delle pareti e del solaio, ed una parte dell'energia termica viene accumulata dalla struttura in laterizio.



Above, Typical transverse section through ground floor and foundation system, second version showing hypocaust air circulation system. 1 Thermal store: rock. 2 Rough screed/insulation/damp-proof membrane/site concrete/hardcore. 3 Extruded clay bricks laid sideways to allow passage of air. 4 Warm air delivery and collection chamber to and from store. 5 Equalisation duct. 6 Adjustable floor grill. 7 Space heating delivery chamber. 8 Reinforced concrete foundation. 9 External wall of cellular brickwork. 10 Insulation. 11 Insulated floor.



BIBLIOGRAFIA

BRENDA A. VALE A: survey of indigenous buildings materials: autonomous housing study — *University of Cambridge, Technical Research Division Working Paper*, maggio 1973.

MARIE-HELENE GUYONNET, PAOLO DONATI: Tradition et innovation dans les procédés de stabilisation à froid des matériaux de construction à base de terre argileuse — Maggio 1977.

SERGIO LOS, NATASHA PULTZER: L'architettura dell'evoluzione. Il sistema abitazione tra industrializzazione edilizia e tecnologie alternative. Edizioni Luigi Parma, Bologna, 1977.

ROBERT L. ROY: Underground Houses. How to build a low-cost

home — *Sterling Publishing Co., Inc.*, New York, 1979.

STU CAMPBELL: The Underground House Book, — *Garden Way*, Vermont, 1980.

A. CORNOLDI, S. LOS: Energia e habitat — *Franco Muzzio & C.*, Padova 1980.

P. DOAT, A. HAYS, H. HOUBEN, S. MATUK, F. VITOUX: Construire en terre — *Editions Alternative et Parallèles*, Paris, 1979.

P. BARDOU, V. ARZOUUMANIAN, Architecture de terre — *Editions Parentheses*, Marseille, 1978.

Earth Sheltered Housing Design — The Underground Space Center University of Minnesota, Van Nostrand Reinhold Company New York, 1978.

G. BOILE, P. HARPER, *Radical Tech-*

nology — *Edited by Wildwood House*, London, 1976.

E. MAZRIA: Sistemi solari passivi — *Franco Muzzio & C.*, Padova, 1980.

Suntel Research Associates: Thermocrete and Thermotile U.S. Department of Energy, California, 1978.

E. MANDOLESI: Edilizia — *UTET*, Torino, 1978.

J. P. MENARD: Maisons Solaires — *Editions du Moniteur*, Paris, 1980.

Solaire Passif ou Actif? — *Architecture d'aujourd'hui*, Groupe Expansion, Juin 1980.

La risposta dell'edilizia alla crisi Energetica — *Atti del 12° Congresso Nazionale ANDIL*, Roma 1975.

