

1

IL «CRUDO»

Le qualità del crudo, 2

■
Il «passato» del crudo, 5

■
I Trattatisti, 20

■
Il crudo e le principali tecniche di lavorazione, 21

■
Il «presente» del crudo, 30

■
La durata, i problemi e i sistemi di protezione, 37

■
Il «futuro» del crudo, 70

■
Bibliografia, 76



LE QUALITÀ DEL CRUDO

CHE COS'È IL CRUDO

Tale termine sta semplicemente a significare l'utilizzo diretto della terra nell'edificazione di murature, senza passare attraverso la fase di cottura del materiale. La terra cruda è essenzialmente una miscela di ghiaia, sabbia, limo di sedimentazione e argilla; a seconda della percentuale di argilla viene suddivisa in tre categorie: *terra magra*, *terra medio-grassa*, *terra grassa*.

BILANCIO ENERGETICO ED EMISSIONI

Rispetto ai materiali ed alle tecniche tradizionali, una casa costruita in legno o in terra cruda alleggerita con paglia assorbe solamente il 5% (1/20) di energia grigia; questo è possibile principalmente grazie all'assenza dei costosi e artificiali processi di cottura e di essiccazione. Utilizzando la terra cruda ricavata in cantiere vengono completamente evitati anche i costi di trasporto.

CARATTERISTICHE FISICO-COSTRUTTIVE

<i>Accumulo di calore</i>	<p>Accumulazione = capacità di trattenere il calore prodotto.</p> <p>Il coefficiente c di una costruzione in terra cruda massiccia è di circa 1,2 kJ/kgK, con una densità a secco di 2000 kg/m³. La capacità di accumulo termico di una parete in terra cruda massiccia è all'incirca doppia rispetto a quella dell'acqua.</p>
<i>Coibenza</i>	<p>Ovvero la capacità di non disperdere il calore accumulato.</p>
<i>Assorbimento acustico</i>	<p>Ovvero la capacità di isolamento acustico sia da quello esterno che da quello interno presente nelle varie stanze.</p> <p>Con la terra cruda si raggiungono valori ottimali di assorbimento acustico, in particolare con una densità a secco r compresa tra 1000 e 2000 kg/m³. Esempio: assorbimento acustico $R'w$ con parete di spessore 20 cm = 50 dB, con parete di spessore 40 cm = 55 dB.</p>
<i>Coefficiente k</i>	<p>Nelle costruzioni con elementi strutturali monolitici si osserva un buon comportamento dinamico (coefficiente k dinamico) in termini di accumulo di calore ed isolamento termico.</p>
<i>Permeabilità al vapore acqueo</i>	<p>Il coefficiente u della terra cruda alleggerita è relativamente basso rispetto agli altri materiali di costruzione con la stessa densità a secco; il coefficiente l invece è relativamente elevato.</p> <p>Questi valori variano leggermente in funzione dell'additivazione come p.es. trucioli di legno, paglia, argilla espansa e perlite.</p>
<i>Igroscopicità</i>	<p>Ovvero la capacità di assumere vapore acqueo dall'aria e di cederlo. Grazie alle caratteristiche igroscopiche favorevoli, la terra cruda è in grado di assorbire rapidamente grandi quantitativi di umidità dall'ambiente e di cederla, ottenendo un buon equilibrio di umidità dell'aria ambiente. Ma è sicuramente un'arma a doppio taglio per la muratura in crudo che, sebbene faciliti la regolazione dell'umidità interna all'edificio, può inzupparsi facilmente qualora l'umidità di risalita del terreno non venga opportunamente frenata.</p>

<i>Respirazione / traspirazione</i>	Ovvero la capacità di ventilare l'ambiente permettendo il movimento d'aria in dipendenza alla differenza di temperatura, pressione e densità del materiale. Gli elementi in terra cruda, a meno che non siano provvisti di coperture superficiali antidiffusione, respirano attivamente, producendo una ventilazione attraverso i pori (diffusione = passaggio non convettivo di gas e fluidi). Questa caratteristica è chiamata "terza pelle" ovvero sussegue a quella umana e agli indumenti. La terra ha anche una funzione di depurazione dell'aria.
<i>Assorbimento</i>	Capacità di filtrazione, accumulazione e rigenerazione delle sostanze volatili.
<i>Capacità di regolare la temperatura interna e di limitare l'inquinamento.</i>	Una casa di terra è fresca d'estate e calda d'inverno. Nell'edificio viene quindi a crearsi un microclima particolarmente favorevole per i suoi abitanti. La terra permette inoltre la creazione di un ambiente "indoor" ideale, perchè depurato dagli agenti patogeni e inquinanti.

COSTI

Si riportano i costi per gli elementi architettonici in terra cruda, senza la struttura statica.

<i>Adobe*</i>	Muratura in mattoni di terra cruda tipo adobe; Spessore circa 12 cm; circa 130.000 Lire/m ² .
<i>Terra cruda alleggerita con trucioli di legno</i>	Terra cruda battuta, alleggerita con trucioli di legno per muri esterni; spessore circa 33 cm; circa 200.000 Lire/m ² .
<i>Intonaco</i>	Intonaco interno/esterno in terra cruda stessi costi dell'intonaco convenzionale.

LAVORI IN ECONOMIA

La terra cruda è disponibile in quasi tutte le regioni della terra; gran parte delle costruzioni di diversi Paesi sono e sono state costruite in terra cruda e vi abita all'incirca un terzo dell'umanità. Con le tecniche a terra battuta (*pisé*)* non vi sono corpi solidi pesanti da trasportare e complicati da costruire; questo significa che potranno lavorarvi donne e uomini di diversa costituzione fisica. I materiali utilizzati non sono assolutamente nocivi per la salute, né acidi né basici. La lavorazione è semplice, purché si disponga di adeguate informazioni sulle tecniche da utilizzare.

ORGANIZZAZIONE DI LAVORO

In tempi di cattiva distribuzione del lavoro e degli alloggi, la terra cruda è un'interessante alternativa agli altri materiali da costruzione. Il materiale è favorevole e i costi di investimento sono estremamente bassi, ma richiede una percentuale maggiore di manodopera. Questo potrà dare luogo a comunità di lavoro locali con ripercussioni interessanti sui rapporti umani.

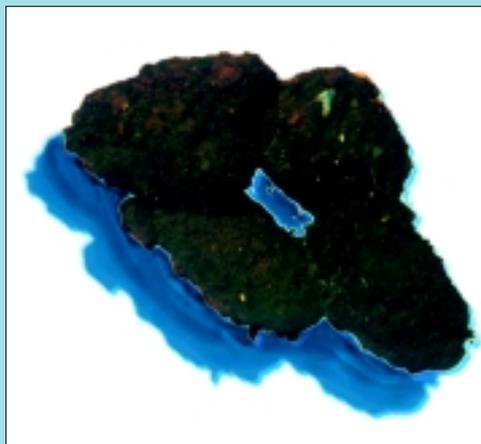
MANUTENZIONE DEGLI EDIFICI E RIUTILIZZO DEL MATERIALE TERRA

I lavori di manutenzione sono molto semplici. Gli elementi costruttivi sono a basso contenuto energetico e sostenibili sia in fase di realizzazione che di riuso. La terra cruda, infine, è un materiale da costruzione sano per un clima indoor ideale, riutilizzabile all'infinito dopo la demolizione dell'edificio.

*) Si è già fatta conoscenza di due particolari tecniche di lavorazione tipiche della terra cruda: l'*adobe*, ovvero i mattoni crudi formati in un particolare stampo in legno e lasciati asciugare al sole e il *pisé*, termine "alla francese" che sta ad indicare la terra compattata all'interno di una speciale cassaforma in legno con l'ausilio di un pillo (grosso mazzapicchio di legno di forma tronco-conica, munito di uno o due manici e utilizzato per costipare il terreno). Altre tecniche sono illustrate più avanti (pag. 21).

TERRA CRUDA

Impieghi	muratura di tamponamento; opere strutturali
Proprietà	durevole; adattabile; eccellenti qualità di conservazione termica; inerzia termica; ottimale capacità di isolamento acustico; duttilità; a prova di incendi, di decomposizione e di termiti; capacità di traspirazione con conseguente depurazione dell'aria.
Qualità biologiche/ sostenibilità	<p>VANTAGGI: semplicità e abbondanza del materiale; facilità di lavorazione e applicazione; eccellenti qualità di conservazione termica e di mitigazione del clima locale; i muri attutiscono i suoni e contribuiscono ad assorbire e espellere l'aria inquinata; l'utilizzo dell'energia necessaria alle costruzioni è solo il 3% di quella necessaria per realizzare un edificio di calcestruzzo armato; igroscopicità (capillarità che impedisce un accumulo locale dell'umidità che viene rapidamente distribuita ed evacuata); dopo l'applicazione dell'intonaco le costruzioni sono a tenuta di vento e non sono necessarie le barriere al vapore; il ciclo, dall'estrazione al riuso, è trasparente e a basso impatto ambientale; economicamente vantaggiosa; completa recuperabilità; non tossicità.</p> <p>SVANTAGGI : non impermeabilità allo stato naturale e bassa resistenza all'impatto; non particolarmente adatta alle regioni piovose a meno che l'edificio non sia costruito su fondamenta asciutte, a prova di umidità e con un tetto molto sporgente; rischi di distruzione da inondazioni o uragani se gli edifici non sono collocati in posizioni idonee; mancanza, in Italia, di qualsiasi regolamento in materia di costruzione in terra cruda.</p>
Note	si scava facilmente e a basso costo; nel metodo tradizionale, viene mescolata a paglia sminuzzata, poi impastata con acqua e calpestata o battuta fino a raggiungere la giusta plasticità; attualmente si usano anche calce, cemento e bitume per stabilizzare il miscuglio; una volta asciutti, i muri si possono intonacare o imbiancare per proteggerli dalla pioggia con intonaci in terra o a calce.



Terra argillosa della campagna alessandrina chiamata dai Fraschetti "terra rossa".

(Fonte: Maurizio Corrado - Architettura bio-ecologica/ La casa ecologica - De Vecchi Editore).

IL «PASSATO» DEL CRUDO

L'USO DELLA TERRA NEL MONDO

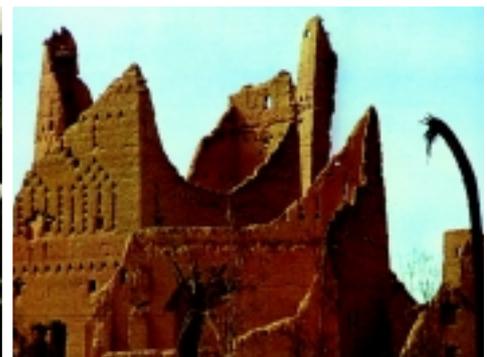
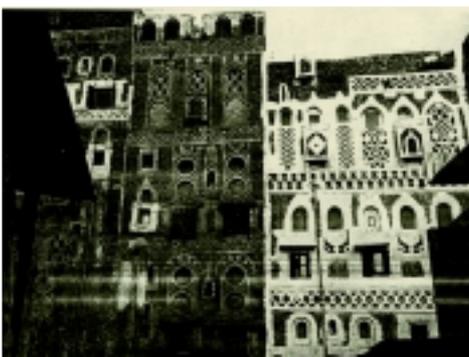
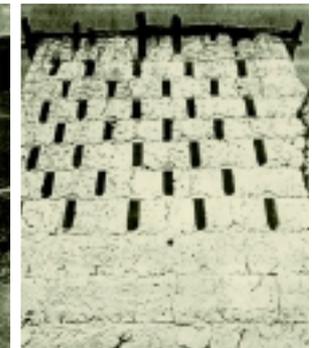
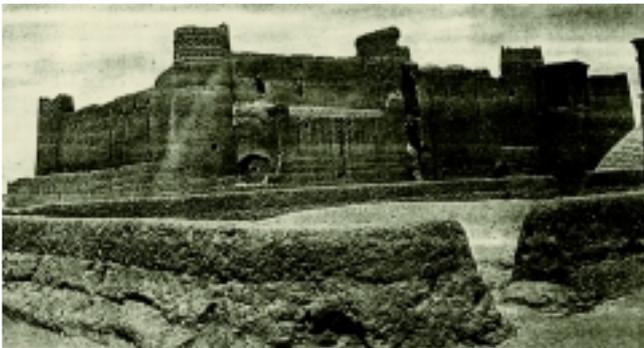
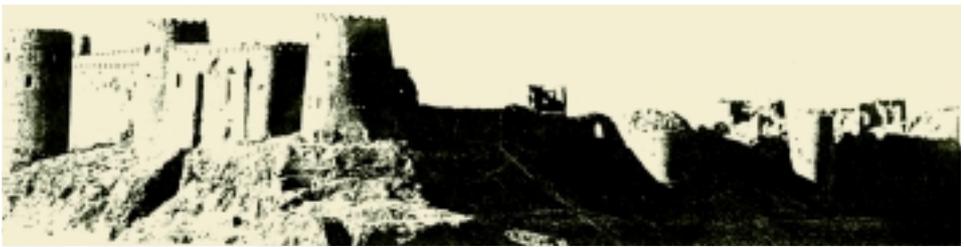
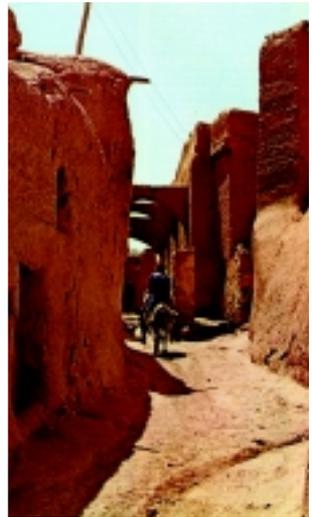
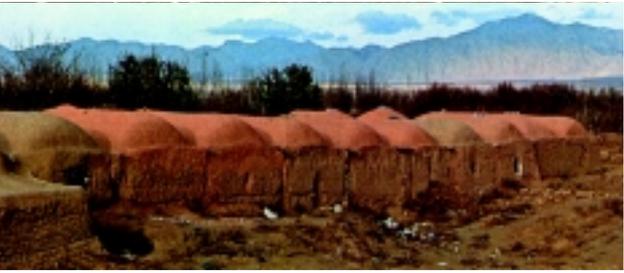
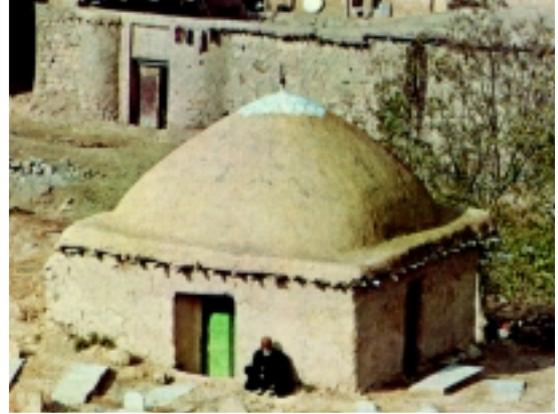
La terra è certamente uno dei materiali da costruzione più antichi della storia dell'umanità.

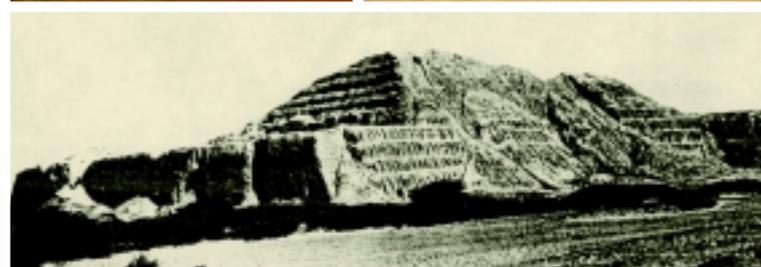
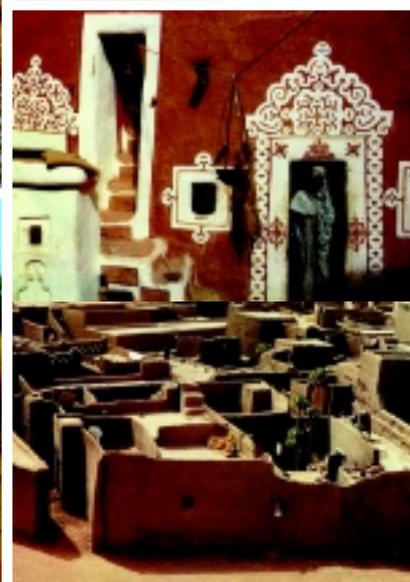
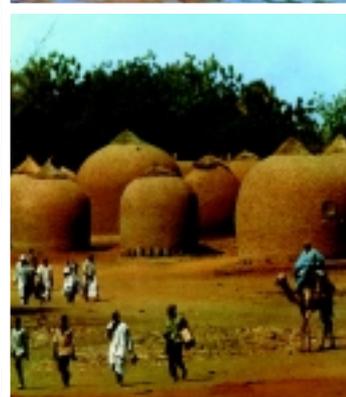
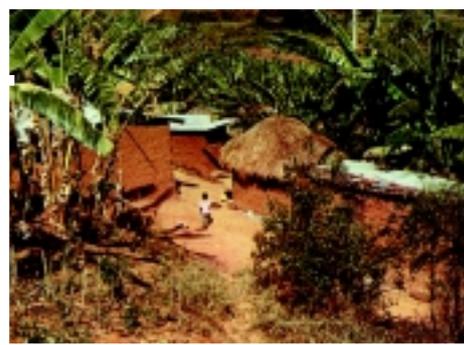
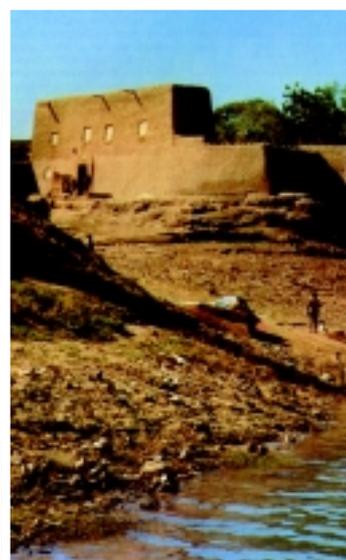
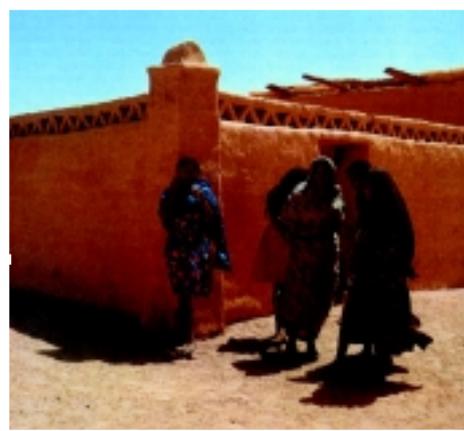
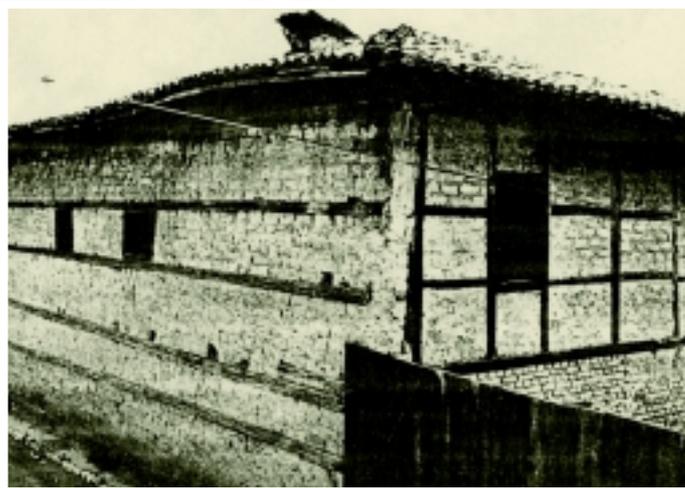
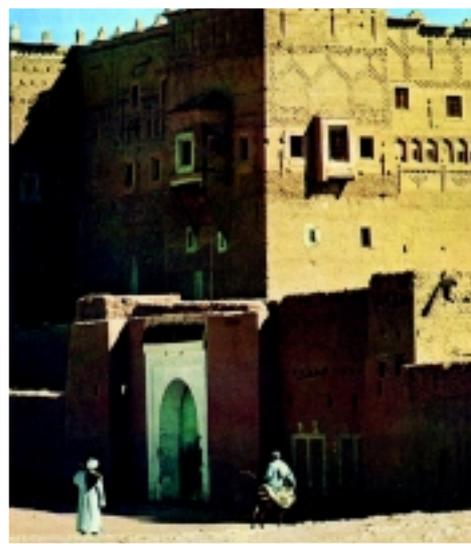
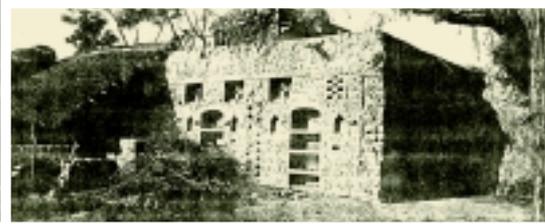
La civiltà Persiana, Assira, Egiziana e Babilonese l'hanno utilizzata in abbondanza, così come ce ne danno testimonianza i resti delle costruzioni precolombiane dell'America del sud. Gli esempi che ancora oggi ne danno testimonianza mostrano come questi popoli antichi non esitavano a utilizzarla anche per costruzioni di carattere monumentale; ma l'architettura in terra non è solamente una curiosità archeologica se pensiamo che al giorno d'oggi circa la metà della popolazione della Terra abita in case di terra. Un terzo degli abitanti del pianeta abita in case fatte di terra cruda.

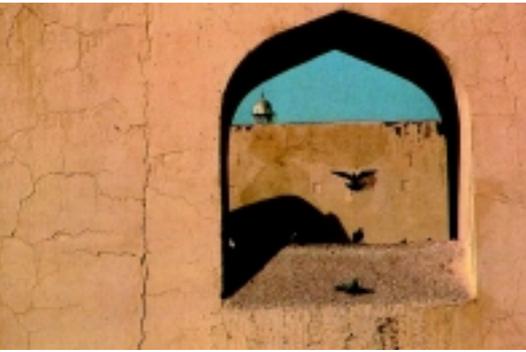
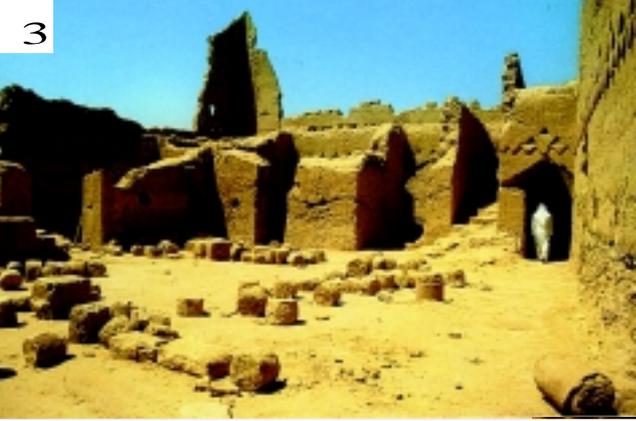
Più del 60% delle costruzioni si trova in zone caratterizzate da una sismicità medio-alta (in zone a grande rischio, come l'Iran, le costruzioni in terra hanno resistito meglio di altre, arrivando a deformarsi ma quasi mai al crollo) e in una grande varietà di situazioni ambientali. Questo materiale rimane preponderante in quasi tutta l'Africa, il Medio Oriente e l'America Latina; è una forma di habitat vernacolare in Cina e in India. In Europa, anche se oggi quasi del tutto dimenticate, le costruzioni in terra si possono ancora ritrovare in Svezia, Danimarca, in Germania e nei paesi dell'est, così come in Gran Bretagna in Spagna e in Francia. Per quanto riguarda il nostro Paese, esso può passare a prima vista come privo di testimonianze sull'uso del crudo, e infatti raramente viene citato nelle pubblicazioni, anche quelle specifiche. Tuttavia le ricerche mirate di alcuni studiosi come O. Baldacci, R. Biasutti e E. Galdieri, ai quali quest'ultimo fa riferimento, ci hanno permesso di colmare le lacune della conoscenza della cultura del crudo in Italia. Non è possibile in questa sede stendere notizie storiche e geografiche più dettagliate in quanto ciò esula dal tema di questa tesi. Per chi trovasse interesse riguardo questo tema e volesse ampliare e approfondire tali tematiche, può senz'altro trovare indicazioni nella bibliografia di fine capitolo sui testi utilizzati per stendere questa ricerca. Nelle prossime pagine sono riportati alcuni esempi di edifici in crudo sparsi sul nostro pianeta.



Planisfero con individuazione delle aree soggette all'edilizia in crudo. Il numero impressionante di costruzioni in terra sparse sul nostro pianeta dimostra che, quando le caratteristiche del terreno ne permettono l'uso, l'argilla è stata nel campo edilizio la materia prima prediletta dall'umanità fin dalla notte dei tempi; basti pensare che un terzo della specie umana vive in case realizzate con questo materiale, persino in zone sismiche (p.67). Nelle pagine successive sono raccolte immagini riguardanti alcuni degli edifici in crudo nel mondo.







1	2	3
4	5	6
7	9	10
8	11	
12	13	14
15	16	17

Tavola 1

1. villa Forrtificata a Kerman (Iran);
2. torre dei piccioni nella piana di Esfahal (Iran);
3. edificio di centro agricolo nel Luristan, presso Borujerd (Iran);
4. villaggio fortificato («qala») nella regione di Qom (Iran);
5. casa rurale nella regione del Gilan, con tetto di paglia (Iran);
6. vicolo di un villaggio sorto ai margini del Desht-e-Kavir (Iran);
- 7-8. centro di Shibam, denominata la “Manhattan del deserto”, con le sue stupende e altissime costruzioni in legno e fango (Yemen R.D.P.);
9. cittadella di Bam (Iran orientale);
10. fortificazione nel deserto del Registan (Afghanistan);

11. cittadella di Herat (Afghanistan);
12. caseforti a Rad'a' (Yemen del Nord);
13. castello Fahraj (Iran) del XIV secolo;
14. struttura per l'essiccazione dell'uva sultanina a Jalalabad (Afghanistan);
15. cupola denominata “Tomba di Alessandro” a Kerman (Iran);
16. case-castello decorate (Yemen del Nord);
17. rovine di Diriyah, la culla della dinastia reale saudita (Arabia Saudita).

1	2	3
4	6	8
5	7	9
10	11	12
	13	14
14	15	16
	17	18
18	19	20

Tavola 2

1. Kagbeni - rovine di un insediamento nella regione del fiume Gandaki (Nepal);
2. casa contadina nella valle di Katmandu (Nepal);
3. pati, insolito edificio pubblico del XVII secolo (Nepal);
4. adobe e torchis in casa ottocentesca ad Ankara (Turchia);
5. casa ad Ankara (Turchia);
6. casa contadina ad Agra (India);
7. casa del governatore turco a Sarajevo (XVII secolo);
8. casa-fortezza a Ouarzazate (Marocco);
9. centro abitato nella regione sahariana (Marocco);
10. donne nubiane presso il recinto di una casa d'abitazione (Sudan);

11. edificio sul fiume Logone (Camerun);
12. moschea di Djinguereber, la più antica di Tombouctou (dal sec. XIII) (Mali);
13. mura di Marrakech, risalenti al XII secolo (Marocco);
14. villaggio presso Kigali (Ruanda);
15. granai in un villaggio (Niger);
16. cortile di una casa della città di Oualata detta «sponda dell'eternità»;
17. Samarra, minareto a scala elicoidale «Malwiyya», in mattoni gialli (Iraq);
18. tipico villaggio dell'Imerina, regione centrale dell'altopiano (Madagascar);
19. la «Huaca del Sol», nella valle del Moche (Perù);
20. chiesa missionaria delle Ande a Cuzco (Perù).

Tavola 3 (dall'alto in basso, da sinistra a destra): rovine di antiche case di signori a Diraya (Arabia Saudita); città di Shibam (Yemen del Nord); moschea di argilla «Djenné» (Mali); osservatorio di Japur (India); rovine di case in argilla a Tamerza (Tunisia); case in argilla e pietra a El Kelaa, nella valle del Dadès (Marocco); veduta della città di Mopti, con abitazioni in argilla a tetto piano (Mali); edificio buddista nel Kansu (Cina); torre dei piccioni nella piana di Esfahal (Iran).



Tavola 4
 1-5. città vecchia di San'a (Yemen);
 6-9. città vecchia di Ghadames denominata "la perla del deserto" (Libia);
 10. moschea nella regione dell'Air (Niger);
 11-15. moschea di Djinguereber nella città di Tombouctou (Mali);
 16-20. villaggio Pueblo di Taos in New Mexico (USA).



UNA PICCOLA ITALIA DI ARGILLA***Un aspetto trascurato della "civiltà del crudo"***

L'Italia non è un paese ricco di monumenti in terra cruda, tuttavia approfondendo la ricerca sono state rinvenute testimonianze di questa tecnologia sia riguardanti soprattutto la preistoria e il Neolitico sia, sul versante cronologicamente opposto, riguardanti le abitazioni rurali recenti, riconducibili come epoca di costruzione tra la fine del secolo XIX e gli inizi del XX.

È utile tentare di dare una descrizione, seppure sommaria, degli esempi più significativi dell'uso della tecnologia del crudo nel nostro Paese; si userà un criterio essenzialmente tipologico piuttosto che strettamente cronologico o topografico.

Etruschi e Romani

In Italia, per quanto si può dedurre dalle notizie sinora emerse, l'uso della terra come materiale costruttivo è stato limitato a tre soli temi: la fortificazione - in particolare le mura delle città - il tempio e la casa di abitazione.

Per quanto riguarda il primo tema parliamo dalle opere di difesa di tipo arcaico come l'*agger terreus carinarum*, documentato anche da Varrone, esso rappresenta uno dei primi esempi di tecnica edificatoria difensiva nel Lazio e nell'Etruria meridionale, nell'ambito della genesi dei centri arcaici, databili tra il VII e il IV a.C. Tra i vari esempi sono particolarmente significativi quelli laziali di Lavinium, di Ficana, di Pratica. Si tratta del doppio risultato di una operazione di scavo condotta lungo il perimetro dell'insediamento: con lo scavo si ottiene un fossato, tale da ostacolare l'avvicinamento di eventuali nemici, con la terra scavata si erige una collinetta più o meno elevata e ripida, con funzioni di muro di cinta, spesso pressata contro una vera ossatura muraria fatta di pietrame.

A queste forme semplici e primitive fanno seguito nel tempo realizzazioni più elaborate e impegnative. Intorno al 340 a.C., il generale corinzio Timoleonte è costretto a ricostruire parzialmente e a potenziare le mura in blocchi di arenaria poste una sessantina di anni prima a difesa della città di Gela. Per realizzare presto e bene il suo impegno, Timoleonte usa grossi mattoni di terra rossiccia o bruna - di 40x40x8 cm - fatti asciugare al sole entro stampi quadrati di legno. Nel 1948, quasi 2300 anni più tardi oltre 350 metri di queste mura vengono portate alla luce a Capo Soprano ed oggi, accuratamente protette, possono ancora essere ammirate e studiate.

Nel III secolo a.C., nel momento di transizione dal dominio etrusco a quello romano, viene ricostruita una parte delle mura di cinta dell'antica Arretium (l'odierna Arezzo).

Nella ricostruzione, vengono usati grandi mattoni rettangolari (mediamente 42x28x12 cm, cioè quasi il doppio di un moderno mattone pieno), fatti di argilla tipica della zona. Questi mattoni hanno la caratteristica di essere impastati con argilla poco depurata, contenente schegge di roccia, ma senza l'aggiunta di paglia o strame, prima seccati al sole, poi sottoposti ad una leggera cottura, la quale tuttavia non è penetrata all'interno a causa del considerevole spessore. Le mura di Arezzo, delle quali una porzione fu ritrovata quasi casualmente nel 1918, avevano già destato la meraviglia di Vitruvio e per noi rappresentano concretamente il momento di transizione dal crudo al cotto, ossia segnano il trapasso dalla tecnica dell'argilla cruda, che fu impiegata dai costruttori etruschi molto più di quanto si immagini, a quella dell'industria laterizia, più sofisticata tecnologia romana.

Ci sono voluti lunghi studi e sottili ipotesi per arrivare a determinare che il materiale usato in ambito etrusco, soprattutto per le costruzioni civili e per buona parte di quelle religiose, era proprio il mattone crudo. Solitamente l'immagine del mondo etrusco è legata a quella delle necropoli, dei sarcofagi, delle meravigliose tombe scavate nel tufo, quindi un'immagine di un regno dei morti. Si è portati a ritenere che gli Etruschi, come avevano già ampiamente dimostrato gli Egizi, si preoccupassero di preparare dimore durevoli solo per i defunti, confidando che ai vivi riuscisse più facile pensare alla manutenzione e alla ricostruzione delle loro dimore. Ma allora dove viveva e lavorava quella parte di popolazione che per legge di natura doveva necessariamente essere «viva», prima di andare a dimorare perennemente nell'aldilà? La risposta sta nel crudo. Alcune ricerche hanno individuato nella spessa coltre di polvere rossiccia (ogni sito archeologico appariva regolarmente ricoperto da uno strato di spessore di almeno 20-25 cm di finissima polvere di argilla), presente in tutti gli insediamenti etruschi, i resti - non capiti

e il più delle volte negligenzemente eliminati dai ricercatori - di strutture murarie in argilla cruda. Solo così si può spiegare l'assenza totale di resti anche minimi di muri, di pietrame, di legname, ecc., ovvero di tutto quel materiale proveniente dalla distruzione violenta o dal lento disfarsi di edifici costruiti con materiali tradizionali e durevoli.

Pochi studiosi in passato si sono occupati dell'uso dei mattoni crudi da parte degli Etruschi, benché avessero davanti a sé le testimonianze di Vitruvio e Plinio. Entrambi parlano di questo materiale e citano fabbriche e monumenti ancora esistenti ai loro tempi, per lodarne la struttura e la stabilità; essi nei loro scritti distinguevano chiaramente le costruzioni in mattoni crudi (*lateres*) da quelle in mattoni cotti (*lateres cocti* o *testæ*). Ed anche dal tipo di monumenti che il primo enumera - alcune mura ad Atene, le celle dei templi di Giove e di Ercole, le mura di Arezzo, il palazzo reale degli Attalidi a Tralle, la casa del re Mausolo ad Alicamasso - e dall'esempio aggiunto da Plinio - una serie di mura a Mevania, l'attuale Bevagna in Umbria - si può dedurre facilmente che si trattava di manufatti in crudo e non certo di mattoni cotti; in questo secondo caso altri esempi ben più grandiosi avrebbero potuto essere citati.

L'Italia, dunque almeno sino alla romanità classica, partecipa di questa continuità tecnologica che attraverso l'Egitto, la Mesopotamia e la civiltà minoico-micenea arriva sino in Grecia e, di qui, sino a noi. Dalle mura del Colle degli Angeli (Cosenza) alla villa di Settefinestre (Orbetello), dai sepolcri in mattoni crudi delle isole Lipari alle strutture alle celle dei templi italici, dai ritrovamenti di Eraclea Minoa a quelli di Perugia, di Gela ed Arezzo, l'uso del mattone crudo è sempre presente e vivo.

Con l'affinarsi della tecnologia romana nell'edilizia, l'argilla cruda viene relegata per qualche secolo alle costruzioni più misere, nei quartieri più poveri dell'interno del paese. Verrà spesso usata, mescolata con canne palustri, anche quale riempimento di telai portanti lignei per modesti edifici simili al gruppo di abitazioni plurifamiliari di Ercolano, note col nome «Casa del Graticcio».

Sopravvivenze medioevali e contatti con l'Occidente islamico

Ritroviamo l'uso dell'argilla cruda in pieno Medioevo, benché la relativa documentazione sia scarsa o difficilmente reperibile. Quasi ogni casa è una entità a sé da difendere; l'uso del crudo viene ancor più limitato alle sole case di abitazione, e ciò indipendentemente dal livello sociale dei loro occupanti. Anche per principi e vescovi le dimore si ridussero a rozzi tuguri costruiti in legno, paglia e terra battuta, riservando la muratura più solida per le opere di difesa e per l'architettura religiosa.

Notizie riguardanti l'abbandono della pietra e di altri materiali dalla lavorazione costosa, a favore di tecniche elementari e materiali poveri, ci vengono anche dalla Sardegna medievale e addirittura da Milano. È difficile immaginare Milano, proprio nei secoli che videro da una parte l'attività dei maestri comacini e dall'altra la fondazione del Duomo, costellata di case di fango e canne, ma è indubbio che qualche cosa doveva essere rimasta del «terraggio» o terrapieno difensivo costruito dai Milanesi per sostituire le antiche mura distrutte dal Barbarossa, segno che la tecnica del *pisé*, cioè della terra pressata, non si era mai spenta.

Recenti indagini, finalizzate ad uno studio sull'evolversi dei centri storici di alcune zone dell'Italia centrale, hanno permesso di individuare, sotto il manto livellatore degli intonaci, parecchie case di abitazione costruite in mattoni crudi, spesso accostate ad altre realizzate in cotto o in pietrame. Tra gli esempi più significativi, un gruppo di case a portico nel pieno centro antico di San Giovanni Valdarno. Nel lungo arco di tempo che va dall'inizio del XVI e la metà del XVII secolo si assiste in Italia ad un singolare fenomeno: sia da est che da ovest, e per ragioni diverse, popolazioni straniere vengono a contatto con il nostro Paese e vi trasferiscono, tra l'altro, alcuni dei loro antichi metodi costruttivi, in parte già noti nel periodo classico, ma poi dimenticati o relegati ad una edilizia pastorale o contadina, e comunque povera e provvisoria.

Da est, spinti dagli ormai insostenibili disagi connessi con l'occupazione ottomana, cominciano ad arrivare in Italia (nelle Marche, nell'interno della Puglia, sino in Calabria) profughi dall'Albania, dalla Jugoslavia, dalla Grecia. Questo flusso migratorio porta con sé anche l'uso di costruire in crudo e nei luoghi scelti come nuova residenza trova, in tutti i sensi, terreno favorevole. Sono eloquenti i nomi di alcuni centri calabresi nei quali è ancora in uso il crudo: Spezzano Albanese, Tarsia, Santa

Caterina Albanese, Cropolati, Crosia, Ghirio, Roccaforte del Greco, ecc.

Benché trapiantato e riproposto proprio dai Turchi, l'uso del crudo aveva già subito nei Balcani un primo processo di «acclimatazione»; col passaggio in Italia finisce per perdere quasi totalmente ogni connotazione orientale e si integra perfettamente nell'ambiente edilizio circostante.

L'influenza aragonese in Sardegna

Il lungo dominio spagnolo in Sardegna e, in particolare, l'insediamento degli Aragonesi nel territorio di Cagliari, fa sì che, quasi insensibilmente all'inizio e poi con ritmo crescente, quasi tutta la parte meridionale dell'isola si arricchisca di costruzioni in mattoni crudi e sassi, in sassi e fango e, soprattutto, in soli mattoni crudi. Il livello delle costruzioni, malgrado l'apparente povertà dei materiali impiegati, è abbastanza alto. Interi paesi, posti nella larga fascia diagonale che inizia a Pula, a sud di Cagliari, e deviando verso nord-ovest, giunge di poco al di sopra di Oristano, sono costruiti in mattoni crudi, spesso di notevoli dimensioni. Serramanna, Assémini, Siliqua, Villa Speciosa, Monastir e, ad est di Cagliari, Quartu S.Elena, Quartucciu, Selargius sono solo i centri più noti dove la tecnica del crudo ha interessato l'intero nucleo abitativo, con soluzioni architettoniche di grande dignità formale, accentuatasi nella seconda metà dell'800. Addirittura, alcuni paesi del Campidano, dovendosi ampliare negli anni tra il 1910 e il 1925, scelsero di farlo adottando ancora lo stesso metodo del crudo, quando già cominciavano ad essere norma le case di mattoni cotti e di calcestruzzo armato; in pratica, il mattone crudo è stato abitualmente usato per le nuove costruzioni sino al 1958.

Anche in Sardegna, come era accaduto per l'Italia centro-meridionale, le tecniche costruttive importate trovano terreno fertile: non a caso nell'isola l'argilla era già stata impiegata in maniera estesa già in età romana, sia come legante di murature in pietrame, sia come intonaco o stucco, sia, infine, sotto forma di complete opere murarie, integralmente eseguite in mattoni crudi.

La sopravvivenza del crudo in Piemonte

Partendo dal territorio che si estende per un raggio di circa 40 km intorno al capoluogo della Regione, Torino, si sono scoperti numerosi e interessanti edifici tutti realizzati con la tecnica dell'adobe, ossia con mattoni di terra cruda asciugati al sole. La zona presa in esame presenta caratteristiche morfologiche molto diverse, andando dalla pianura alla collina fino ai piedi delle montagne, in una continua alternanza di costruzioni rurali e di agglomerati di diverse dimensioni.

Non è sempre facile distinguere gli edifici in crudo da quelli in cotto a causa dell'abitudine locale di intonacare i muri nello stesso modo in entrambi i casi; per alcune fabbriche infatti solamente il degrado, con lo staccarsi di parti di intonaco, e le informazioni fornite da persone a conoscenza delle tecniche locali di costruzione, ne hanno permesso l'identificazione.

La maggior parte degli edifici rinvenuti sono privi di fondazioni, il piano cantinato è scavato direttamente nel tufo, con un soffitto a volta in mattoni. La muratura sia esterna che interna è costituita da file orizzontali sovrapposte di mattoni crudi, talvolta con l'interposizione più o meno regolare di file di mattoni cotti. Le zone più soggette a carichi statici (pilastri angolari e di facciata, zone di appoggio delle travi, architravi e archi di scarico al disopra delle aperture) e di ancoraggio tra i pilastri e i muri di tamponamento, sono sovente rinforzati con l'uso di mattoni cotti.

Le dimensioni dei mattoni esaminati sono le seguenti: 6 ÷ 7 cm di spessore, 13 cm di larghezza e 26 cm di lunghezza.

I tre esempi più significativi da segnalare sono una fabbrica di mattoni attualmente in uno stato di degrado avanzato a Balangero, un comune del Canavese, alcuni edifici rurali ad uso di magazzino o di stalla come quelli situati in località Moglia (Moncucco Torinese) e a Borgo Comalese (Villastellone) alcune case rurali d'abitazione a due piani con pianta rettangolare, che ricalcano fedelmente gli schemi più tradizionali delle costruzioni locali, la muratura delle quali non è però omogenea essendo presente l'interposizione di pietre e mattoni cotti fra quelli crudi.

Altra area piemontese dove la casa in crudo ha un'antica tradizione e una grande dignità formale è la piana di Marengo, una vasta area che comprende le basse valli del Tanaro e della Boronida e la zona compresa tra questa e il torrente Scrivia, con Novi Ligure al centro, e che termina verso nord-ovest

con la cittadina di Spinetta Marengo.

Quest'area per la densità e la tipologia dei suoi edifici in terra cruda è una delle più importanti per lo studio delle tecniche di costruzione del pisé e dell'adobe in Italia.

La tipologia edilizia è quella della casa rurale, ma dal punto di vista architettonico si possono dividere questi edifici in due categorie, la prima comprende le costruzioni realizzate interamente in terra cruda, aventi solamente uno zoccolo protettivo in muratura mista pietre-mattoni cotti, e il resto della struttura, compresi gli angoli e i giunti, in pisé; la seconda comprende edifici realizzati utilizzando mattoni cotti nei punti di maggiore carico statico e nei giunti, mentre le parti in pisé o in adobe, sono relegate a funzioni strutturali secondarie, o al limite, di solo tamponamento.

Alcuni dei più ben conservati esempi di tecnologia del crudo si trovano a Bosco Marengo, nei pressi di Alessandria nelle frazioni di Mandrogne, S. Giuliano P., Quattrocascine, Pollastra-Levata, a Novi Ligure e soprattutto nella zona detta «della Fraschetta» o «Fraschetta».

Anche in un'altra provincia piemontese possiamo trovare testimonianze della tecnologia del crudo, si tratta di quella di Asti, una zona collinare compresa tra la provincia di Torino e quella di Alessandria. Le case in terra cruda di questa zona sono realizzate esclusivamente con la tecnica dell'adobe. La loro presenza, più numerosa nei piccoli centri intorno ad Asti, si dirada man mano che ci si sposta verso nord, dove alcuni esempi sono ancora presenti nei comuni di Montechiaro d'Asti, Cocconato d'Asti e Castelnuovo Don Bosco. Altri esempi sono stati identificati più a sud fino al fiume Belbo. Le tecnologie adottate sono riconducibili a quelle descritte per la provincia di Torino, ma per quanto riguarda le tipologie costruttive qui ne troviamo una nuova, quella delle «case a schiera» a due piani con cantine voltate. Le dimensioni dei mattoni crudi di questa zona sono mediamente di 6,5 ÷ 7 cm di spessore, 13,5 cm di larghezza e di 27 cm di lunghezza.

Una cultura da non dimenticare

Intorno alla prima metà del secolo scorso l'Italia poteva ancora vantare un cospicuo numero di paesi, piccoli centri ed edifici sparsi, costruiti con tutte le tecniche del crudo.

La Lombardia con gli edifici della Lomellina, del corso orientale del Ticino, dell'Oltrepò pavese, di S. Angelo Lodigiano, di Mirandolo, della provincia di Mantova, ecc.; l'Emilia-Romagna con Cento, l'Ostigliese, la valle di Sermide; le Marche con la zona di Potenza Picena (Macerata) e di altre località sul versante adriatico; la Toscana con il Cortonese e Vetulonia; gli Abruzzi, in particolare con il Teramano, ma con buone presenze anche a Chieti, Pescara e l'Aquila; l'Umbria con la zona del lago Trasimeno e Montefalco presso Foligno. La Sicilia, il Veneto e il Friuli non sembrano aver avuto molta dimestichezza con il crudo: nella prima regione le testimonianze di qualche peso architettonico sembrano essere solo quelle storiche già ricordate, nelle seconde sono quasi scomparsi i cosiddetti «casoni», rustici intonacati di fango.

Fino alla fine del secolo scorso, in molte zone d'Italia era normale vivere in una «casa di terra», ma nello spazio di pochi decenni la situazione si è rapidamente mutata. Parallelamente alle prime sostituzioni delle case di terra maggiormente invecchiate e con il sorgere di un minimo di benessere economico, nasce quella sorta di «vergogna» che si è potuta rilevare anche nei Paesi in Via di Sviluppo posti a contatto con la civiltà industriale. A quel punto la casa in terra ha cominciato ad assumere una connotazione negativa, quella di un edificio povero e strutturalmente debole, di una realtà da rinnegare: la costruzione in mattoni crudi o in impasto di fango sembra dunque non avere più stoffa, non avere più ricambi.

Distribuzione del crudo sul territorio nazionale e tecniche di lavorazione utilizzate nelle varie regioni

Per meglio comprendere le varie metodologie costruttive adottate nelle varie Regioni italiane si rimanda il lettore alla pag. 21. Occorre inoltre precisare che in ogni Regione può variare soprattutto il processo produttivo degli elementi costruttivi. Queste varianti non possono però essere affrontate in questo breve trattato e si consiglia quindi la lettura del testo di M. Bertagnin citato in bibliografia.



Zone di diffusione della costruzione in terra cruda in Italia con l'indicazione delle tecniche costruttive (da Baldacci, 1958).

Piemonte

Metodologie del *pisé* (su edifici in prevalenza nella Piana della *Fraschetta*, in provincia di Alessandria) e dell'*adobe manuale* (nella parte più marginale dell'alessandrino, nel torinese e nell'astigiano).



Portico rurale a Novi Ligure (AL).



Edificio urbano a Mandrogne (AL).



Palazzetto urbano a Lobbi (AL).

Liguria

Metodologia delle *zolle erbose* adottata per la formazione di muri di contenimento dei terrazzamenti e per la costruzione di alcuni tipi di ricoveri temporanei, chiamati *cabanne* (capanne in legno e frasche a uso dei carbonai e pastori), *selle* (costruzioni ipogee per la conservazione dei formaggi) e *ciabot* (capanne in legno e frasche, coperte da zolle erbose, a uso dei carbonai e dei pastori), nell'area dell'Alta valle d'Arroscia e nella valle del Negrone.

Lombardia

Metodologie dell'*adobe manuale* e della *terra intonaco* applicate alle *ca' de madòn* o *ca' de tron* (casa in terra realizzata in mattoni crudi), agli edifici denominati *cascine* (*casinott*, *casòt*, *gabanòt*, *casutèll* - ovvero dimore temporanee localizzate nei fondi agricoli per il ricovero di uomini, animali, attrezzi e occasionalmente anche di prodotti agricoli), in aree del cremonese, dell'Oltrepò Pavese, della Lomellina, lungo il corso del Ticino, nei pressi di Lodi e di Mantova (verso l'Emilia-Romagna).

Trentino Alto Adige

Metodologie dell'*adobe manuale*, della *terra intonaco* e del *bauge su pali* (*fachwerkhaus* simile all'*opus craticium* romano) in Val Venosta. La terra è usata anche come isolante della copertura.



Casa Tscholl in Val Venosta a Mortez (BZ), con tamponamenti in terralegno (a sinistra e al centro); casa Egger-Rudl a Laces (BZ), intervento di ristrutturazione con impiego di terra cruda (a destra).

Veneto

Metodologie dell'*adobe manuale* (a Padova), della *terra intonaco*, del *bauge su pali / torchis* (mistura di terra cruda mista a calce e paglia, utilizzata come riempimento e intonaco di murature esterne a struttura lignea in edifici del Comune di Calalzo di Cadore). Gli edifici storici più caratteristici del Veneto sono i cosiddetti *Casoni* (tipologia abitativa tipica dell'area lagunare veneta-friulana).



Casone nel Trevigiano (scomparso).



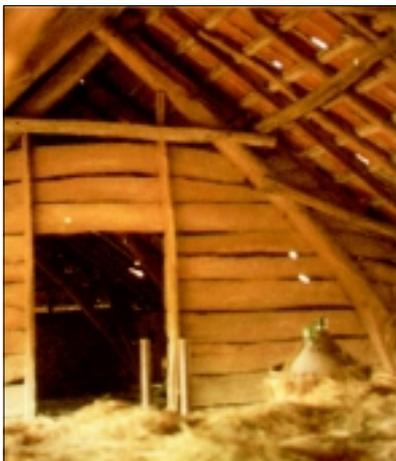
Casone ad Arzengrande (PD).



Casone nel Trevigiano, Albina (TV).

Friuli Venezia-Giulia

Metodologie dell'*adobe manuale* e della *terra intonaco* applicate ai *Casoni* dell'area meridionale della regione (bassa pianura friulana).



Maron di Brughera (PN), casone con muri in terra cruda, particolare della struttura di copertura e facciata principale (a sinistra e al centro); edificio del XIV-XV secolo con muratura in ciottoli e mattoni crudi, San Lorenzo, Arzene (PN) (a destra).

Emilia Romagna

Metodologie dell'*adobe manuale* e della *terra intonaco* utilizzate per i *capanni* (costruzioni simili al casone padovano con le pareti in terra e legno e il manto di copertura di paglia o canne, particolarmente diffuse nel reventate e nel basso ferrarese) e per i *fienili pagliareschi* (costruzioni simili alle precedenti, diffuse nel Polesine e nel ferrarese, caratterizzate dalla presenza di pilastri in muratura tamponati con graticci e canne intonacate di terra e dal manto di copertura in fibre vegetali o canne palustri). Nell'area del centese, in provincia di Ferrara, sono presenti forme caratteristiche di insediamento e di costruzione in terra cruda per effetto dell'istituto delle *Partecipanze Agrarie*.



Casa della partecipanza a Renazzo (FE).



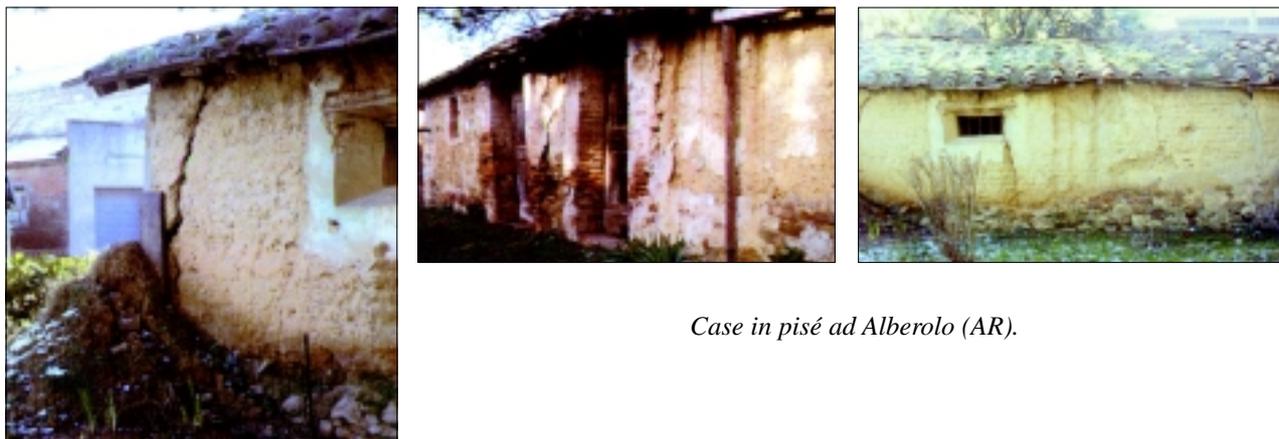
Casa della partecipanza a Renazzo (FE).



Particolare della muratura in adobe.

Toscana

Metodologie del *pisé* e delle *zolle erbose* (nelle *case di zolle erbose*, abitazioni rurali realizzate mediante la semplice sovrapposizione di zolle di terra erbosa ritagliate nel terreno) applicate nelle abitazioni della Valdichiana. L'uso del *mattoncino crudo* è particolarmente diffuso nella zona del Valdarno Superiore.



Case in pisé ad Alberolo (AR).

Umbria

Metodologie dell'*adobe manuale*, del *pisé* e della *terra intonaco*. applicate alle dimore comprese principalmente nell'area tra Spoleto e Trevi.



Casa in terra pestonata e mattoni cotti in località Beroide, Spoleto (PG).

Particolare della muratura in terra.

Marche

Metodologie dell'*adobe manuale*, dell'*adobe formato a mano*, della *terra impilata* e della *terra-paglia* applicate agli *atterrati* (costruzioni in terra cruda nel maceratese) e alle *pagliare* (costruzioni in terra cruda collocabili tra il *pisé* e la *terra-paglia* con il tetto di paglia presenti in particolare nell'ascolano).

La tecnica del *massone* (che corrisponde a quella che nel linguaggio tecnico attuale è definita come *bauge*), spesso utilizzata in questi fabbricati, consiste nella preparazione di un particolare impasto (definito *maltone*), nella produzione manuale dei massoni (grossi blocchi cilindrici di 40 cm. di altezza e 15 cm. di diametro), nella posa in opera per impilatura, nella pestonatura con pestoni e nella rifilatura del muro.



Case in Borgo Ficana (MC).

Atterrato, Località Rambona, Pollenza (MC).

Case a schiera, Corridonia (MC).

Abruzzo

Metodologie dell'*adobe formato a mano*, del *pisé* e della *terra impilata* applicate alle *case a tterra* o *case a massúne* (denominazione locale della casa in terra e in particolare della casa di "terra impastata") dell'area compresa tra Teramo - L'Aquila - Pescara - Chieti.



Case a terra a Casalinocontrada (CH). Particolare della loggia (al centro) e del soffitto (a destra).

Lazio

Metodologie dell'*adobe manuale*, del *pisé*, della *terra intonaco* (argilla frammista a pula, foglie, steli di mais, piccolo pietrisco, cenere e sterco bovino) applicate ai singoli elementi di tamponamento, denominati *fraticci*, su edifici presenti in provincia di Frosinone.

Campania

Metodologie delle *zolle di terra*, dei *telai portanti lignei* o *torchis* e della *terra intonaco* applicate a *dimore temporanee* in legno e terra presenti nella regione argillosa della piana di Battipaglia, a Eboli, nel Cilento (in provincia di Salerno) e sui monti del Matese (in provincia di Caserta).

Basilicata

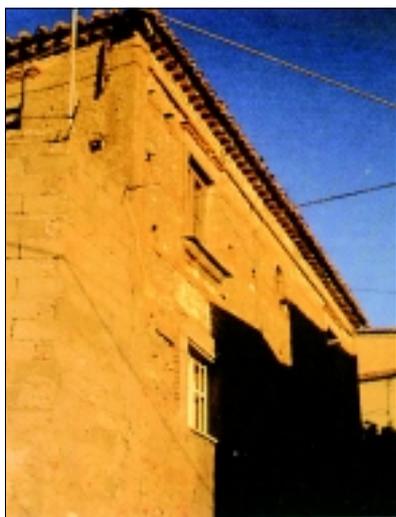
Metodologia dell'*adobe manuale* utilizzata nella costruzione delle tipiche *casedde* (semplici costruzioni di terra a uso di modesta abitazione o dimora temporanea per la custodia di attrezzi per gli orti e i vigneti), presenti dalla media valle del Basento (Ferrandina) alla media valle del Sinni (Senise) con una saltuaria catena di località in cui il mattone crudo figura come materiale edilizio per costruzioni urbane e rurali (Accettura, Aliano, Sant'Arcangelo, Roccanova, Castronuovo di S. Andrea, Senise).

Puglia

Metodologia della *terra coprente* e della terra come *legante per malte e intonaci*.

Calabria

Metodologia dell'*adobe manuale* e della *terra intonaco* adottate sulle *brestare calabresi* (modeste abitazioni in terra cruda - da *bresta*, *bistu* o *modulo bresti*, denominazione del mattone in terra cruda nelle aree centrali e meridionali della Calabria; mentre il *mattonazzu* è la denominazione del mattone in terra cruda nella Calabria settentrionale). Le aree con testimonianze edilizie in crudo sono localizzate nella regione che si estende nel bacino medio del Crati, comprendendo quella regione ad anfiteatro che, avendo a ridosso la Montea e parte della Catena Costiera si svolge verso lo Ionio declinando nella piana di Sibari e più sporadicamente in altre aree minori lungo il versante ionico, nelle pendici della Sila (Cropolati, Crosia, Cariati, Strongoli) e dell'Aspromonte (Africo Vecchio, Roghudi, Ghorio, Roccaforte del Greco, Galliciano). Tracce di diffusione vernacolare sono individuate nel versante tirrenico nel Vibonese e nei territori che vanno dalla "Piana di Gioia alla valle del Messina" e ancora, nei territori di Vibo Valenzia e nel promontorio di monte Poro in particolare anche nella provincia cosentina e di Reggio Calabria con specifico riferimento all'interessante esempio del centro di Melicuccà.



Edificio in adobe in Località Ciaramiti, Ricadi (VV) (a sinistra); case a schiera in Località Brivadi, Ricadi (VV) (al centro); edificio in modulo bresti alla periferia dell'abitato, Santa Domenica di Ricadi (VV) (a destra).

Sicilia

Metodologia dell' *adobe manuale* applicata alle presenze in terra cruda del periodo ellenistico, ancor oggi individuabile nelle mura di Gela e in edifici della zona di Cefalù formati con *pani di terra* (elementi di forma rettangolare), legati con malta di calce e argilla. Sono presenti ulteriori testimonianze limitate all'impasto di legatura di conchi e pietre (*tayu* - impasto di terra argillosa e calce solitamente utilizzato come legante).

Sardegna

Metodologia dell' *adobe manuale* (i mattoni crudi sono denominati *làdiri*) già presente nel periodo nuragico (800-500 a.C.) e mantenutasi nelle varie epoche, interessante tutta l'area meridionale dell'isola e in particolare la pianura del Campidano che ha come centro la città di Quartu Sant'Elena (Cagliari).



Mura in làdiri con archi di scarico a Oristano. Tipica facciata in làdiri non intonacata. Casa con sa lolla (loggiato) a Samassi (CA).

Altre regioni

Per alcune aree geografiche della penisola si evidenzia l'assenza o una limitata presenza di testimonianze relative all'uso della terra cruda nelle locali tradizioni costruttive. Forse nuove e più approfondite ricerche, condotte specificatamente in queste aree geografiche, potrebbero rivelare comunque altri usi della terra cruda e altre tipologie non ancora disvelate dalle indagini fin qui condotte.

I TRATTATISTI

DAL X SECOLO A.C. FINO AI GIORNI NOSTRI

Già nel Mayamata, il trattato sanscrito di architettura, si trovano le prime indicazioni metodologiche, in pratica le prime prove codificate, per il riconoscimento delle terre adatte alla costruzione, attraverso l'uso dei sensi. La terra adatta alla costruzione “*deve avere odore simile a quello del bestiame, deve essere compatta e untuosa e piacevole al tatto, con un colore che può essere bianco, rosso, giallo o anche screziato, come quello del manto di un piccione. Inoltre nelle terre si possono distinguere sei sapori: piccante, amaro, astringente, salato, acido e dolce*”¹.

Dirette parenti di questo antico patrimonio di conoscenze tecnologiche sono le prove di riconoscimento semplificate che, in virtù dell'affinamento maturato in interventi in aree a basso reddito, dove spesso si rende necessaria una rapida valutazione qualitativa del materiale terra², sono state messe a punto e verificate nella loro valenza di tecnologie facilitate per il rapido riconoscimento e giudizio qualitativo su uno dei materiali locali tra i più diffusi e localmente disponibili.

Se già nel “*De Architettura*” di Vitruvio troviamo una compiuta descrizione delle modalità tecniche di produzione dell'*adobe*, nei trattati settecenteschi viene compiutamente descritta la tecnologia del *pisé*, soprattutto in relazione alle sue potenzialità di impiego per costruzioni in ambito rurale. Alla dignità che gli deriva dall'essere presente, a pieno titolo, nell’“*Art de bâtir*” il celebre trattato di Rondelet³, si affiancano gli aspetti economico-ecologici che Goiffon prima, con “*L'art du maçon piseur*” (1772), e successivamente l'abate Rosier, con “*Nouveau cours complet d'agriculture*” (1786) e François Cointereaux con “*Les cahiers de l'École d'Architecture Rurale*” (1790) esaltano con la loro opera divulgativa. Anche la Reale Accademia dei Georgofili di Firenze si occupa del tema pubblicando nel 1793 “*Dell'economica Costruzione delle Case di Terra*” a cura di un anonimo socio. Il testo è molto pratico e altamente dettagliato.

La conoscenza di questi trattati, oltre a dischiudere nuovi orizzonti nell'ambito della storia dell'architettura di quel periodo⁴, permette un corretto inquadramento dell'approccio al recupero di molti edifici, anche di notevole interesse architettonico, costruiti in vari paesi europei tra la metà del '700 e la fine dell'800. Si ricordano anche i più recenti trattati di Daniele Longhi “*Manuale dell'Architetto*”, vol I, parte 1^a, Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino, 1923, pp. 379-380 e di G. A. Breyman “*Trattato Generale di Costruzioni Civili*”, vol I, Vallardi, Milano, 1926, pp. 54-60.

Un'altra importante indicazione operativa di supporto a un corretto intervento di recupero, emersa dal Convegno di Lione, è stata l'importanza delle analisi granulometriche sulle terre impiegate nelle varie costruzioni, delle quali si è segnalata l'utilità come supporti conoscitivi di base, accanto al rilievo metrico e architettonico, all'analisi storico-filologica di ogni singolo manufatto, per un appropriato intervento di recupero. Le indagini puntuali svolte sulle granulometrie delle terre impiegate per la costruzione degli edifici rurali brettoni tradizionali o su alcuni edifici medioevali andalusi costruiti con la tecnica della *tabiya*, una sorta di *pisé* di derivazione araba, sono esemplificazioni significative di un ulteriore arricchimento metodologico dell'indagine sul patrimonio architettonico vernacolare, finalizzata a una strategia di recupero diffuso di determinate tipologie, a scala territoriale.

⁽¹⁾ Citato in Michel Ph., *De la nécessité*, in Atti del colloquio internazionale, “*Actualité de la Construction en Terre en France*”, Plan Construction & Habitat, 1982, p. 11.

⁽²⁾ Per un panorama delle prove tecnologiche semplificate da utilizzare per l'apprezzamento qualitativo dei vari tipi di terra si veda il capitolo *Reconnaissance des sols*, in AA.VV., “*Construire en terre*”, Ed. Alternatives, (2^a edizione), 1983.

⁽³⁾ La costruzione in *pisé* è “*la casa in muri formacei*” nella traduzione italiana del trattato di Rondelet (edizione dei Fratelli Negretti del 1932). Cfr. AA.VV., *L'arte di edificare. Manuali in Italia (1750-1950)*, Bema, 1981, pp. 41-50. Nella prima edizione tradotta in lingua italiana del “*Trattato teorico e pratico dell'arte di edificare*” di Rondelet, a cura di Basilio Soresina nell'edizione del 1839, Tipografia del Gallo, Napoli, pp. 46-52 si tratta ampiamente dei *mattoni crudi* e dei *muri formacei*. La I edizione italiana pubblicata a Mantova nel 1832, sulla IV edizione originale, è anch'essa curata da B. Soresina.

⁽⁴⁾ Sui rapporti tra Rondelet e Cointereaux e l'ambiente architettonico di Lione si veda il saggio di Georges Teyssot, *L'architetture en pisé*, in “*Monuments Historiques*”, n. 116/81, pp. 31-35. Il saggio è stato ripreso nel catalogo della Mostra del Centre Pompidou “*Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millenaire*”, nell'edizione del 1986.

IL CRUDO E LE PRINCIPALI TECNICHE DI LAVORAZIONE

GLOSSARIO DELLE TECNICHE DI LAVORAZIONE

Esistono al mondo numerose tecniche riguardanti la messa in opera dell'argilla; alcune di queste metodologie di costruzione presentano al loro interno ulteriori varianti.

Tutte le costruzioni di terra possono trovare collocazione all'interno di una delle seguenti famiglie: *murature monolitiche portanti, murature in blocchi e in elementi seriali, murature miste.*

Il gruppo CRATerre ha messo a punto un diagramma che tenta di raggruppare le diverse famiglie di sistemi costruttivi, antichi e moderni, utilizzando le risorse della terra cruda:

GRUPPO A: *uso della terra cruda sotto forma di muratura portante, monolitica*

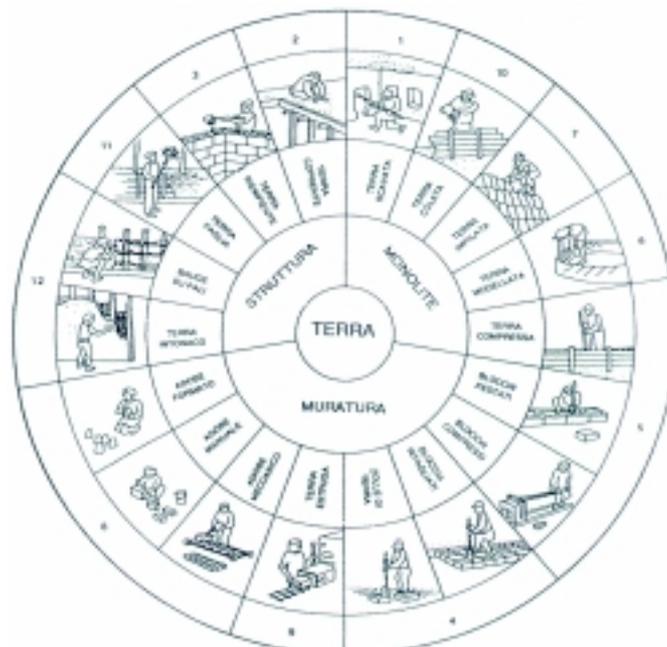
- 1 - terra scavata (*terre creusée*);
- 2 - terra colata (*terre coulée*);
- 3 - terra impilata (*terre empilée*);
- 4 - terra modellata (*terre façonnée*);
- 5 - terra compressa o terra battuta (*pisé*).

GRUPPO B: *uso della terra cruda sotto forma di muratura portante, in blocchi o elementi seriali*

- 6 - blocchi pestati (*blocs pillonnée*);
- 7 - blocchi compressi (*blocs comprimés*);
- 8 - blocchi ritagliati (*blocs découpés*);
- 9 - zolle di terra (*mottes de terre*);
- 10 - terra estrusa (*terre extrudée*);
- 11 - adobe meccanico (*adobe mécanique*);
- 12 - adobe manuale (*adobe manuel*);
- 13 - adobe formato a mano (*adobe formé*).

GRUPPO C: *uso della terra cruda come riempimento di una struttura portante (muratura mista)*

- 14 - terra intonaco (*terre en garnissage*);
- 15 - bauge su pali (*bauge sur poteaux*);
- 16 - terra paglia (*terre-paille*);
- 17 - terra riempiente (*terre remplissante*);
- 18 - terra coprente (*terre couvrante*).



I dodici modi di utilizzo della terra cruda: quadro sinottico (CRATerre).

A. MURATURE MONOLITICHE

Terra battuta (pisè / tabiya / rammed earth) / Terra battuta leggera (massone / bauge / cob)

Tradizione

“Il *pisè* è un procedimento costruttivo attraverso il quale è possibile costruire una casa con della terra, senza il sostegno di alcuna armatura lignea e senza l’impiego della paglia nell’impasto. Questa tecnica consiste nel battere, corso dopo corso, dentro a una cassaforma mobile fatta con tavole di legno, larga quanto lo spessore del muro che si intende costruire, della terra appositamente preparata. Una volta battuta, la terra si lega, prende compattezza e forma una massa omogenea che può essere elevata a diverse altezze, secondo il tipo di costruzione da realizzare. (...)”

Il *pisè* acquista solidità attraverso un processo di compattazione i cui risultati sono la diminuzione del suo volume e la soppressione dell’aria (...) il tipo di coesione che viene prodotta artificialmente attraverso l’impiego del pestello ligneo usato per compattare la terra produce un effetto naturale comparabile a quello della formazione delle pietre. (...)”

La sua durata nel tempo, oltre i duecento anni, proviene dall’evaporazione perfetta della porzione della sua umidità naturale. (...)”. Questo è quanto scriveva François Cointereaux verso la fine del XVIII secolo. Generalmente il *pisé* utilizza terra magra o medio-grassa, spesso assai pietrosa. La principale caratteristica che emerge da una prima sommaria analisi condotta sugli edifici costruiti secondo tale metodo è la loro particolare conformazione massiccia.

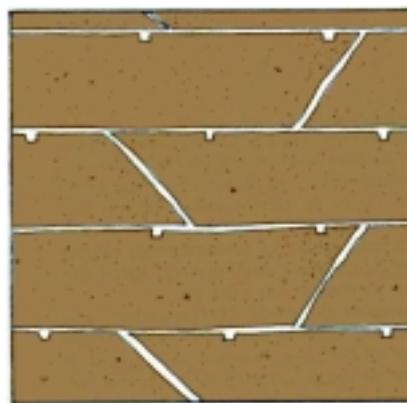
Tradizionalmente l’attrezzatura necessaria per la realizzazione di un edificio in *pisé*, con poche varianti, risulta la stessa tanto in Europa come in Africa e in Sud America. I pannelli in legno che costituiscono la cassaforma possono avere dimensioni diverse a seconda delle zone e delle diverse tradizioni locali. Generalmente la loro altezza varia tra i 50 e i 90 cm., mentre la lunghezza può variare tra 100-120 cm. e 150-200 cm. Come strumento di compattazione viene usata una mazza o un pestello ligneo di varia foggia, che secondo le aree assumono forme e dimensioni variabili. Generalmente una serie di vanghe, zappe e badili oltre che una carriola o delle ceste completano la semplice attrezzatura per la costruzione tradizionale.

Per quanto riguarda alcune nomenclature locali, questa tecnica costruttiva nell’area ispano-americana è nota come *tapia* o *tabiya*; nelle zone del nostro Paese è presente con il nome di *terra batuta*, mentre in lingua inglese il termine più diffuso per connotarla è *rammed earth*.

La *terra battuta leggera*, detta anche *massone*, prevede l’impiego di un impasto di terra cruda opportunamente additivato con trucioli di legno o paglia o sughero o argilla espansa o perlite... Tali additivi servono essenzialmente per migliorare l’isolamento dell’elemento costruttivo o consentono di ottenere superfici con effetti estetici particolari.

Innovazione

Come avviene per l’*adobe* anche per il *pisé* è in corso un processo di *attualizzazione* che ha portato, sia nell’adozione di strumenti meccanici per la compattazione (*vibrocompattatori*), sia al miglioramento delle terre mediante correzione delle granulometrie, sia alla stabilizzazione mediante cemento. Le esperienze di David Easton in California presentano anche interessanti soluzioni per la difesa antisismica degli edifici in *pisé*. Il quartiere terra dell’Isle d’Abeau nei pressi di Lione, dimostra varie possibilità di impiego offerte dal *pisé* stabilizzato nei paesi industrializzati per la costruzione di edifici privati e pubblici. Per quanto riguarda il *massone* è in corso una sperimentazione sull’utilizzo della canapa come additivo alla terra d’impasto.



Tessitura muraria del pisé francese.

Terra battuta leggera (Massone / Bauge / Cob)**Tradizione**

Forma tradizionale di costruzione in terra presente in Europa, soprattutto in Francia e (*bauge*) e in Inghilterra (*cob*). La costruzione in terra viene realizzata utilizzando un impasto di terra e fibre vegetali, generalmente paglia, nel quale le fibre sono presenti in ragione di circa 25 kg/m³. La qualità plastica di questo impasto è un fattore molto importante per la sua corretta messa in opera. Si tratta infatti di trovare di volta in volta, secondo i terreni disponibili, uno strato di consistenza intermedio tra un impasto troppo secco, difficile da lavorare e uno troppo umido, mancante perciò di coesione. Questa antica tecnica di costruzione si impernia sulla stesura di corsi sovrapposti dell'impasto preparato generalmente con l'impiego di una forca. Una volta completati alcuni corsi la superficie del muro viene trattata asportando con una particolare pala tagliente o con una semplice vanga le imperfezioni superficiali dovute al tipo di messa in opera e alla presenza della paglia.

Façonnage**Tradizione**

La façonnage diretta consiste nel realizzare dei grossi "sanguinacci" da sovrapporre senza ausilio di casseforme. Questa tecnica, pressoché assente in Europa è molto utilizzata in paesi asiatici come lo Yemen. Dall'impasto maturato di terra e paglia vengono modellati con le mani dei blocchi grezzi delle dimensioni di una pagnotta, posati l'uno dopo l'altro fino a 50 cm di altezza; ognuno di questi strati deve essere essiccato all'aria per diversi giorni prima dell'applicazione dello strato successivo.

Banché-coulé**Innovazione**

Trattasi di un procedimento sperimentale che si orienta su processi di stabilizzazione, sull'utilizzo di casseformi a perdere, destinate a migliorare le qualità termiche della terra. Altri studi hanno lo scopo di ottimizzare la posa in opera del pisé.



Muratura realizzata con la tecnica del bauge.



Façonnage in Yemen.

B. MURATURE IN ELEMENTI SERIALI**Mattoni in terra cruda (adobe) / Mattoni di terra compressa (briques de terre compressées o bloc o parpaings de terre) / Mattoni di fango (briques de boue) / Mattonelle (carreaux) / Zolle erbose (mottes de gazon)****Tradizione**

Molti procedimenti ancestrali sono contenuti in questa famiglia.

Il termine *adobe* deriva dalla parola egizia *thobe* che significa mattone. Trasformato in *ottob* dagli arabi, si è mutato in *adobe* nella lingua spagnola. Nelle zone francofone dell’Africa è noto come *toub*. La tradizionale preparazione dell’*adobe* prevede l’impiego di un impasto di terra, generalmente grassa o medio-grassa, a volte mescolata a paglia o altre fibre vegetali che, senza subire alcuna compressione, viene semplicemente versato in forme di legno delle dimensioni del mattone che si intende produrre. A formazione avvenuta i mattoni vengono essiccati al sole. Oltre a questo procedimento nelle oasi sahariane è diffusa anche la tecnica del *taglio manuale* dell’impasto steso uniformemente sul terreno mediante una lama metallica. Una volta preparati i mattoni vengono stoccati e lasciati seccare al sole per periodi variabili a seconda dell’area climatica e della stagione, e comunque per periodi variabili generalmente tra una e tre settimane. Le dimensioni degli *adobe* variano da zona a zona e, a seconda del tipo di forme adottate, possono essere prodotti da 1 fino a 16 mattoni contemporaneamente. Nei mercati sahariani vengono vendute forme in legno per la produzione di 2 o 4 *adobe* e questi strumenti sono i più diffusi almeno nelle zone caldo-aride dell’Africa. Trattandosi di uno degli elementi più antichi storicamente impiegati per la costruzione, l’*adobe* ha subito nel tempo variazioni di forma e di dimensione nelle diverse culture tecnologiche locali. Secondo alcuni studi archeologici i primi mattoni in crudo, soprattutto in Africa, sono stati conici, successivamente cilindro-conici, dentiformi e infine parallelepipedi. Tracce di questa evoluzione sono riscontrabili nella tradizione costruttiva vernacolare di alcune zone dell’Africa. È dunque attraverso un’evoluzione che l’*adobe* è giunto alla sua attuale forma rettangolare. Già nella cultura babilonese troviamo mattoni in crudo di dimensioni 20x40 cm, con uno spessore variabile fra i 5 e i 10 cm. Per i babilonesi il primo mese d’estate, il mese di *Sivan*, era dedicato alla preparazione e all’essiccazione dei mattoni. *Sivan* era noto anche come “*il mese dei mattoni*”. Secondo Plinio sono gli ateniesi Eurialo e Iperbio ad avere “inventato” la costruzione in terra cruda. Le mura di Patraso e di Corinto e, secondo Vitruvio, anche quelle di Atene erano costruite in mattoni crudi rivestiti di lastre di pietra. Nella Grecia antica vengono impiegati tre tipi di mattoni in crudo. Il primo tipo noto come *mattoni della Lidia*, presenta tre diverse misure: 50x33x8 cm; 45x26x10 cm; 39x19x10 cm. Il secondo tipo, il *pentadoron*, usato prevalentemente per le costruzioni pubbliche, misura 45x45x8 cm. Il terzo tipo, denominato *tetradoron*, viene usato prevalentemente nella costruzione delle abitazioni e misura 30x30x10 cm. Una singolare continuità è riscontrabile nella tradizione costruttiva egizia dove tracce dell’impiego dell’*adobe* sono rilevabili oltre 2000 anni prima di Cristo. L’importanza della costruzione in *adobe* nella tradizione costruttiva egiziana è stata particolarmente indagata dall’architetto Hassan Fathy che negli anni Cinquanta costruì in Egitto il villaggio di New Gournà, quasi interamente in mattoni di terra cruda essiccati al sole; il villaggio era fatto per ospitare settemila persone che vennero coinvolte nella costruzione.

Per realizzare *mattoni di terra compressa* è sufficiente un semplice stampo in legno riempito di terra abbastanza umida per renderla plastica, leggermente pigiata con la paletta. La forma in legno permette di realizzare dei mattoni che vengono poi asciugati al sole.

Eloquente il significato di *mattoni di fango*, tecnica tutta africana dell’*adobe* formato a mano utilizzando il fango degli acquitrini durante il periodo delle secche. Una curiosità da osservare è che il fango può contenere al suo interno qualunque cosa. Esiste un pesce in grado di respirare l’aria che spesso rimane per lungo tempo intrappolato nel fango sul letto dei fiumi, avvolto da una speciale pellicola protettiva che lo difende dalla calura fino al nuovo periodo delle piogge torrenziali. Esso viene reso involontariamente partecipe della struttura muraria degli edifici ma, senza preoccuparsene troppo, la abbandona forando il blocco in cui è imprigionato non appena l’acqua piovana scorre copiosa lungo la facciata dell’edificio. Come un’anguilla, raggiunge velocemente il più vicino corso d’acqua strisciando sul terreno melmoso.

Le *mattonelle* di terra, di un modulo più grande, sono ricavate con terra setacciata e leggermente compattata. Alcune fonti indicano che in Francia le mattonelle sono direttamente ritagliate con la vanga dalla «marne crayeuse» (tradizionale dei dintorni di Reims).

Le *zolle erbose* tradizionalmente utilizzate nelle regioni francesi con erbe provviste di folti ciuffi, sono anch'esse ritagliate con la vanga, sotto forma di placche e utilizzate rivoltando l'erba verso il basso per formare la muratura e orientando l'erba verso l'alto per coprire la costruzione (faîtage).

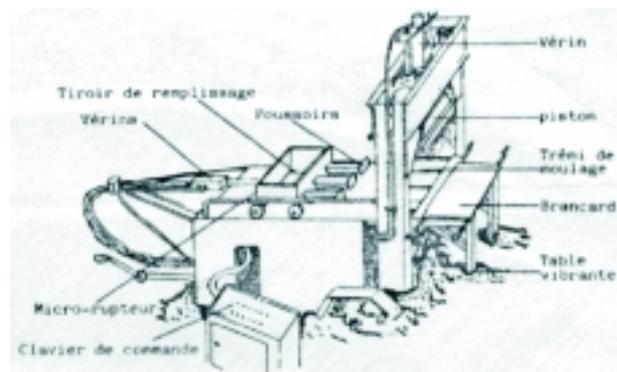
Innovazione

Soprattutto negli Stati meridionali degli U.S.A. (California, New Mexico e Arizona) è in atto da almeno due decenni un rilancio della costruzione in *adobe* e di conseguenza anche la produzione locale è evoluta dalla fase artigianale a quella semi-industriale. La produzione industrializzata dell'adobe è oggi una realtà economica che sta mutando il quadro abitativo soprattutto per quanto riguarda le case unifamigliari, per la cui costruzione il ricorso dell'adobe è ormai una scelta dominante. Ad esempio, nell'esperienza di costruzione dell'insediamento della comunità Dar-Al-Islam ad Abiquiu nel New Mexico, Hassan Fathy, progettista e costruttore con i suoi maestri costruttori nubiani dei vari edifici, impiega adobe prodotti industrialmente dagli “*adoberos*” della zona. Per quanto riguarda i paesi in via di sviluppo, l'attualizzazione dell'adobe, oltre che da Fathy stesso, è stata promossa da molti progettisti formati alla sua scuola, oltre che da vari altri operatori sensibili alla tematica della valorizzazione dei materiali e delle tecniche locali.

Per la preparazione del *blocco di terra compressa* è necessario utilizzare un impasto di terra con una consistenza plastica. Volendo produrre blocchi o mattoni a partire da una terra allo stato secco, occorre riprodurre un meccanismo di compressione analogo a quello del pisè ovvero della muratura a grandi blocchi compattati in cassaforma (tecnica descritta più avanti). Questo procedimento di compattazione-compressione della terra, può essere effettuato a mano, con l'impiego di strumenti simili a quelli impiegati per il pisè o mediante l'uso di presse manuali, meccaniche, idrauliche o pneumatiche. Tra le presse manuali più conosciute e diffuse ricordiamo la CINVA Ram e la Terstaram impiegate oggi in vari programmi di costruzione a basso costo nei paesi in via di sviluppo. Secondo il tipo di organizzazione del cantiere di produzione, con queste presse è possibile produrre localmente dai 300 ai 1200 blocchi per giorno, considerando una giornata lavorativa di 8 ore e l'impiego di 2-3 addetti per pressa, e una pressione di compattazione media di 10 kg/cm². Le moderne presse idrauliche, derivate da quelle concepite per la produzione di mattoni silico-calcarei, sono in grado di fornire ovviamente prestazioni molto più elevate in termini di qualità del prodotto con produzioni medie che possono variare tra i 10.000 e i 50.000 blocchi giornalieri, in rapporto al tipo di pressa. È inoltre possibile ottenere blocchi pieni, forati, alveolati, stabilizzati nella massa o limitatamente in superficie, con aggiunta di calce o altro legante e leggermente pigiati o compressi o iper-compressi.



Muratura realizzata con mattoni di terra cruda.



Pressa di tipo vibrante, moderno strumento utilizzato per la preparazione di blocchi crudi eventualmente stabilizzati.

C. MURATURE MISTE

Pan de bois / Impasto di terra-paglia (torchis - Francia / fachwerk - Inghilterra -) / Colombage

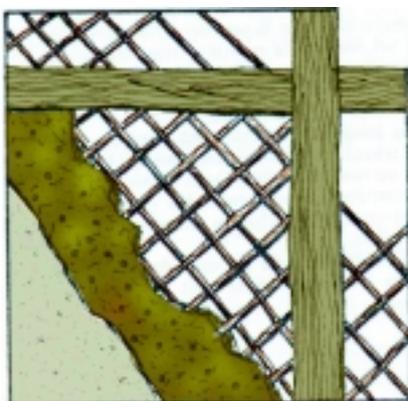
Tradizione

Esistono nella tradizione della costruzione in terra cruda molte tecniche costruttive che associano il legno e la terra. La terra in questi casi viene usata come semplice riempimento (*colombage*) o rivestimento di ossature in legno (*pan de bois* e *torchis* o *thorchis*). A quest'ultima classe di tecniche miste appartiene anche la *terra-paglia*, che impiega il legno con funzione portante e l'impasto di terra e paglia, messo in opera per mezzo di una cassaforma, come materiale di riempimento con funzione di tamponamento. Le costruzioni riguardanti le cosiddette «*tecniche miste*» presentano una statica dei diversi elementi architettonici garantita da un'intelaiatura statica costituita da pilastri, travi, tralicci e scheletri tradizionalmente di legno; il tamponamento avviene con terra cruda. Qui di seguito sono elencati alcuni elementi caratteristici di questo tipo di strutture edilizie:

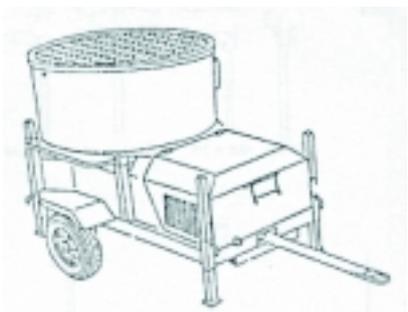
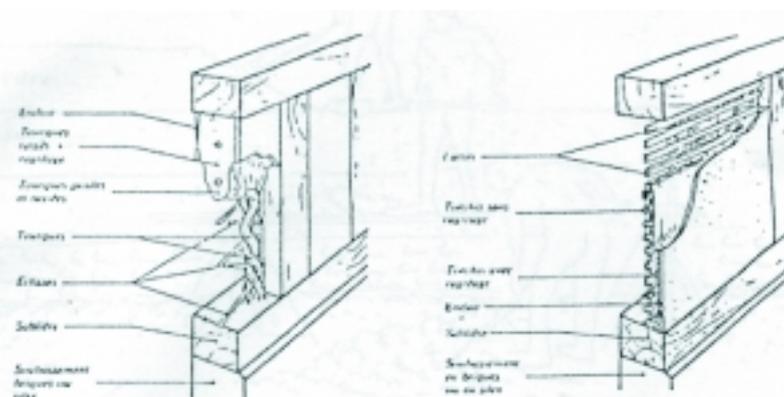
- traliccio con colonne in legno, ossatura e tavole di legno con tamponamento in terra cruda;
- costruzione a travi con rete intrecciata di nocciolo intonacata oppure con tamponamento in terra cruda;
- supporti con travi in legno con gettata in terra cruda;
- ossatura del tetto con tamponamento in terra cruda.

Innovazione

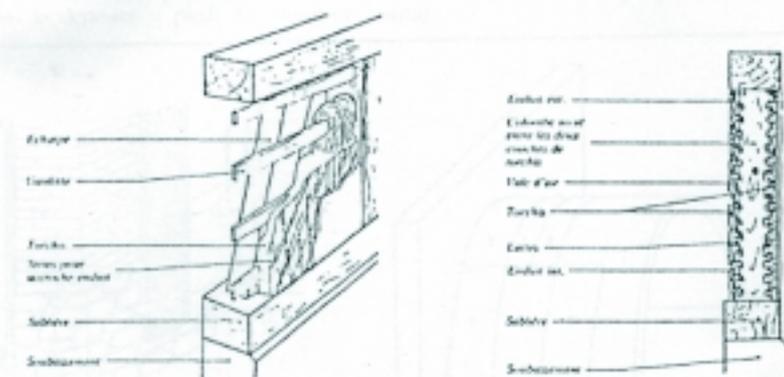
La tecnica della *terra-paglia* è stata di recente attualizzata in una delle sperimentazioni condotte nel quartiere-terra dell'Isle d'Abeau nel Lionese.



Struttura lignea rivestita di terra.



Miscelatore SED, moderno strumento di lavorazione impiegato per la preparazione dell'impasto di terra.



Diverse modalità costruttive del torchis secondo i rilievi del gruppo di lavoro del parco regionale di Brotonne (Alta Normandia).

LA STABILIZZAZIONE

Il discorso sulla stabilizzazione è assai complesso e articolato per poterlo trattare in poche righe. Vale la pena comunque di sottolineare gli aspetti generali. Se si intende costruire in terra, si può scegliere quella disponibile nel luogo ma, in questo caso, occorre considerarne le caratteristiche chimico-fisiche ai fini di poter scegliere la tecnica costruttiva più adatta. In alternativa ci si può procurare della terra di migliore qualità reperita nei dintorni della zona sulla quale si intende costruire. La terza soluzione prevede il miglioramento delle caratteristiche della terra disponibile al fine di migliorarne le prestazioni attraverso l'uso della stabilizzazione.

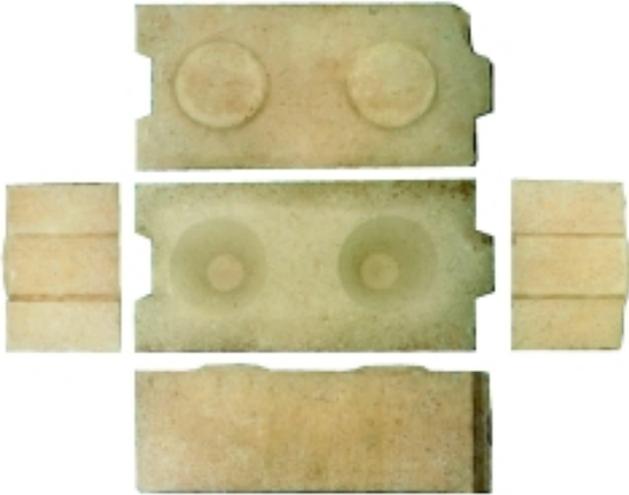
Una prima forma di stabilizzazione è il *miglioramento per densificazione* (compattazione manuale o meccanica) che produce l'effetto di diminuzione della porosità della terra. Un'altra forma di miglioramento è la *correzione della granulometria* della terra disponibile mescolandola con altra contenente elementi mancanti, in modo da ottenere una miscela a granulometria ottimale. Una terza forma di stabilizzazione possibile è quella *fisico-chimica*. Il cemento, la calce e il bitume sono gli *stabilizzanti* più usati nei processi di miglioramento delle terre impiegate per produrre blocchi di terra compressa o costruzioni in pisé e in BTS. Tra i *prodotti naturali*, rimasti nelle tradizioni costruttive di Paesi diversi con funzione stabilizzante, si possono ricordare il caucciù naturale, la caseina, la gomma arabica, gli oli di cotone, di cocco e di lino, il copal, l'olio di sisal, i prodotti ricavati dall'impiego del cactus, dell'acacia, della banana e del carrubo. Fibre varie, prime fra tutte la paglia, più che valore stabilizzante in senso stretto svolgono un'azione di rinforzo del tipo di quella svolta dalle fibre di vetro nelle plastiche armate. Tra i *prodotti chimici* con potere stabilizzante (legante o idrofugo) si possono ricordare le resine sintetiche e i silicati. Va comunque tenuto presente che gli stabilizzanti naturali andrebbero preferiti a quelli chimici.

Per quanto riguarda i prodotti naturali, dei test sono stati condotti da ricercatori su campioni di impasto con acqua, terra, paglia e una percentuale in peso del 2% di ciascun stabilizzante. I campioni dei diversi tipi di stucco ottenuti dalle varie miscele sono stati sottoposti a diversi cicli di pioggia simulata, misurando l'erosione prodotta su ciascun campione, confrontandola con quella prodottasi nel campione di semplice terra e in quello stabilizzato con asfalto liquido. I risultati del lavoro sperimentale hanno dato luogo a una serie di *raccomandazioni* che i ricercatori hanno proposto per il corretto impiego in *zone ad alta piovosità* di intonaci contenenti stabilizzanti di origine vegetale come quelli sperimentati, per la difesa degli edifici in adobe.

Il controllo a lungo termine dei risultati del consolidamento dell'adobe mediante *silicato di etile* in varie applicazioni, l'impiego dell'elettro-osmosi per l'eliminazione dell'umidità delle murature in adobe e il consolidamento elettrochimico (o elettro-iniezione o elettro-consolidamento, che consiste in uno scambio di ioni tra gli elettrodi, il mezzo acquoso e il minerale argilloso) come forma di intervento economica e appropriata in presenza di murature in terra poco permeabili da consolidare, sono altre esperienze di indagine portate avanti già dalla fine degli anni Ottanta del XX secolo.

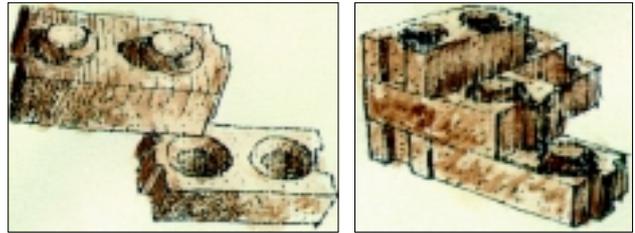
Tra gli svariati tipi di mattoni in terra o terra-paglia stabilizzati spiccano i blocchi ideati dal prof. Roberto Mattone, del Dipartimento di Tipologia Strutturale alla Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, prodotto partendo da terra argillosa accuratamente vagliata, lievemente inumidita e stabilizzata con leganti quali il cemento (4%-6% in peso) o la calce e infine compressa in una semplice pressa manuale. Il costo energetico per la produzione dei blocchi di terra compressa stabilizzata al 5% di cemento si attesta attorno ai 400 MJ/t; un valore bassissimo se confrontato con il costo dei blocchi in calcestruzzo, 1200 MJ/t o con quello richiesto per i laterizi, 3700-4000 MJ/t. Si rammenta che il costo energetico necessario alla produzione di blocchi in terra cruda non stabilizzata oscilla intorno ai 100 MJ/t. I valori qui espressi si riferiscono a una produzione a livello artigianale, sulla quale viene a incidere il costo energetico del trasporto, valutabile in 2,8 MJ/t al km. L'idea geniale di Mattone è stata quella di munire i blocchi di svasature e appendici sulle superfici d'unione fra i blocchi in modo da assicurarne l'ammorsatura in fase di posa in opera; i blocchi sono resi aderenti fra loro tramite un sottile strato di argilla resa molto fluida. L'effetto finale è quello di ottenere un edificio che pare proprio realizzato come un gioco di costruzioni. Il professor Mattone opera in particolare nelle favelas brasiliane offrendo alle popolazioni del luogo un prodotto di qualità

che assicura: la dimensione costante dei blocchi, la compattezza e la durabilità del materiale anche in periodi di piogge torrenziali, un'accurata esecuzione della muratura, delle superfici continue che non offrono ricetto ai pericolosi insetti ematofagi rendendo quindi superflua l'intonacatura.

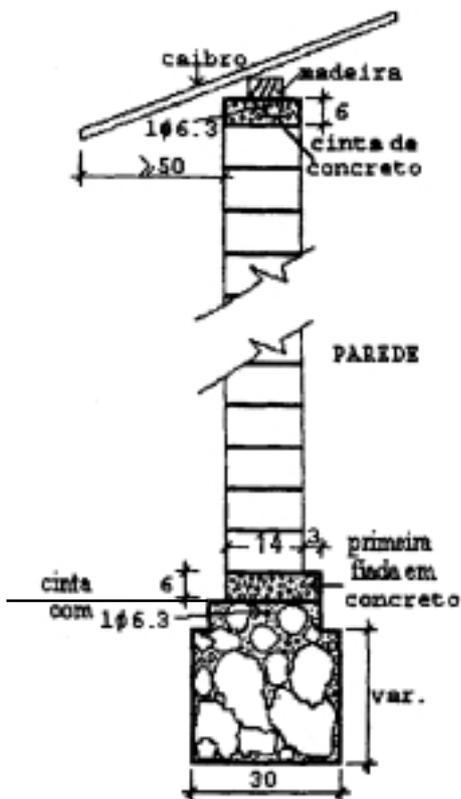


Risultati dei test eseguiti sui singoli blocchi

cemento	resist. a compr.	assorbimento H ₂ O
0%	1,5 MPa	indeterminato
4%	3,0 MPa	14,2%
6%	4,2 MPa	14,0%
10%	6,5 MPa	13,7%
6% con fibre di sisal (L=1 cm)	4,4 MPa	13,5%
6% con fibre di sisal (L=2,5 cm)	4,3 MPa	14,6%



Blocco ideato dal prof. Roberto Mattone, fasi della sua produzione e procedura di montaggio.



Sezione della parete perimetrale di un'abitazione realizzata da Roberto Mattone con blocchi di terra stabilizzata nella favela 'Cuba de Baixo' in Brasile.

Mattonelle in terra cruda (Barbara Narici): dalla terra madre alle nuove tecniche costruttive. Esempi di impasti per pisé, adobe, terra alleggerita, torchis e terra paglia.



Alcune ditte italiane sono vere e proprie pioniere nel campo della bioarchitettura. Con grande coraggio e soprattutto remando controcorrente, effettuano sperimentazione battendo nuovi settori di ricerca, per fornire con largo anticipo, prima ancora che la domanda giunga sul mercato, efficaci soluzioni capaci di soddisfare quelle esigenze che si verranno a creare nell'immediato futuro. I loro prodotti sono completamente naturali, sani e molto resistenti alle aggressioni degli agenti atmosferici e possono di diritto sostituire i vecchi materiali edili più dannosi per la salute dell'uomo e per l'ambiente. Seguendo le direttive europee sulla sicurezza dei materiali hanno preso esempio da altre ditte operanti attivamente negli Stati europei del nord, dove i prodotti bio-eco-compatibili hanno rosicchiato una buona fetta di mercato. Purtroppo l'Unione Europea ci "marca" ancora una volta come il fanalino di coda; negli altri Stati si vive già infatti da molti anni in case sane, progettate secondo una architettura bio-ecologica. La terra cruda è stato uno dei primi materiali a essere ripescati dal "dimenticatoio", rivalutando le sue pregevoli e numerose qualità. Tutti i blocchi che vediamo qui sopra sono in terra cruda, in terra-paglia, in terra-paglia-truciolati di legno, in crudo alleggerito; estrusi o prefabbricati o pressati a mano; pieni e forati; naturalmente tutti quanti stabilizzati con una adeguata dose di legante. Saranno sicuramente questi i materiali edili con cui i progettisti dovranno cimentarsi nei prossimi decenni; saranno questi i materiali edili più richiesti dalle prossime generazioni.

IL «PRESENTE» DEL CRUDO

IL PUNTO SULL'ATTUALE SITUAZIONE

Abbiamo visto quali realizzazioni grandiose siano state fatte durante le civiltà più antiche, abbiamo potuto constatare nello stesso tempo come la qualità delle opere e le stesse destinazioni d'uso siano andate scadendo nel tempo, man mano che ci si avvicina ai nostri giorni, in un inarrestabile tramonto. È lecito chiedersi se esista, ancor prima di un ipotetico futuro, un «oggi» per le costruzioni in crudo, un presente reale sentito e vissuto come forza espressiva e norma di vita, non soltanto come puro folklore.

Il crudo ha un suo immediato futuro ben chiaro e preciso, certo non è ancora un'aspirazione o una necessità precisa, ma appaiono già nette due strade parallele che la realtà odierna sta imboccando: da una parte, il tentativo di contribuire a risolvere uno dei problemi più angosciosi per la popolazione mondiale in espansione - il problema della casa - dall'altra, la speranza, per ora coltivata solo da un'élite, di disporre di un ambiente più caldo ed umano per la propria abitazione.

Ma qual'è il «vero» presente, quante e quali sono le costruzioni civili ancora oggi in normale servizio attivo? Come già è stato accennato, in molti villaggi e persino in alcune città, la gente vive da anni in case di crudo, ignorando di quale materiale esse siano fatte, e viceversa in alcuni altri Paesi - specialmente quelli Terzo-mondiali - venuti a contatto con la civiltà occidentale, si assiste ad un progressivo quanto dannoso rigetto dei tradizionali sistemi e materiali edilizi. La risposta è sempre la stessa «perché voi occidentali abitate in case lussuose pretendendo di darci abitazioni che voi stessi avete rifiutato?».

A questi vengono sempre più spesso sostituiti materiali e sistemi di importazione frustranti e spesso non appropriati. Credo che, parlando apertamente senza voler offendere alcuno, i Paesi Occidentali rimangano anche questa volta su un gradino di sviluppo più alto dei Terzo-Mondiali, non per quanto riguarda la tecnologia ma in questo caso per maturità mentale. Noi stiamo infatti imboccando, volenti o nolenti, un nuovo percorso culturale, che ci accompagnerà nel Terzo Millennio e che possiamo appellare, se mi si consente, «New Age»: Nuova Età, fatto di numerose «stelle cadenti» che si susseguono imperlando un broccato che caratterizza il classico percorso culturale di ogni fine millennio (per esempio in architettura il Post-Modern che appena nato già volge alla sua fine). Senza voler essere troppo ottimista, soltanto il fatto di sapere che molte persone leggeranno con interesse questo scritto, dimostra che c'è già oggi un timido accenno di interessarsi a nuovi campi di ricerca che abbracciano, come in questo caso la bioarchitettura, ma anche per quanto riguarda le arti in generale, tecniche del passato che vengono rivalutate ed adattate a un nuovo uso moderno adeguato al gusto culturale dalla nostra Società. Solamente i problemi legati al problema energetico bastano a farci rimpiangere i vecchi modelli costruttivi di stampo vernacolare, che ben si adattavano al clima di ogni regione ma che sono stati sostituiti dalle tecnologie standardizzate del cotto, del calcestruzzo armato e dell'acciaio che poco si adattano ai differenti habitat dei nostri luoghi. La terra ha finora suscitato sulle persone un'inconscia repulsione perché legata all'idea di povertà, mentre i materiali industriali soddisfano splendidamente il bisogno di una ricchezza stereotipata; per fortuna la nostra mentalità sta cambiando. Questo i Paesi Terzo-mondiali non lo sanno e stanno imboccando, anche se a volte non è così, una via che noi fortunatamente stiamo abbandonando da quando nel 1972 iniziò il periodo di declino dell'International Style o architettura moderna, che ci lascia come eredità enormi e spesso insignificanti mostri vetriati con ossatura in c.a. o acciaio, a tenuta stagna e progettati a tavolino; edifici che quasi mai legavano con le tipologie edilizie e con l'ambiente in cui doveva sorgere l'edificio. Se accantoniamo per ora le centinaia di migliaia di abitazioni in crudo sparse nei paesi dove tale tecnica è ancora normale consuetudine (come nell'America Latina) o dove è di fatto l'unica possibile (come per esempio nell'Iran centromeridionale, in Iraq, in buona parte dell'Afghanistan e dell'Africa settentrionale e centrale, nella penisola araba, ecc.) e rivolghiamo la nostra attenzione all'Europa e in particolare alle regioni settentrionali e nordorientali, si scopriranno dati molto interessanti. Della situazione italiana abbiamo già parlato: alquanto penosa, escluso qualche restauro in Sardegna e qualche convegno realizzato dalle associazioni di settore. In Francia la tradizione del crudo esiste e fu esaltata e addirittura codificata, tra la fine del XVIII e la prima metà del XIX secolo, in autorevoli pubblicazioni nel filone della trattatistica illuministica seguita

alla rivoluzione. La fiducia nelle qualità del crudo espressa anche da parte di severi accademici e una consuetudine mai spenta hanno fatto sì che la Francia, tra tutte le nazioni europee, si presentasse alle soglie del nostro secolo con una collezione di esempi tuttora validi e vitali. Inoltre in Francia esiste un'ampia letteratura sulle tecniche esecutive, sulle qualità del materiale terroso, sulle attrezzature meccaniche, ecc.; tutti elementi che variano addirittura da regione a regione.

Sulla scia del rinnovato interesse francese per il crudo, verso la metà del secolo scorso altre nazioni europee adottarono o ripresero l'uso delle costruzioni in terra. In prima fila la Germania nella quale - oltre al sistema del *torchis* tradizionale nei tipici antichi fabbricati a telaio ligneo - furono realizzate col sistema del *pisé case* di abitazione a più piani e persino fabbriche. Senza contare la Spagna che realizza addirittura grandi edifici pubblici in *pisé* (p. es. teatri) sollevata, rispetto al caso italiano, dalla severa pressione esercitata dalla farraginoso normativa sulla "sicurezza in cantiere".

REALIZZAZIONI SPERIMENTALI

Sono molteplici le iniziative che paesi industrializzati e paesi in via di sviluppo hanno portato a termine o stanno attuando allo scopo di aggiornare le tecniche esecutive, di migliorare la qualità delle nuove costruzioni in crudo e, quindi, convincere la gente che non è così poi scomodo o disonorevole usare a fine XX secolo lo stesso materiale che usarono i nostri antenati.

Vorrei ricordare il lodevole operato del prof. Roberto Mattone, che spesso lascia gli "asettici" locali del Dipartimento di Tipologia Strutturale del Politecnico di Torino per volare in sud-America a edificare, immerso nell'ambiente della foresta amazzonica, abitazioni in crudo per gli Indios realizzate, come già visto in precedenza, con i blocchi da lui stesso ideati, aventi la particolarità di possedere degli incastri sulle superfici maggiori per garantire una efficace ammorsatura dei blocchi e legati da una semplice "spennellata" di argilla liquida.

Le ragioni che hanno spinto centri di studio privati, istituti di ricerca a interessarsi a questi programmi sono essenzialmente due: la crescente richiesta di alloggi e l'impennata dei costi energetici.

Riguardo a questo secondo punto si è visto come il crescente costo dell'energia si ripercuota anche sui materiali edilizi considerati tra i meno cari come il cemento e i mattoni cotti. È stato dimostrato che l'energia consumata per produrre un mattone cotto è di 2 KWh, un mattone crudo delle stesse dimensioni stabilizzato a cemento ne consuma 0,05.

Le recenti analisi dei «costi ecologici» dei processi di costruzione, e l'esame del «costo sociale» dimostra come l'uso dei materiali da costruzione oggi considerati tra i meno cari sul mercato presto non saranno più competitivi.

Se si aggiungono i vantaggi propri del materiale, la notevole coibenza termica, l'assenza di elementi inquinanti, la facilità di impiego, ecc, si può capire il motivo delle ricerche e sperimentazioni in atto. Per quanto riguarda la richiesta di abitazioni, essa procede a sua volta in due direzioni: da una parte si assiste alla richiesta continua, più o meno prevedibile e quantificabile, per effetto della crescita della popolazione mondiale o per il frantumarsi dei nuclei famigliari, dall'altra si deve tenere presente l'imprevedibile e drammatica richiesta conseguente a eventi drammatici quali guerre, terremoti, inondazioni. In questi casi un notevole contributo viene dalla tecnologia della prefabbricazione, ma spesso il suo carattere di estraneità rispetto alle consuetudini locali e il costo pagato dall'intera comunità costituiscono un problema da non sottovalutare, è qui che la casa in terra può rappresentare una risposta adeguata.

Gli obiettivi che si cerca di perseguire sono l'introduzione della terra quale materiale da costruzione laddove non è mai stata usata prima e, nello stesso tempo, il suo reimpiego con innovazioni tecnologiche dove è caduta in disuso.

Alcuni esempi di programmi sperimentali in ordine cronologico:

1920-27 in Belgio, Inghilterra, Svezia, e Norvegia: costruzioni sperimentali di abitazioni e padiglioni;

1929-48 in Danimarca: costruzioni in *pisé*;

1934-35 in Egitto: costruzione in due riprese di 50 alloggi, una moschea, scuole e bagni pubblici;

1935-40 in South Carolina, Virginia e South Dakota: costruzioni sperimentali ed estese prove tecnologiche;

1943-68 in Canada e in Alaska: costruzioni sperimentali;

1945-58 nella ex Germania Federale: dopo la creazione di cinque centri di insegnamento delle tecniche di compattazione della terra, realizzazione di migliaia di alloggi in crudo in zone minerarie e rurali; in Francia: una sede pilota di alloggi in terra compressa;

1947-50 in India: 4000 alloggi per rifugiati di guerra;

1950-55 in Corea del Nord e a Formosa: costruzioni nell'ambito di programmi di emergenza;

1973 in Galilea: dopo la guerra, realizzazione di numerosi alloggi in mattoni crudi per i senzatetto;

1975 in Nuovo Messico: quartiere residenziale suburbano composto da 100 abitazioni di lusso;

1979 in Marocco: edificazione di un centro regionale artigianale;

1981 in Nuovo Messico: case solari in terra; in Francia: città nuova di 63 case in terra.

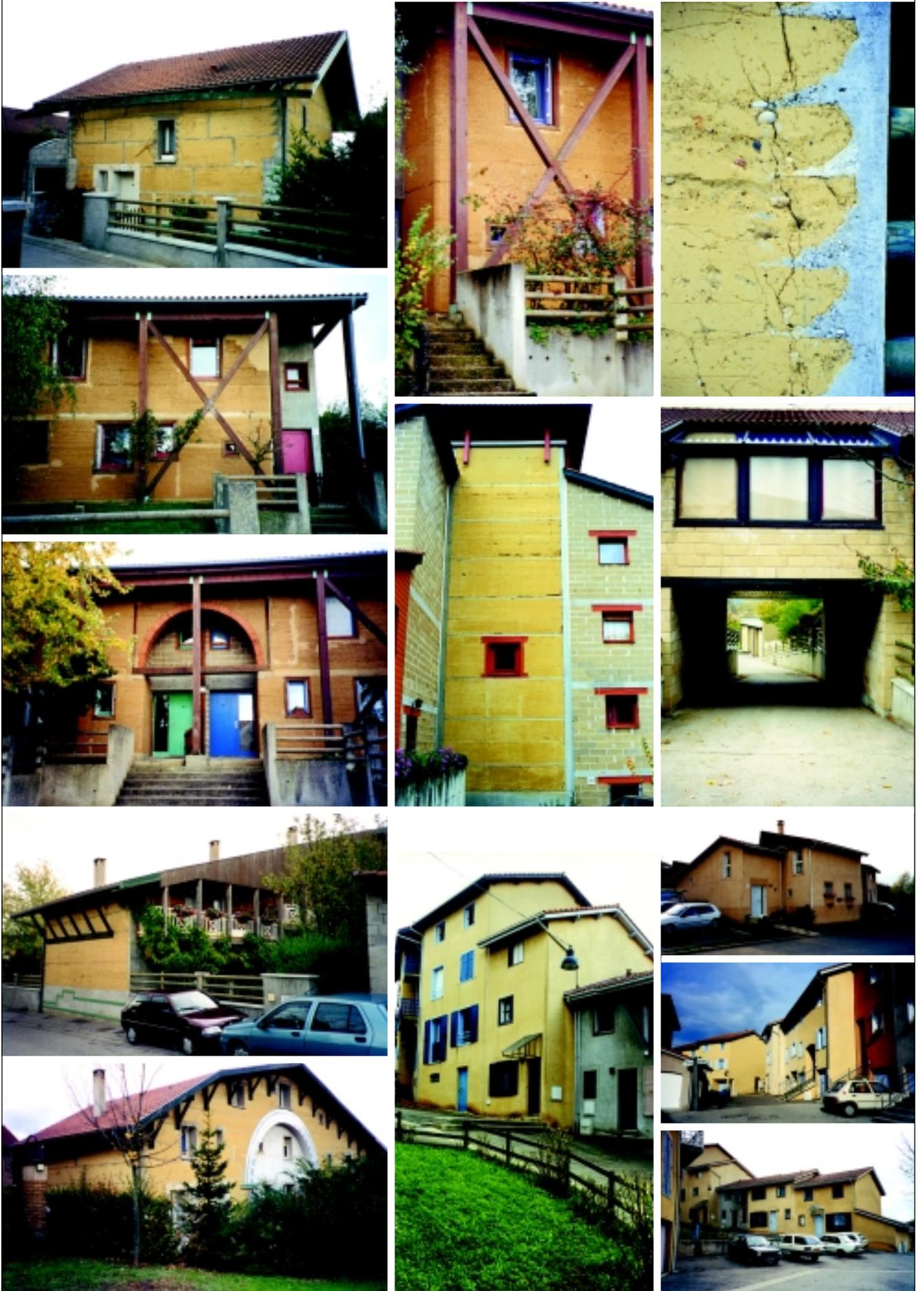
Negli ultimi anni sono soprattutto gli Stati Uniti, in particolare le regioni del sud come il New Messico e parte della California, a manifestare un notevole interesse per le costruzioni in crudo. È l'aspirazione a vivere in un ambiente più sano, più naturale e legato alla tradizione costruttiva autoctona. Nei paesi citati si contano addirittura 28 fabbriche per la produzione dell'adobe, di cui ben 15 situate nel New Messico, oltre ad un certo numero di piccoli artigiani.

1999 in Germania: Chiesa della Conciliazione a Berlino; in Austria: edificio industriale, ospedale, atelier e alcune abitazioni monofamiliari; a Basilea: realizzazione di uno zoo; in Italia: edificazione di un cimitero.

Questo «presente» apre uno spiraglio verso un'edilizia più ecologica ed economica, con l'attenzione rivolta al razionale sfruttamento delle cave al fine di non provocare squilibri idrogeologici e dannosi mutamenti morfologici del territorio; nello stesso tempo permette di riscoprire l'esistenza dell'argilla quale materiale da costruzione e quindi l'esigenza di preservarne la memoria e le testimonianze.



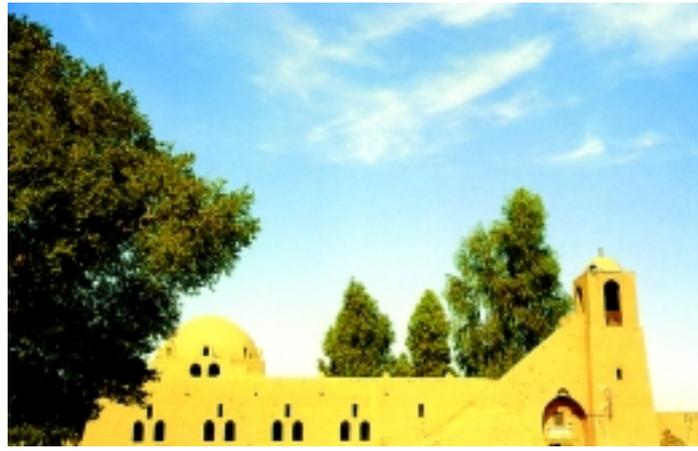
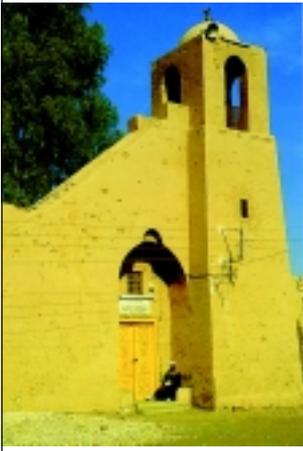
Case di terra nel Village Terre de la ville Nouvelle «Le demain de la terre» a l'Isle d'Abeau (Isère), nei pressi di Lione.



Case di terra nel Village Terre de la ville Nouvelle «Le demain de la terre» a l'Isle d'Abeau (Isère), nei pressi di Lione.



Case di terra nel Village Terre de la ville Nouvelle «Le demain de la terre» a l'Isle d'Abeau (Isère), nei pressi di Lione.



Il villaggio New Gourna (Egitto), progettato da Hassan Fathy. Edificato negli anni Cinquanta, è quasi interamente in mattoni di terra cruda essiccati al sole. Il villaggio era fatto per ospitare settemila persone che vennero coinvolte nella costruzione. La moschea in terra cruda si fonde armoniosamente con i colori del cielo e della vegetazione; il portone evidenzia i colori accesi del sud. La tradizione dell'arco nubiano, realizzato in mattoni crudi, è stata anch'essa riesumata da Fathy, in modo da risparmiare sul costo del legname da importazione necessario per la copertura. A New Gourna i mattoni vengono prodotti continuamente per la manutenzione degli edifici.



A conclusione di questa carrellata di immagini citerei un'ultima testimonianza che spero sia di buon auspicio per una rinascita a breve termine del crudo in provincia di Alessandria. Si tratta dei lavori condotti alla Scuola Edile di Alessandria (zona D3) dagli istruttori e dal tutore geom. Piero Sacchi che vertono sul riutilizzo della tecnica del pisé (ancora tutta da affinare) e dell'adobe stabilizzato, con l'utilizzo dei blocchi ideati dal prof. Roberto Mattone. Mi auguro che queste prove abbiano un seguito...

LA DURATA, I PROBLEMI E I SISTEMI DI PROTEZIONE

IL TEMPO

Non è facile determinare una vita media per gli edifici del passato costruiti in crudo: condizioni climatiche, uso costante o abbandono, alluvioni, incendi, saccheggi, sono fattori che influiscono in modo determinante.

Se si considera il crudo come uno dei tanti materiali da costruzione, si può constatare come la vita media degli edifici in questo materiale, a parità di «affronti» subiti, non è certo più breve di quella di entità architettoniche fatte di qualsiasi altro materiale e si stima nell'ordine di duecento anni. L'unica differenza consiste nelle rovine delle costruzioni; infatti una costruzione di materiali tradizionali offre quasi sempre uno spettacolo di rovine identificabili, mentre una costruzione in crudo si dissolve lentamente rendendo impossibile ogni identificazione delle forme originarie.



«La Terra si riprende ciò che l'Uomo le ha sottratto...».



Le costruzioni in crudo, per incuria, si dissolvono lentamente, ospitando al loro interno alberi e arbusti. Il risultato finale è fortemente pittoresco.

Tuttavia, questa caratteristica alquanto negativa contribuisce ad accomunare una costruzione in crudo a quelle fatte con materiali più durevoli: essa infatti diventa un'ideale riserva di materia prima per nuove costruzioni, così come spesso gli edifici in rovina servivano come fonte di materiali grezzi o elementi architettonici belli e pronti.

La possibilità di annoverare l'argilla come un ottimo materiale per il riciclaggio, ecologicamente pulito e biodegradabile, le permette di essere pienamente apprezzata ed essere utilizzata con tutta sicurezza e fiducia in realizzazioni di bioarchitettura.

Data la superiore qualità degli impasti fatti con terra proveniente da edifici ridotti in polvere, si può affermare che in ogni edificio in crudo che abbia terminato il suo ciclo vitale, esiste già in nuce la nuova opera che da esso potrà successivamente levarsi.

ELEMENTI DI PATOLOGIA EDILIZIA

Fattori fonte di degrado e di dissesto

Esistono delle patologie comuni a tutti gli edifici in terra sparsi nel Mondo; per contro esistono patologie collegate ad ambiti particolari, a determinate condizioni ambientali, a speciali tipologie. Da un lato queste murature presentano problematiche comuni ad altri tipi di murature, dall'altro lato però sono evidenti problematiche prettamente legate al tipo di materiale. Il nemico più temibile di questo genere di struttura è l'*umidità* ed esistono svariate soluzioni tecniche, tra l'altro anche molto semplici da realizzare, che possono essere adottate in difesa degli edifici. Altri difetti comuni possono essere quelli di tipo *costruttivo*, soprattutto nei punti più delicati della struttura: angoli, attacchi muratura portante-orditura primaria del tetto, mancanza di fondazioni o di basamento di fondazione. Anche il semplice *contatto con particolari composti* che vengono a trovarsi all'interno degli edifici (p. es. i nitrati delle stalle, veicolati dall'umidità all'interno delle murature), provoca una lunga serie di disagi.

Le più frequenti patologie delle strutture edilizie

Volendo stendere una scheda introduttiva sui *difetti* che causano il degrado e il dissesto degli edifici in crudo, è possibile stilare un'analisi riferita ai principali elementi architettonici costitutivi dell'edificio.

1 - Fondazioni

Storicamente le fondazioni potevano o non esistere, ovvero la muratura poggiava direttamente sul terreno, oppure potevano essere realizzate effettuando lo scavo di una trincea larga quanto la muratura che si intendeva costruire e il suo riempimento era realizzato con laterizi cotti o crudi, con pietre squadrate o grezze, con ciottoli di fiume, a seconda delle diverse culture costruttive locali. Specialmente con l'uso della pietra, veniva a crearsi una risalita capillare e continua di umidità che avviava un'inevitabile processo di deterioramento progressivo provocando la scheggiatura, l'erosione o il dilavamento della miscela argillosa posta a contatto con il basamento, favorendo la formazione di efflorescenze di sali minerali igroscopici che attraverso la traspirazione della muratura si fissavano sulla facciata dell'edificio mantenendo costante l'umidità.

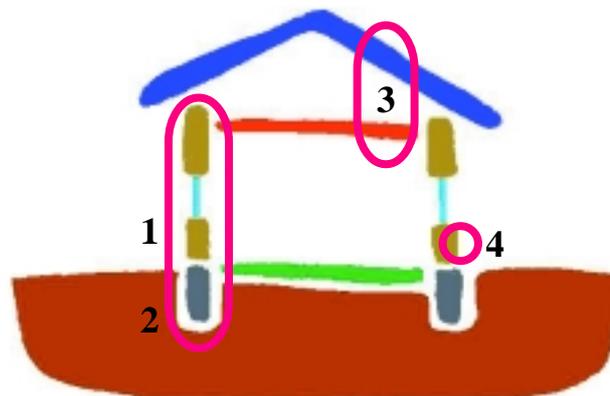
Le attuali fondazioni in calcestruzzo armato limitano questo afflusso di umidità verso l'alto ma, se realizzate con plinti, possono essere più soggette ad assestamenti dovuti alle variazioni del tasso di umidità del terreno o a cicli alternati di gelo e disgelo del terreno. Gli effetti sono evidenti anche a occhio nudo: variazioni di pendenza delle pavimentazioni, cedimento di porte e finestre, fessurazioni della fondazione e delle murature attorno alle aperture (i cosiddetti "baffi").

2 - Murature

Sotto l'azione dell'umidità, la muratura può presentare due tipi di deterioramento: *superficiale*, causata dalle particolari condizioni climatiche che agiscono sull'edificio (pioggia, nebbia, gelo, ...) o *interno* (per capillarità). Ci sono inoltre tre azioni complementari dell'azione capillare: 1) con il passaggio dell'umidità attraverso certi tipi di terra a base di humus viene a compiersi una reazione chimica che produce acido carbonico, il quale, trasportato all'interno della muratura, dissolve i cristalli leganti dell'argilla; 2) la presenza di sali solubili cristallizzati provoca un'instabilità della struttura muraria; 3) l'efflorescenza di questi sali minerali causa la polverizzazione della superficie esterna della muratura e il deposito di composti igroscopici. Nell'adobe si produce invece una frantumazione dei blocchi posti a contatto con il basamento. Le cavità prodotte alla base della muratura, chiaro segno tangibile di questa azione dell'acqua, portano al crollo della struttura.

All'opposto, l'assenza di umidità, come avviene nel torrido periodo estivo di alcune regioni, provoca una polverizzazione della muratura.

Tra gli altri fattori di degrado delle murature in terra si è osservata anche l'azione delle piante (es.: l'edera che penetra con le sue radici nella facciata; le radici degli alberi possono sollevare parte della muratura spaccandola; le fronde degli alberi non permettono il soleggiamento della parete favorendo il ristagno di umidità e innescando processi di efflorescenza), degli animali (es. l'attacco dei nitrati contenuti nelle urine) e degli insetti (es. le formiche creano il loro nido nelle fenditure dell'intonaco, reso morbido dall'aggressione dell'umidità, arrivando addirittura ad attraversare il muro in terra penetrando nell'edificio).



3 - Solai e coperture

I cedimenti fondazionali possono causare fenomeni di alterazione nei solai e nelle strutture di copertura. Per quanto riguarda la copertura i maggiori disagi sono causati dalle infiltrazioni di acqua piovana che crea marciume nell'orditura lignea proseguendo, se non bloccata per tempo, con un'azione disgregatrice di solai e murature. Solitamente un tetto con orditura lignea e manto in coppi va ripassato ogni 20-25 anni, provvedendo alla sostituzione degli elementi danneggiati e della piccola orditura che risulta danneggiata a causa dell'aggressione biologica dell'acqua. Anche gli appoggi delle travi dei solai e della copertura sono luoghi umidi che intaccano gravemente le estremità della trave che subisce una riduzione della capacità portante in prossimità dell'appoggio.

Gli insetti xilofagi deturpano irrimediabilmente la trave, privandola della sua capacità portante; essa deve essere quindi sostituita o riparata con iniezioni di resine siliconiche e con l'inserimento di barre di vetro-resina (questa seconda soluzione comporta spesso un risparmio economico).

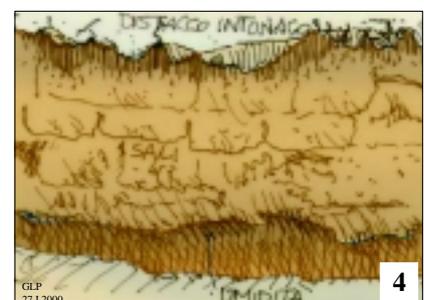
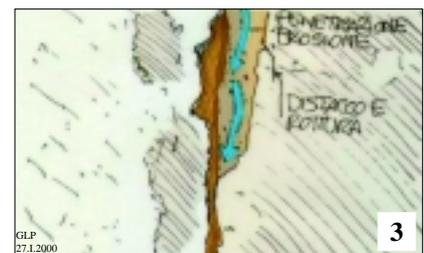
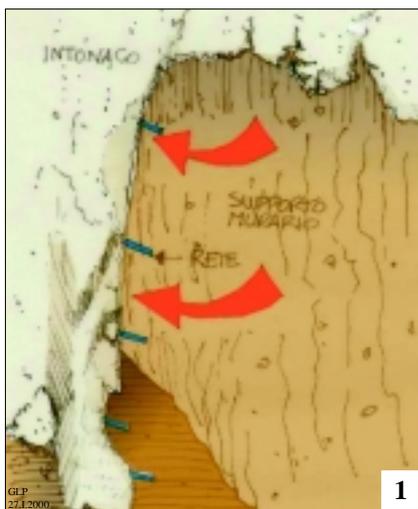
Le coperture spingenti (volte) provocano disagi alla muratura che può collassare provocando seri problemi alla struttura.

4 - Intonaci e finiture

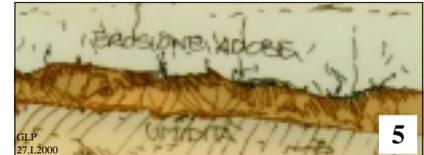
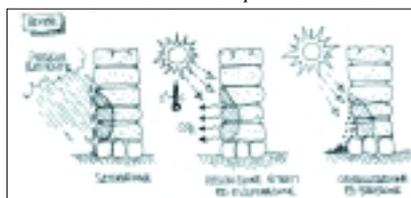
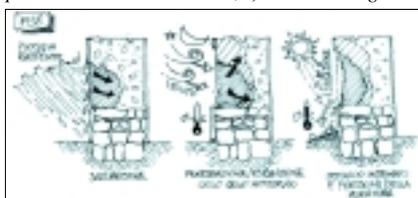
Le cause principali di deterioramento degli intonaci possono essere ordinate in due grandi gruppi: — *gruppo I: l'umidità* (umidità propria e di risalita), *l'azione degli agenti atmosferici* (erosione dell'acqua o della neve che dilavano le superfici più esterne; erosione provocata per ruscellamento dell'acqua piovana), *l'incompatibilità tra intonaci a base di cemento e il supporto in terra* (l'umidità è la concausa che provoca il distacco di ampie porzioni di intonaco nonostante l'inserimento di reti metalliche elettrosaldate di ancoraggio tra intonaco e muro. L'intonaco che rimane sollevato crea uno spazio interstiziale in cui si condensa umidità che porta alla progressiva incrinatura, spaccatura o disintegrazione di entrambi i materiali);

— *gruppo II: le variazioni di temperatura* (correlate a: mancanza di umidità del periodo estivo; cicli alterni di imbibizione della muratura, dovuti all'acqua piovana, e forti essiccazioni della muratura; slittamento intonaco-supporto per effetto delle espansioni e contrazioni del materiale a causa del surriscaldamento e del raffreddamento dei materiali che provoca la fessurazione, la spaccatura e la caduta dell'intonaco che trascina con sé parte della superficie muraria).

La combinazione dei due tipi di degrado è fortemente deleteria.



Patologie: 1) distacco dell'intonaco cementizio dal supporto murario; 2) rigonfiamento e distacco dell'intonaco dalla parete; 3) distacco dell'intonaco per ruscellamento; 4) distacco dell'intonaco e presenza di sali alla base; 5) erosione degli adobe a causa della risalita capillare dell'umidità.



A lato: processi di degrado di muratura in pisé e in adobe per cicli di saturazione - essiccazione.

LETTURA DELLE ALTERAZIONI DELLA SUPERFICIE MURARIA

La terra si comporta come un materiale pietroso mediamente poroso, caratterizzato da una omogeneità più o meno grande che però non può assimilarsi a quella del materiale “pietra” propriamente detto.

Il testo di riferimento adottato per esprimere in maniera univoca e comprensibile le alterazioni delle facciate costruite in terra cruda, adottato non solo per la descrizione fenomenologica delle alterazioni ma anche per la metodologia grafica di restituzione su carta, è la *Raccomandazione NORMAL 1/88*, diffusa in Italia dall’Istituto Centrale del Restauro, che ne cura anche la pubblicazione. Si tratta di un fascicolo che ha come oggetto il *Lessico per la descrizione delle alterazioni e degrado macroscopico dei materiali pietrosi*, che è frutto di un lavoro comune di tre gruppi (Biologico, Chimico, Petrografico). Qui di seguito è riportata la lista delle alterazioni che si manifestano sulla facciata degli edifici, in rispetto alle indicazioni fornite nella pubblicazione citata, con indicazione del numero di retini Letraset (UNI) trame di spessore 0,2 mm di colore nero, utilizzati per la restituzione grafica della facciata.



Alterazione cromatica (329) - alterazione che si manifesta per la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta, chiarezza, saturazione. Essa può manifestarsi con delle morfologie differenti a seconda delle condizioni e può interessare zone vaste o localizzate.



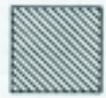
Alveolizzazione (130) - degrado che si manifesta attraverso la formazione di cavità di forma e dimensioni variabili.



Concrezione (115) - depositi compatti generalmente formati da elementi di estensione limitata, sviluppati di sovente verso una sola direzione, non coincidente con la superficie del materiale. Può prendere talvolta la forma di stalattite o stalagmite.



Crosta (915) - strato superficiale di alterazione del materiale o dei prodotti utilizzati per eventuali trattamenti. Di spessore variabile, è dura o fragile e si distingue dalle parti situate al di sotto di essa per delle caratteristiche morfologiche, di sovente per il suo colore. Essa può staccarsi spontaneamente dal substrato che, in generale, si presenta disaggregato e/o polverulento.



Deformazione (924) - variazione del profilo che concerne tutto lo spessore del materiale e che si manifesta soprattutto sugli elementi in forma di placche.



Degrado differenziale (330) - degrado da mettere in rapporto con l’eterogeneità della composizione o della struttura del materiale.



Deposito superficiale (122) - accumulazione di materiali estranei di natura variabile, come, per esempio, polvere, humus, guano, ...



Disaggregazione (132) - decoesione caratterizzata dal distacco di granuli o cristalli alla minima sollecitazione meccanica.



Scollamento o distacco (121) - soluzione di continuità entro gli strati superiori del materiale, in rapporto al loro sostrato, che annuncia in generale la caduta degli strati intaccati.



Efflorescenze (963) - formazione di sostanze generalmente biancastre (sali) sulla superficie del materiale.



Erosione (122) - perdita di materia della superficie per delle ragioni meccaniche (per abrasione o corrosione), chimiche (per corrosione) o antropiche - relative all’attività umana - (per usura).



Sfogliatura (995) - degrado che si manifesta per il distacco, spesso seguito dalla caduta di uno o più strati superficiali subparalleli tra loro (fogli).



Frattura o fessurazione (punta del pennino: 0,5 mm) - degrado che si manifesta tramite la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.



Incrostazione (913) - deposito stratiforme, compatto e generalmente aderente al sostrato, composto da sostanze inorganiche o da strutture di natura biologica.

Lacuna (923) - caduta e perdita di una parte della pittura muraria, con messa in vista di strati di intonaco più profondi o del supporto.

Mancanza (idem) - caduta o perdita di parti. Questo termine, generico, si adopera quando questa forma di degrado non può essere descritta dagli altri termini del lessico.

Macchia (923) - alterazione che si manifesta attraverso una pigmentazione accidentale e localizzata, in correlazione con la presenza di materiali estranei al sostrato (per esempio la ruggine, sali di rame, sostanze organiche, pitture).

Patina (928) - alterazione strettamente limitata a modificazioni naturali della superficie non associabili a fenomeni manifesti di degrado e percettibili come una variazione del colore originale del materiale.

Patina biologica (225) - strato fine, molle e omogeneo, aderente alla superficie e di natura biologica evidente, di colore variabile e solitamente verde.

Pellicola (121) - strato superficiale di sostanze coerenti tra loro ed estranee al materiale pietroso. Essa ha uno spessore molto ridotto e può staccarsi dal sostrato che generalmente si presenta intatto.

Pitting (970) - degrado puntiforme che si manifesta con la formazione "astucci ciechi" numerosi e ravvicinati. Queste formazioni hanno una forma fondamentalmente cilindrica.

Polverizzazione (968) - decoesione che si manifesta con la caduta spontanea di materiali sotto forma di polvere o granuli.

Vegetazione (presenza di -) (R41 - G823) - locuzione impiegata quando ci sono dei licheni, dei muschi e delle piante.

Gonfiamento (923) - sollevamento superficiale, di forma e di consistenza variabile.

Scrostatura (331) - degrado che si manifesta attraverso il distacco totale o parziale delle parti (scrostatura o squamatura) in corrispondenza di soluzioni di continuità del materiale originale. Le scaglie (o squame), costituite generalmente da materiali apparentemente inalterati, hanno forma irregolare e spessore consistente e disomogeneo.

Dopo aver rappresentato graficamente il degrado della facciata attraverso la stesura dei simboli qui sopra raffigurati (oppure creandosi dei propri simboli che però, non essendo universali, andrebbero raccolti in una specifica legenda ai piedi della tavola), si procederà all'individuazione di soluzioni adeguate di restauro. Nel capitolo IV ho illustrato un esempio che potrebbe andare in questa direzione; si tratta di un primo approccio alla tecnica del restauro applicato a un edificio in pisé che, sebbene denoti una linea di intervento eccessivamente meticolosa e tendenzialmente accademica, ha il pregio di mostrare l'uso dei retini per individuare e siglare correttamente le aree degradate della facciata, mostrando alcune possibili soluzioni di intervento.

L'ACQUA E LE PROTEZIONI IDEATE

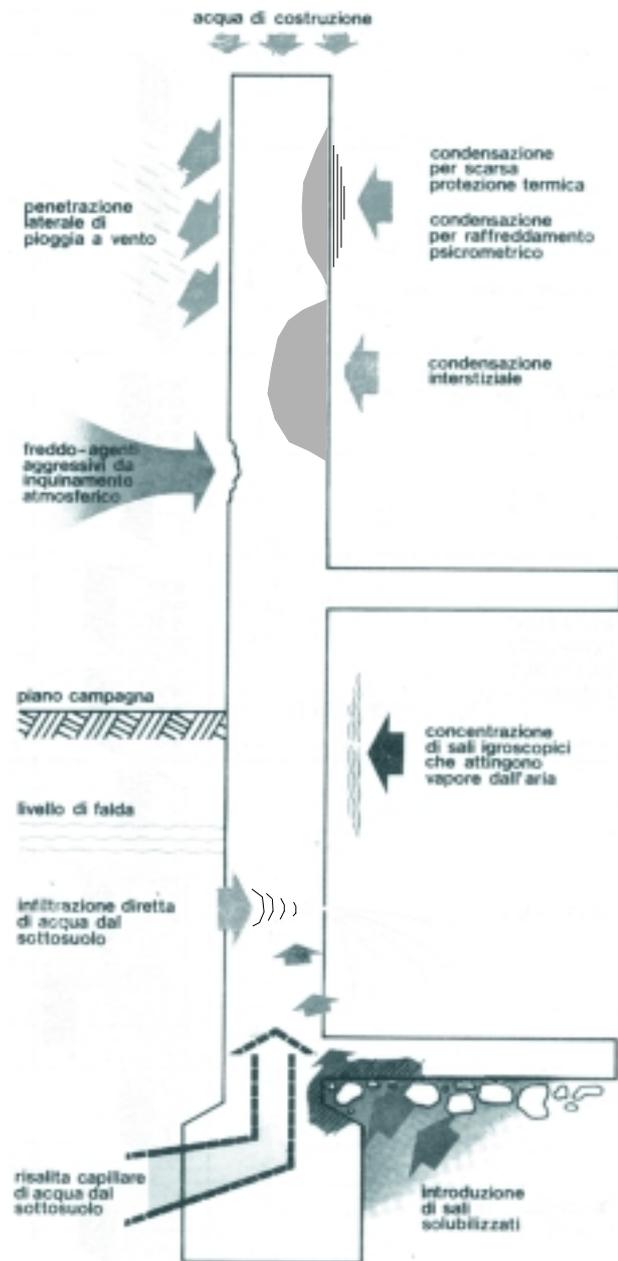
Anche l'acqua conduce la sua battaglia contro questo inerme ma ostinato materiale.

Le cause che producono umidità nelle murature sono di svariati tipi: acqua di costruzione rimasta imprigionata nella massa muraria durante la battitura, umidità dovuta alle condizioni meteorologiche (pioggia battente, pioggia di rimbalzo dal suolo, pioggia di risalita a causa del vento), umidità dovuta alle condizioni del terreno (ristagno dell'acqua piovana a causa di una inadeguata pendenza del terreno verso l'esterno, assenza di drenaggio per l'acqua proveniente dal tetto, umidità capillare di risalita, concentrazione di sali igroscopici solubili che attingono vapore dall'aria, presenza di falde acquifere superficiali), presenza di alberature, ristagno e schizzi causati da angoli o aperture o rientranze o elementi a sbalzo (scale, balconi...), fuga dalla grondaia o dai pluviali, condensazione interna, guasti delle tubature dell'acqua potabile.

I rimedi tradizionali erano vari. La sporgenza del tetto favoriva la protezione superiore del muro, mentre alla base, le murature erano protette dall'umidità di risalita da fondazioni di pietrame, spesso adoperato a secco senza alcun legante, impedendo così la risalita dell'umidità; si sono trovate fondazioni in terra battuta, al massimo arricchite di ghiaia o protette verso l'alto da bitume, anche in vicinanza di corsi d'acqua.

Per difendersi dall'acqua piovana e dall'umidità ambientale si ricorreva in genere alla semplice applicazione di un intonaco con funzione insieme protettiva e di finitura; ma non mancano esempi di facciate che venivano lasciate spoglie, senza alcun tipo di intonaco: in questo caso, superfici e connessioni erano curate in modo particolare.

Il tipo di intonaco, a sua volta, costituiva una stoffa a sè, quasi uno specchio delle condizioni sociali e delle esigenze funzionali o estetiche di chi lo adoperava. Se veniva applicato un tipo di intonaco più forte o più rigido del supporto murario, questi era destinato a separarsi al primo movimento e a trascinare con sè parte della muratura su cui è disteso. Se un intonaco era a più strati, la sua rigidità - e quindi la quantità di legante - doveva crescere man mano che si allontanava dal supporto e si avvicinava allo strato esterno. Per impedire alla pioggia battente di soffermarsi sulle pareti, prendere velocità lungo di esse ed iniziarvi lo scavo di pericolosi solchi verticali, in molti paesi si usa un intonaco formato da migliaia di pallottole di argilla umida, più piccole di una palla da tennis, lanciate con forza contro i muri esterni. I moderni idrorepellenti sono in realtà composti da miliardi di microscopiche sferette di silicone sulle quali la pioggia rotola. Oggi la gamma degli intonaci è vastissima: alla terra si possono aggiungere sabbia o paglia in differenti e collaudate proporzioni, oppure gesso, calce spenta, e molti prodotti naturali, vegetali o animali, dallo sterco di vacca al burro di Karité, dalla caseina all'urina. Anche la pittura sull'intonaco, oltre a funzioni e significati diversi, può avere un effetto protettivo, purché convenientemente stabilizzata.

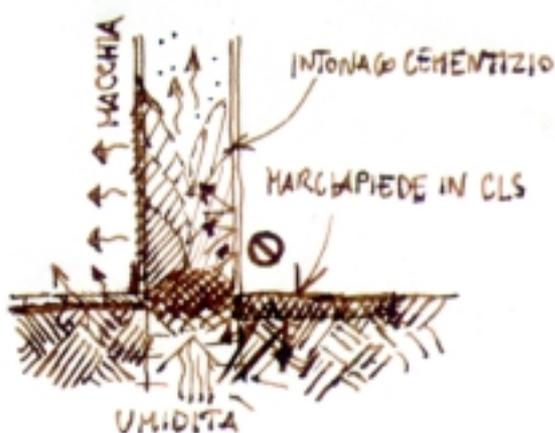
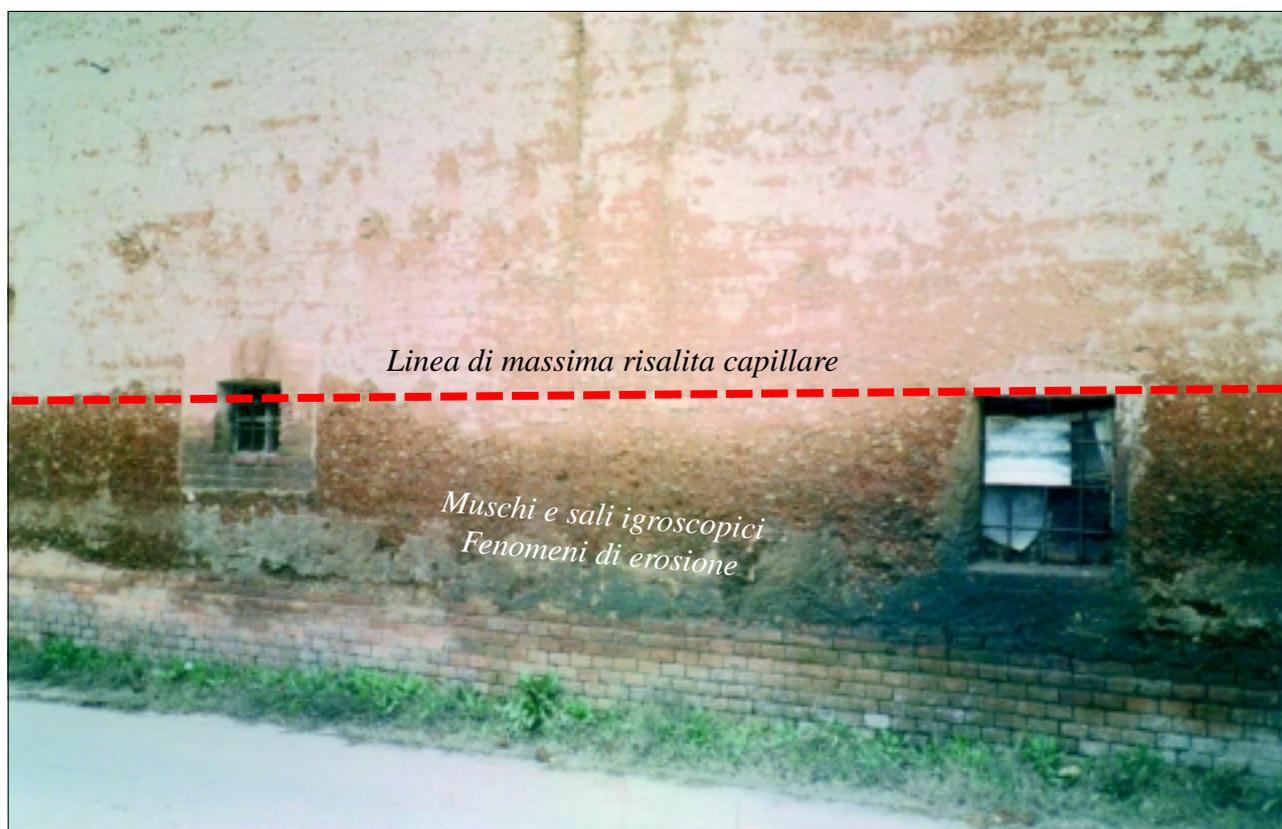


Esemplificazione di alcune delle principali cause producenti umidità nelle murature.

(Fonte: L. Gatti - "Tecnologia delle Costruzioni" - Edisco).

L'individuazione del degrado causato dall'aggressione dell'umidità di risalita

Fortunatamente il passaggio dell'acqua nella muratura è quasi sempre individuabile a prima vista. La terra argillosa, infatti, assorbendo l'umidità per igroscopicità, cambia subito aspetto. Il colore rosso della terra si satura e diviene nettamente più scuro. Il colore può addirittura mutare a causa dei sali minerali messi in circolo dall'umidità di risalita (nitrati, solfati, cloruri, carbonati); tali sali, cristallizzandosi sulla superficie esterna della muratura in seguito alla traspirazione del liquido, formano vistose e antiestetiche tracce brune o biancastre sulla facciata e, siccome anch'essi sono potenzialmente igroscopici, possono mantenere costantemente la muratura umida favorendo la crescita di muschi. Il risultato finale è un aumento del volume della muratura e la perdita della consistenza meccanica alla base. In un muro sano, l'umidità si dissipa per capillarità verso le zone secche ed evapora, ma certamente un'azione alternata di questo tipo porta velocemente allo sgretolamento della superficie muraria. L'applicazione per sbaglio di un intonaco a base di cemento o la creazione di un marciapiede in calcestruzzo, costituiscono due interventi molto deleteri per la salute della muratura, che non riesce più a traspirare, peggiorando rapidamente. Infine, nelle zone dove l'inverno è molto rigido, il muro rischia, nel peggiore dei casi, di crollare in seguito al gelo invernale che, rigonfiando la muratura, la spacca.



L'umidità di risalita non passa mai inosservata in quanto reca sempre dei segni sulle murature (in alto).

L'umidità di risalita può rimanere intrappolata nel muro se viene applicato un intonaco a base di cemento e se viene realizzato un marciapiede esterno in calcestruzzo. È infatti risaputo che il cemento non favorisce la traspirazione, non essendo compatibile con una parete in crudo (a lato).

Protezione offerta da particolari soluzioni costruttive

La protezione dalla pioggia è tanto più efficace quanto più si impedisce all'acqua di raggiungere le pareti esterne. Ecco quindi la necessità di provvedere, anche con mezzi meccanici e indiretti di difesa, alla protezione della muratura. Nell'elenco sottostante vengono riportati alcuni consigli pratici da seguire durante le fasi di ristrutturazione di un edificio.

Protezione della parte superiore dell'edificio.

- 1 — La principale soluzione da adottare a difesa dell'acqua piovana è quella di munire l'edificio di coperture fortemente aggettanti provviste di gronde o, eventualmente, di ballatoi coperti al primo piano. Così facendo si agevola l'evacuazione dell'umidità prodotta dalla pioggia, ricordando che un edificio con i "piedi" a bagno ma con un buon "cappello" non soffre particolarmente della situazione in cui si viene a trovare. Sarebbe un grave errore restringere l'aggetto del tetto, addirittura eliminandolo, perchè l'acqua piovana, invece di evacuare correttamente, scorrerebbe lungo le murature perimetrali erodendole. Meglio compromettere una parte di luminosità degli interni piuttosto che trovarsi una facciata bisognosa di periodici "maquillages".
- 2 — La copertura è un elemento da sorvegliare e, se necessario, occorre procedere alla sostituzione degli elementi rotti del manto e dell'orditura lignea.
- 3 — È altresì utile controllare sia i giunti del camino che le giunture del camino con il manto di copertura. Un cappello del comignolo piuttosto sporgente può essere, se ben studiato e realizzato, oltre che un'efficace protezione, anche un motivo architettonico di un certo pregio.
- 4 — La buona funzionalità delle grondaie e dei pluviali è auspicabile se si vogliono evitare perdite d'acqua lungo la facciata che originano deturpanti macchie scure, o peggio, infiltrazioni d'acqua nella muratura.
- 5 — Un'altro stratagemma può essere quello di rivestire con delle tavole di legno la parte alta della muratura.
- 6 — Le tettoie dei porticati annessi all'edificio o altre coperture adiacenti di nuova realizzazione, non devono assolutamente indirizzare le acque di scolo verso il muro, che andrebbe comunque protetto nella zona di contatto con un lamierino (p. es. in ferro zincato).

Protezione della parte centrale e inferiore dell'edificio.

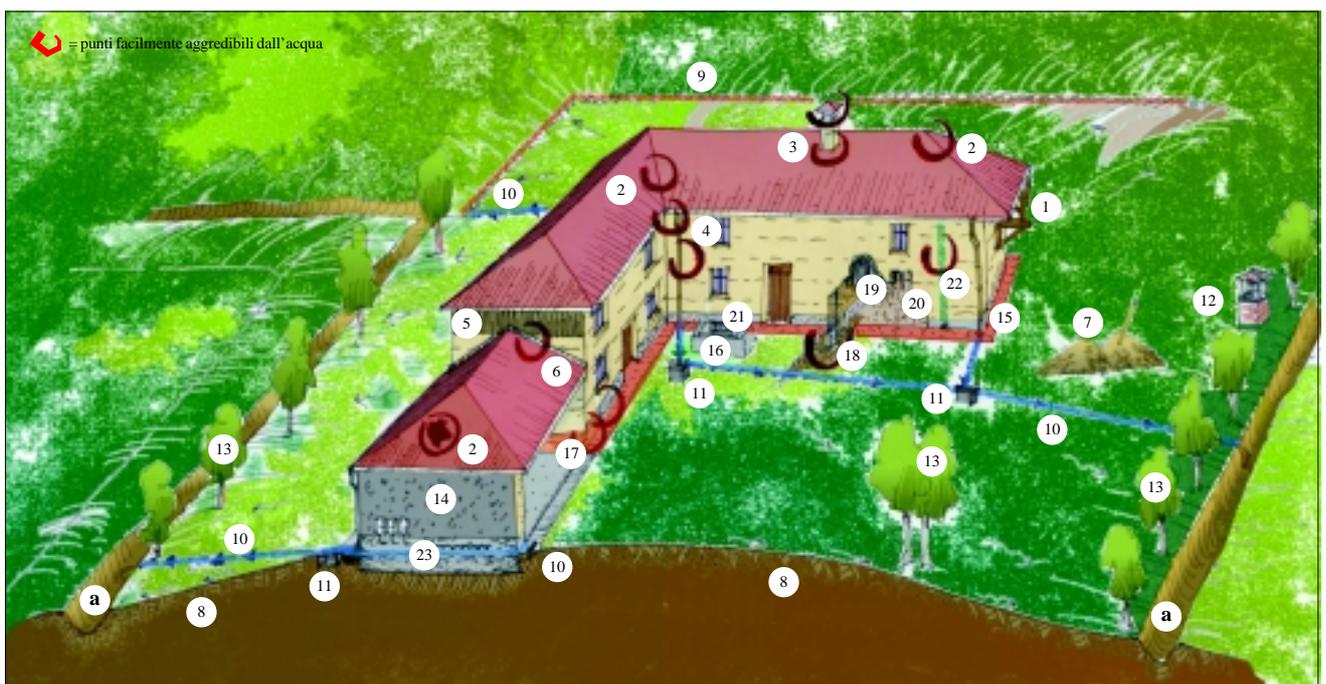
Per quanto riguarda la protezione della base è possibile intervenire su più fronti.

Primo fra tutti quello riguardante la prevenzione esterna fornita da un'adeguata sistemazione del terreno così pianificata:

- 7 — ripulitura del suolo circostante;
- 8 — realizzazione di una leggera pendenza del terreno per lo scolo delle acque;
- 9 — realizzazione di fosse drenanti ai bordi del terreno di proprietà;
- 10 — predisposizione di tubi di drenaggio per l'evacuazione dell'acqua piovana proveniente principalmente dai pluviali o da griglie di raccolta, verso detti fossi o verso quei canali di scolo delle acque (a) presenti lungo i campi o le strade;
- 11 — distribuzione di pozzetti per la raccolta delle acque attorno all'edificio;
- 12 — realizzazione dei pozzi per l'estrazione delle acque di falda lontano dal fabbricato;
- 13 — piantumazione di alberi, sebbene distanziati dalle murature perimetrali, atta a favorire sia l'assorbimento delle acque piovane sia la riqualificazione del contesto paesaggistico in cui l'edificio va a instaurarsi.

Per quanto riguarda invece l'edificio è necessario:

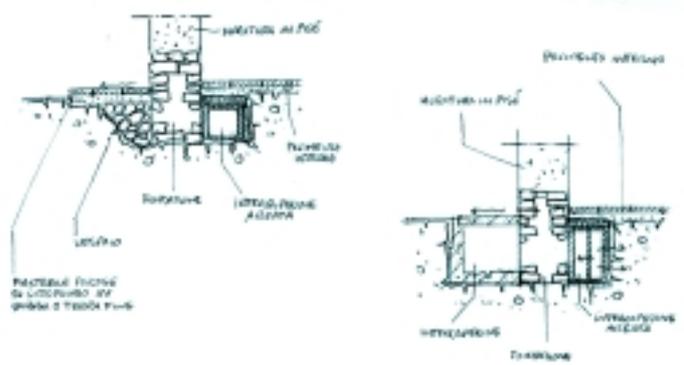
- 14 — bandire in facciata tutti i rivestimenti e gli intonaci impermeabili (specialmente quelli a base di cemento). Di questo importante argomento si parlerà oltre.
- 15 — utilizzare pavimentazioni per marciapiedi molto porose ma impermeabili (es. laterizio), poggianti su uno strato di sabbia o terra, evitando quei materiali soffocanti che limitano la traspirazione della base della muratura (es. calcestruzzo);
- 16 — evitare il contatto del terreno con la parete esterna del muro esterno, attraverso l'inserimento di un muro di sostegno interrato in c.a. esterno;
- 17 — rifondare il basamento con laterizi o calcestruzzo, utilizzando materiali più efficaci per bloccare l'umidità di risalita (barriere realizzate con manti impermeabili a base di bitume o apposite guaine che interrompono i "ponti" diffusori dell'acqua lungo tutta l'ampiezza della muratura) rendendolo sufficientemente alto per frenare la pioggia di rimbalzo sul terreno;
- 18 — attuare camere per l'aerazione della muratura poste sotto il pavimento, meglio se interne ed esterne all'edificio, in maniera da creare una camera d'aria fra il muro e il terreno;
- 19 — creare un vespaio costituito da uno strato di ciottoli al di sotto del pavimento al piano terra o creare un solaio realizzato su pilastri, quindi munito di camera d'aria;
- 20 — rinunciare possibilmente a pavimentare certi locali interni non abitabili preferendo un battuto in terra fine eventualmente stabilizzata;
- 21 — ventilare gli scantinati attraverso finestre o bocche di lupo;
- 22 — mantenere le reti idriche in buono stato, evitando troppe giunture inserendole, possibilmente, in nicchie ispezionabili predisposte nella muratura;
- 23 — in caso di insuccesso delle tradizionali protezioni applicate al basamento, adottare soluzioni tecniche più raffinate e più costose presenti sul mercato. La fondazione può essere deumidificata con impregnazione per osmosi di liquido PCM 8 o mediante perforazioni-iniezioni di barriera continua idrorepellente a base di resine siliciche (metodo Peter Cox) oppure può essere munita di una barriera mediante l'inserimento forzato di lamiere ondulate in acciaio inox utilizzando un martello pneumatico (metodo H. & W.). Si rammenta, per la cronaca, che la formazione di canali di ventilazione nella muratura, distribuiti lungo spezzate di poligonale, è un metodo oggi considerato superato poiché si è rivelato poco efficace.



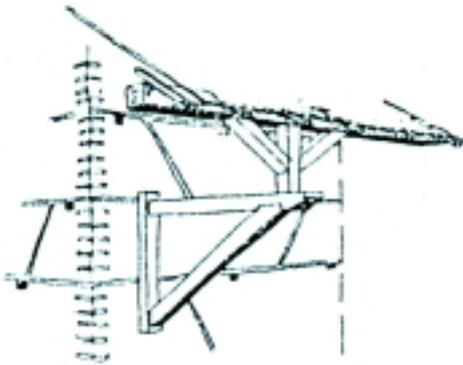
Interventi di manutenzione e ristrutturazione attuabili all'edificio in terra cruda.



Pavimentazioni esterne realizzate con materiali porosi e traspiranti, oltre a rendere più originali e allegri gli esterni dell'edificio, compiono un servizio di estrema importanza per le murature, favorendo la traspirazione dei basamenti umidi.



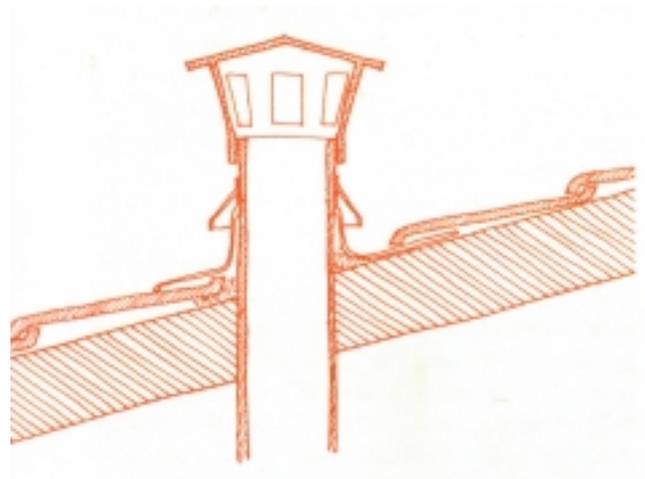
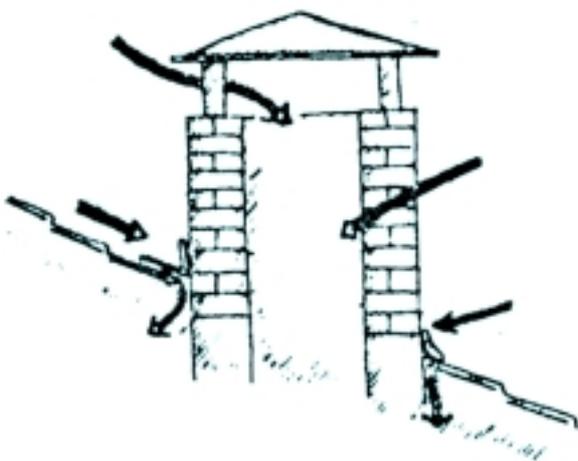
Si possono fornire all'umidità delle vie preferenziali di fuga limitando la potenzialità del suo nocivo operato. La realizzazione di una o due intercapedini aerate rappresenta un'ottima soluzione al problema.



Gli aggetti della copertura favoriscono la protezione di parte della facciata. Già questa semplice precauzione riduce i danni dovuti alla pioggia battente.



Se oltre agli sporti del tetto aggiungiamo alla facciata ballatoi coperti, andremo a proteggere l'intera facciata dall'azione disgregativa della pioggia battente.



Le giunture del camino si dimostrano assai spesso vettori di infiltrazione, quindi devono essere ben trattate.

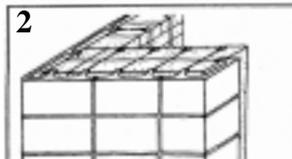
La ricca gamma dei rivestimenti protettivi di facciata

La tradizione offre una vasta gamma di esempi che risulta molto difficile da elencare in maniera organica, soprattutto quando esistono numerose varianti tra diverse regioni. Se teniamo inoltre conto che all'interno di questo paragrafo è possibile aprirne altri due riguardanti rispettivamente gli intonaci e le pitture, campi in cui la ricerca è tutt'altro che conclusa, possiamo ben comprendere come sia penalizzante ridurre questo discorso in poche pagine.

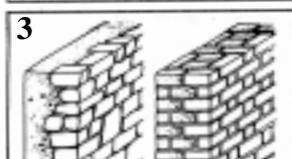


Differenti tipologie di rivestimenti

1) Elementi di rivestimento applicati a supporti - i materiali di rivestimento (es.: sciaveri di legno, tavole in legno, assicelle di legno, fibre vegetali intrecciate, tegole, elementi in fibrocemento, lamiere, materiali per l'isolamento esterno, ecc.) sono fissati a strutture secondarie (in legno o metalliche), applicate alla muratura, aderenti o mantenute a una certa distanza per favorire l'aerazione della superficie muraria.



2) Lastre - murature in blocchi di terra rivestite in lastre prefabbricate in calcestruzzo sono state utilizzate in Germania durante gli anni '20 del XX secolo.



3) Elementi di paramento (carapace) - già in Mesopotamia venivano posati alla muratura fresca dei con di ceramica verniciata come paramento al muro. L'evoluzione del sistema porta all'utilizzo di ciottoli o mattoni cotti, come avviene nei paesi orientali e asiatici. La "corazza" è predisposta durante la battitura del pisé direttamente nel cassero o applicata in seguito. Si possono addirittura creare murature miste fatte di questi materiali anche se la resistenza omogenea non è del tutto assicurata. Questo sistema è comunque da evitare nelle zone sismiche.



4) Pianelle - si tratta di elementi laterizi piatti o a "L" posati durante la battitura del pisé (procedimento tedesco) o inclusi durante la formazione dei blocchi di terra (metodo dell'EPFL di Losanna).



5) Stabilizzazione della facciata (bicouches) - realizzata sul pisé, può essere integrale o parziale con malta di calce. Uno strato di 2 cm di malta è inserita tra la cassaforma esterna e la terra costipata. Intrappolata nella massa, la malta fa presa con la terra fornendo una buona resistenza. Volendo, una volta terminate le operazioni di disarmo, è possibile ultimare la facciata con uno strato di latte di calce oppure è possibile rivestire la facciata con un intonaco che rimanga però compreso tra i vari corsi di calce, usati come allineamento del regolo per la spianatura dell'intonaco, così da lasciarli a vista una volta terminata la stesura dell'intonaco. La stabilizzazione è sviluppata anche nell'ambiente dei blocchi di terra (Burundi, 1952 e EIER a Ouagadougou): risultati eccellenti ma lenti nell'esecuzione. La stabilizzazione non supera i 2 ÷ 3 cm di spessore.



6) Incrostazione - sassi, ciottoli, schegge di pietra o di laterizio, tessere di ceramica colorata, conchiglie, tappi di bottiglia (Messico), coperchi di barattolo (Khartoum) e fondi di bottiglia fanno parte del bizzarro bagaglio edilizio-culturale frutto della fervida fantasia popolare sviluppata attraverso i secoli. Il procedimento della posa in opera può apparire macchinoso o addirittura ossessionante e sfrutta una tale moltitudine di elementi che solo le pareti più esposte agli elementi atmosferici vengono incrostate.



7) Trattamento della superficie - il paramento esposto è accuratamente trattato. Sul pisé francese si realizza un "fior di pisé": la facciata esterna è ben costipata con il mazzapicchio con una terra molto fine. Questa può essere rifinita con una battola in legno da muratore (Marocco). Anche sul bauge del Yemen si utilizza tale tecnica. Si può lisciare la superficie anche con un rullo o con fratazzo. Questa operazione limita la porosità della terra in maniera efficace ma bisogna evitarla se si conta di realizzare un intonaco.



8) Intonaci - possono essere realizzati in terra, in terra e sabbia, in terra stabilizzata o in malta a base di sabbia e legante idraulico (calce - più raccomandata - o cemento) o con altri materiali (bitume, resine, ecc.). Possono essere monostrato, spesso o sottile, oppure multistrato, con un'aderenza migliore ma con tempi più lunghi di realizzazione.



9) Pitture - trattasi di boiaccia di cemento o di calce applicata per mezzo di un pennello su delle pareti convenientemente preparate e idratate. Può essere anche una applicazione di bitume "cut-back" liquido. Queste pitture si possono stendere anche con l'ausilio di pistole.



10) Impregnanti - si impregna la terra con prodotti naturali (olio di lino) o chimici (silicone) che conferiscono certe proprietà al muro: impermeabilizzazione, fissaggio dei piccoli granuli e delle polveri, indurimento del paramento esposto, colorazione, ecc. Gli impregnanti sono distribuiti con la spazzola o per aspersione (spruzzatura).

Intonaci

È possibile classificare la vasta gamma degli intonaci comprendendoli in due categorie principali: *intonaci senza terra* e *intonaci a base di terra*.

A) Intonaci senza terra

1 - Calce aerea

Si tratta di una tecnica antica presente in numerosi Paesi ed è considerata all'unanimità la migliore. Con quella idrata, in polvere o in pasta, si ottengono i migliori risultati. L'indurimento avviene lentamente, tramite la carbonizzazione per mezzo dell'anidride carbonica; per tale motivo questo rivestimento è più sensibile alle condizioni atmosferiche (gelo e caldo torrido). Tramite l'utilizzo di additivi è possibile migliorare la qualità (sangue di bue fresco per migliorare le difese contro l'acqua; saponi naturali e giallo d'uovo per rendere più lavorabile la malta facilitandone l'impastatura, la stesura e la levigatura; melassa per facilitare l'indurimento). Dove la calce aerea è più facilmente attaccabile dagli agenti atmosferici è possibile aggiungere all'impasto un poco di calce idraulica o cemento in piccole dosi.

Esistono tabulati che raccolgono alcuni dosaggi frutto dell'esperienza, per intonaci multistrato a base di calce aerea più sabbia e intonaco bastardo a base di calce, cemento e sabbia:

	calce	cemento	sabbia
1° strato	1	-	1-2
2° strato	1	-	2,5-3
3° strato	1	-	3,5-4
<i>oppure</i>			
1° strato	2	1	3-4
2° strato	2	1	6
3° strato	2	1	8

2 - Calce idraulica

Le calce idrauliche naturali, a dispetto di quelle artificiali, presentano le stesse qualità della calce più la particolarità dell'indurimento a presa rapida in presenza di acqua. Questo vantaggio riduce la sensibilità all'umidità e al gelo dell'intonaco giovane. Le calce artificiali si avvicinano più al cemento e il loro uso deve essere evitato a patto che il dosaggio di calce resti debole e compreso nel seguente limite: 1 parte di calce per 5-10 parti di sabbia.

3 - Cemento

Le malte a base di cemento sono troppo rigide e difettano nella aderenza al materiale di supporto, la terra. Fessurazioni, bolle, sollevamento e distacco di parti del rivestimento sono gli effetti più comuni ed evidenti. Il cemento va sconsigliato o usato di ripiego in dosi di 1 : 5-10 parti di sabbia. È preferibile comunque aggiungere un po' di calce nell'ordine di 1:1 o 1:2, se possibile. Tale tipo di intonaco va applicato però su di una rete elettrosaldata che sebbene riduce le fessurazioni non migliora l'aderenza al supporto murario.

4 - Gesso

Questo rivestimento risulta più compatibile ad uso interno piuttosto che esterno. Solo in regioni climatiche secche è accettabile come rivestimento esterno. L'aderenza del gesso alla parete può essere migliorata se la muratura è stata trattata in precedenza con una mano di calce (o di cemento) diluita in acqua. All'esterno, al gesso può essere aggiunta della calce aerea che aumenta l'indurimento e migliora la resistenza all'acqua. L'intonaco può essere realizzato in due strati, con una parte di gesso aggiunta a 0,10-0,15 parti di calce aerea e 0,75-1 parti di sabbia per il primo strato, con la medesima composizione di legante ma senza sabbia per il secondo strato.

Un'impermeabilizzazione della superficie a base di fluosilicato (o fluorosilicato), applicata dopo qualche giorno, è auspicabile.

5 - Pozzolana

Aggiunta alla calce, la pozzolana, che contiene abbastanza silice, fornisce un composto analogo al cemento portland. Gli intonaci a base di pozzolana sono molto più flessibili rispetto a quelli in cemento. Essi sono di sovente impiegati nella rifinitura delle coperture, piane o voltate, realizzate in laterizi.

6 - Gomma arabica

Aggiunta alla terra o meglio alla sabbia, la gomma arabica crea un buon rivestimento protettivo, duro, che non si fessura e aderisce bene al muro di terra. Questo prodotto però non resiste all'acqua e va utilizzato internamente. Le tinte pastello ottenute vanno dall'ocra al rosso.

La gomma arabica è però un materiale costoso.

Questo prodotto è particolarmente utilizzato in Sudan.

7 - Resina

Allo stato attuale di conoscenza, l'uso di resine, leganti organici e sostanze minerali diverse devono limitarsi a un trattamento di rifinitura superficiale degli intonaci sopra menzionati.

8 - Intonaci «pronti all'uso» (prodotti commerciali)

Questi intonaci sono confezionati a partire da una malta secca additivata con leganti minerali. Sono prodotti usati in monostrato su altri supporti, diversi dalla terra, ma potrebbero essere utilizzati anche in questo caso, solo dopo un'adeguata preparazione del supporto. Il loro utilizzo esige una competenza tecnica e una sperimentazione sistematica e rigorosa.

9 - Rivestimenti plastici

Impediscono la conservazione dell'aspetto estetico del supporto murario sottostante. È sconsigliato l'uso di questi materiali in quanto riducono sensibilmente la permeabilità al vapore acqueo e la traspirazione della terra aumentando i rischi di formazione di bolle sulla facciata in terra.

B) Intonaci a base di terra

1 - Terra

Sebbene la terra può costituire un eccellente intonaco, non potrà mai essere, in climi umidi e piovosi, un intonaco di prima qualità, senza essere migliorato con stabilizzanti. Gli intonaci di terra sono diffusi in molte regioni del mondo e il loro aspetto, esteticamente parlando, è molto piacevole a vedersi grazie all'ampia gamma cromatica delle terre utilizzate. Questi intonaci possiedono una perfetta aderenza al supporto murario ma peccano di un'eccessiva facilità a lasciarsi erodere dagli agenti atmosferici, anche se è possibile rimpiazzarli nuovamente in maniera del tutto economica. Una semplice impregnazione attraverso uno spruzzo o una pennellata di prodotti naturali può considerevolmente migliorare le capacità di resistere all'acqua di questo fragile intonaco. L'utilizzo va fatto previo asporto, tramite vagliatura, della pezzatura superiore ai 0,2 cm e si preferisce la terra argillosa-sabbiosa nelle dosi di: 1 parte di argilla per 2-3 parti di sabbia. Queste quantità sono stabilite da prove preliminari che devono ridurre le screpolature superficiali formate dopo alcuni giorni dalla stesura dell'intonaco. Dell'argilla è nota la forte igroscopicità che si dimostra una lama a doppio taglio (permette la traspirazione ma facilita il rigonfiamento), nonché l'elevato grado di ritiro; sarebbero quindi da preferire come qualità le argille di tipo caolino. Le argille laterizie invece creano degli intonaci, oltre che accettabili, anche di elevato pregio cromatico, possedendo infatti colori che variano dall'ocra al rosso. È comunque la fessurazione a rimanere il principale difetto dell'intonaco a base di terra. L'acqua migliore da utilizzare per l'impasto è quella piovana perché, essendo pressoché distillata, è in grado di innescare più facilmente le reazioni chimiche benefiche per la preparazione dell'intonaco, rendendo l'argilla più collante. Si può anche usare meno acqua e ottenere un miscuglio disperso molto omogeneo e meno soggetto al ritiro. Altri miglioramenti sono possibili aggiungendo all'acqua dei deflocculanti o agenti dispersori.

I principali deflocculanti sono: la soda, il silicato di sodio (entrambi da aggiungere in proporzione di 0,1-0,4% rispetto l'argilla), l'acido tannico, l'urina di cavallo (ottimo surrogato all'acqua) e l'acido umico.

3 - Fibre

Hanno un po' il compito di armatura (o rinforzo) nell'impasto argilloso e possono essere classificate in tre tipi: *vegetali*: paglia di frumento, di orzo, di orzo precoce, di riso, di miglio; *animali*: crine d'animali vari; *artificiali*: fibre di polipropilene. Il dosaggio corrente di fibre all'interno del miscuglio è nell'ordine di 20-30 kg per m³ di terra. Queste fibre, costituite da trefoli o fili, sono tagliate in parti molto corte. Anche lo strato di rifinitura può essere ugualmente additivato con fibre che gli donano una texture gradevole ma che trattengono molta polvere. Possono comunque essere assunte fibre leggere e fini come truciolati finemente tritati o segatura di legno. Gli sfridi della lavorazione del legno (= prodotti di scarto) devono comunque essere prima mineralizzati tramite un'immersione nel latte di calce o cemento che ne facilitano la macerazione.

4 - Stabilizzazione

Tutti i prodotti utilizzati come stabilizzanti nella massa della terra possono essere utilizzati anche per il confezionamento dell'intonaco.

- Cemento

Per la stabilizzazione il cemento è efficace solo se la terra è molto sabbiosa, con dosaggi che possono variare dal 2 al 15% di cemento a seconda del grado di stabilizzazione che occorre ottenere. Gli intonaci stabilizzati con cemento devono di preferenza essere applicati a supporti già stabilizzati. È possibile inoltre aggiungere dal 2 al 4% di bitume; questa miscela così ottenuta offusca lievemente l'intonaco pur senza denaturare la tinta, migliora però sensibilmente la resistenza alle intemperie.

- Calce

Nella stabilizzazione la calce non è veramente efficace se la terra non è abbastanza argillosa e se vengono utilizzati dosaggi inferiori al 10% di calce. Per l'intonaco stabilizzato a calce deve preferirsi un supporto murario anch'esso già stabilizzato. L'aggiunta di urina animale o escrementi animali può accrescere la qualità dell'intonaco in maniera sorprendente (minor ritiro, maggior durata e buona permeabilità); purtroppo questi additivi comportano degli svantaggi soprattutto legati al forte odore di ammoniacca che la miscela può emanare per un certo periodo di tempo.

- Bitume

Le terre stabilizzate con bitume non sono né troppo argillose né troppo sabbiose e polverulente. La quantità di bitume varia dal 2 al 6%. Sono generalmente dei "cut-back" che si fanno cuocere a temperatura non superiore ai 100° C. In caso di impiego di emulsioni bituminose, il miscuglio deve essere lavorato lentamente per non creare rotture dell'emulsione. La preparazione dello stabilizzante può consistere in un miscuglio di quattro parti di bitume aggiunte a una parte di olio di kerosene, scaldato e additivato di cera paraffina nella quantità dell'1%. L'olio di kerosene può essere surrogato con creosoto di carbone fossile. Questo miscuglio può essere rimpiazzato da 4,5 parti di cut-back o da 3,5 parti di emulsione bituminosa. La stabilizzazione al bitume per la realizzazione di intonaci è particolarmente efficace su una terra impastata con paglia comprensiva di escrementi animali. Il bitume non è aggiunto che alla fine, due o tre ore prima dell'applicazione dell'intonaco. Un miscuglio di asfalto, di gomma arabica e di soda caustica in soluzione è altrettanto efficace. Il supporto deve essere ben preparato, spazzolato e umidificato.

Possono ottenersi eccellenti risultati con questo genere d'intonaco già utilizzato in India.

- S. naturali

Sono di sovente impiegati per usanza in parecchi Paesi della Terra. La loro efficacia è variabile: agiscono più come dei rallentatori al degrado del materiale senza assicurare per tanto la perennità dell'intonaco.

Gli stabilizzanti classici sono: il succo di cactus (agave o opuntia); il butto di karité fuso e spesso unito alla gomma arabica; il succo di gambo di banano reso in poltiglia; una pasta ottenuta dalla bollitura di 15 litri di farina di segale in 220 litri di acqua poi aggiunta alla terra; lo sterco di vacca o di cavallo (1 parte per 1 di argilla e 5-15 parti di sabbia); la gomma arabica, che forma con l'acqua un collante; linfa dei frutti di acacia scorpioide (gonakié) bollita in acqua con l'aggiunta di qualche pietra di limonite (sotto specie di laterite) che produce un tannino idrofugo (= impermeabile all'acqua) abbastanza efficace; lattice di euforbia precipitato con calce, un prodotto in succo, ottenuto per decotto della polvere dei frutti con l'aggiunta di terra da stendere a velo sullo strato di intonaco in terra già stabilizzata con questo prodotto; il sapone di peulh, sorta di caseina diluita in acqua e battuta come una pasta.

Altri prodotti naturali sono stati testati nei Paesi africani per migliorare l'intonaco. Ad esempio l'olio di kapok, ottenuto per torrefazione dei grani di kapok (o capoc) sotto forma di polvere concentrata in lipidi. La polvere è poi diluita in acqua bollente per molte ore. Il miscuglio con la terra è realizzato a secco e infine si aggiunge l'acqua per l'impastatura. Il muro intonacato va cosparso con due strati di olio di kapok. Il palmitato di calcio, ottenuto a partire da un miscuglio di calce grassa e acido palmitico, prodotto da una reazione dell'HCl su una soluzione di sapone indigeno, l'akoto, è diluito in un piccolo volume d'acqua e l'impastatura con la terra si fa con il latte di calce ottenuto (10% del peso del composto). Si è studiato anche l'uso di potassa naturale estratta dalle fosse a tintura o prodotta per infusione di baccelli di carrube o anche di mimosa, che i più ricchi importano dall'Egitto.

Ma esistono numerosi altri tipi di stabilizzanti naturali.

- S. sintetici

È molto differente la loro efficacia; per la maggior parte non è ancora giunta una conferma scientifica sulla loro bontà. Essi sono: la cellulosa, l'acetato di polivinile, il cloruro di vinile, gli acrilici, il silicato di soda, l'ammina quaternaria, l'anilina e la bentonite, gli stearati di saponi, le colle di caseina, la paraffina. Essi possono essere anche composti dei precedenti, eventualmente aggiunti a dei prodotti naturali.

Questi intonaci in terra se utilizzati all'interno dell'edificio danno eccellenti risultati. È consigliato di spalmare il punto più debole con una malta di sabbia e calce (angoli, vani di porte e finestre, base del muro). All'esterno un solo strato non basta, ne occorrono almeno due o tre di preferenza. È possibile usare un impasto di terra argillosa molto adesiva che si può terminare con una malta calce-sabbia (rapporto di 1:1); un intonaco spesso 1,5 cm. in terra argillosa e sabbia grossa, armato con fibre triturate alla lunghezza di 3 a 5 cm; uno strato di rifinitura in terra argillosa aggiunta di un carico leggero di fibre (pula o lino).

C) Latte di calce steso a veli

Il latte di calce o bianco di calce (*badigeon*), ovvero idrossido di calcio, è ottenuto con calce in sospensione nell'acqua, passato con pennello o con spazzola sul supporto murario in terra.

Nota sull'applicazione, svantaggi, vantaggi, leganti e loro preparazione, messa in opera.

Una pellicola realizzata in latte di calce aerea in sospensione nell'acqua e applicata con pennello è largamente utilizzata da tempi immemorabili in molte regioni. Essa assicura una protezione economica contro gli attacchi della pioggia. L'uso del latte di calce è più appropriato all'interno o su pareti poco esposte, ma è possibile migliorare la sua resistenza, portandone la durata avanti negli anni, con l'uso di additivi.

Gli svantaggi della pellicola in latte di calce sono quelli di essere poco duratura, facilmente dilavabile, necessitare una manutenzione periodica (una o due volte all'anno) soprattutto in climi umidi. L'apporto di additivi migliora sensibilmente questa resistenza; essi sono: gli oli vegetali (p. es. l'olio di lino, di noce, di ricino, di croton, di canapuccia), le colle, la caseina, i sali più o meno idrati (solfato di zinco, allume di potassa, cloruro di sodio), resine o oleoresine e gomme o gomme resinose solubili in acqua. Un ultimo svantaggio che riguarda la pellicola in latte di calce è l'elevata sensibilità agli urti meccanici e la limitata protezione all'abrasione. I vantaggi del latte di calce sono: l'economicità, l'elevata resistenza all'alcalinità

così come all'essudazione del bitume (su muri stabilizzati a bitume), il colore chiaro che riflette i raggi solari, la facilità di colorazione con pigmenti naturali (ossidi), la facilità di applicazione senza bisogno di manodopera specializzata, la facilità di manutenzione che ringiovanisce periodicamente la facciata, l'assenza di degradi a seguito dell'invecchiamento della pellicola, favorire e regolare gli scambi idrici tra supporto murario e ambiente, le proprietà antisettiche accertate, l'apporto di luminosità e igiene.

Per quanto riguarda i leganti, i migliori risultati sono ottenuti con la calce aerea estinta in pasta, ricavata a partire da calce viva ad alto rendimento e finemente smorzata. Si può anche impiegare una calce aerea estinta commerciale su riserva che la carbonatazione non sia avanzata. Il tenore di ossidi di calcio e di magnesio non deve essere inferiore all'80% e il tenore di diossido di carbonio non ecceda il 5%. La preparazione è nota: si prepara la pasta parecchi giorni prima della stesura all'interno di recipienti o fosse capienti perchè durante l'estinzione della calce viva il volume di materiale si raddoppia; si farà attenzione ai rischi di scottature perchè l'estinzione della calce viva produce un forte calore (120-130° C), si preferirà quindi lavorare durante una notte fresca con acqua pulita in quantità necessaria; tutti i pezzi devono essere sbriciolati e la calce ben impastata con l'acqua in modo da ottenere una miscela omogenea alla consistenza desiderata aggiungendo più o meno acqua (dosaggio comune del volume calce-volume acqua: 1:1).

Il latte di calce è applicato su una muratura pulita e non friabile nella quantità di almeno due mani, ma di preferenza anche tre o quattro passaggi di pennello per raggiungere maggiori consistenze (con il pennello per il primo passaggio, con la spazzola o "alla tirolese" per i successivi), attendendo 24 ore fra ogni passaggio. L'applicazione si effettua su muro in ombra evitando i periodi freddi o secchi e proteggendo la muratura da eventuali acquazzoni che rischiano di dilavare la pellicola ancora fresca di latte di calce. La stesura in "affresco" è l'ideale per un muro di terra, anche se è un'operazione alquanto delicata; l'applicazione a secco è quindi la più utilizzata e si avrà quindi la premura di inumidire prima il supporto murario preferendo un latte di calce leggero e diluito, senza saturare la terra del muro. Va tenuto conto che gli strati troppo spessi possono scrostarsi. La pellicola deve infine seccare lentamente. Il peso complessivo arrecato alla struttura muraria da questa pellicola protettiva varia nell'ordine di qualche decina di grammi.

Additivi

Uniti al legante ne aumentano le qualità. I seguenti additivi sono tutti compatibili alla calce.

- Olio di lino

Aumenta la resistenza alle variazioni di umidità e favorisce l'aderenza alla muratura. Occorre aggiungerlo alla pasta prima della stesura.

- Seggo

Trattasi di grasso animale composto da gliceridi: fornisce maggiore flessibilità durante l'applicazione della pellicola e aumenta la resistenza all'acqua e all'aderenza. Dosaggio: circa il 10% di seggo sciolto in peso di calce. Può essere rimpiazzato con dello stearato di calcio in polvere o con olio di lino.

- Latte scremato

Aumenta l'impermeabilità del velo di latte di calce. Va aggiunto prima della stesura, una parte per dieci parti di acqua di preparazione del latte di calce.

- Colla di caseina in polvere ("colla a freddo")

Ha un ruolo di fissativo. L'aggiunta di formalina aumenta la sua resistenza. Sciogliere questa colla in acqua bollente fino a che questa sia molle (2 ore) in ragione di 2,5 kg di colla per 7 litri di acqua.

- Colle animali (p. es.: colla di pelle - collagene/collagene -, colla di ossa)

Migliorano l'aderenza della pellicola.

- Farina di segala

Forma una colla vegetale solubile in acqua calda; necessità l'aggiunta di solfato di zinco come preservativo della pasta. Aumenta la durabilità della superficie e la resistenza all'attrito.

- Allume (solfato doppio di potassio e alluminio idrato)

Di colore bianco, va mescolato tritato e in piccole dosi nell'acqua bollente (1 ora), reso pastoso prima dell'impiego del latte di calce. Aumenta la qualità del lavoro, la durabilità della superficie e la resistenza allo strofinamento del velo di calce.

- Cloruro di sodio ("sale da cucina")

Trattiene l'umidità nello strato di latte di calce facilitando la carbonatazione della calce. Va aggiunto molto tempo prima dell'impiego della pasta, in dissoluzione. Si possono impiegare anche sali calcici o fosfato trisodico (o trisodio fosfato).

- Formaldeide

Aggiunge proprietà antisettiche e stabilizzanti dovute all'urea-formolo. Va disciolta nell'acqua e aggiunta dolcemente all'impasto di calce-colla caseina/trisodio fosfato.

- Melassa

Residuo sciropposo della cristallizzazione dello zucchero, va aggiunta in dosi di 0,2% del peso di calce. Accelera la carbonizzazione e aumenta la resistenza.

- Elementi minerali

Trattasi di fibre inerti o terra caolina.

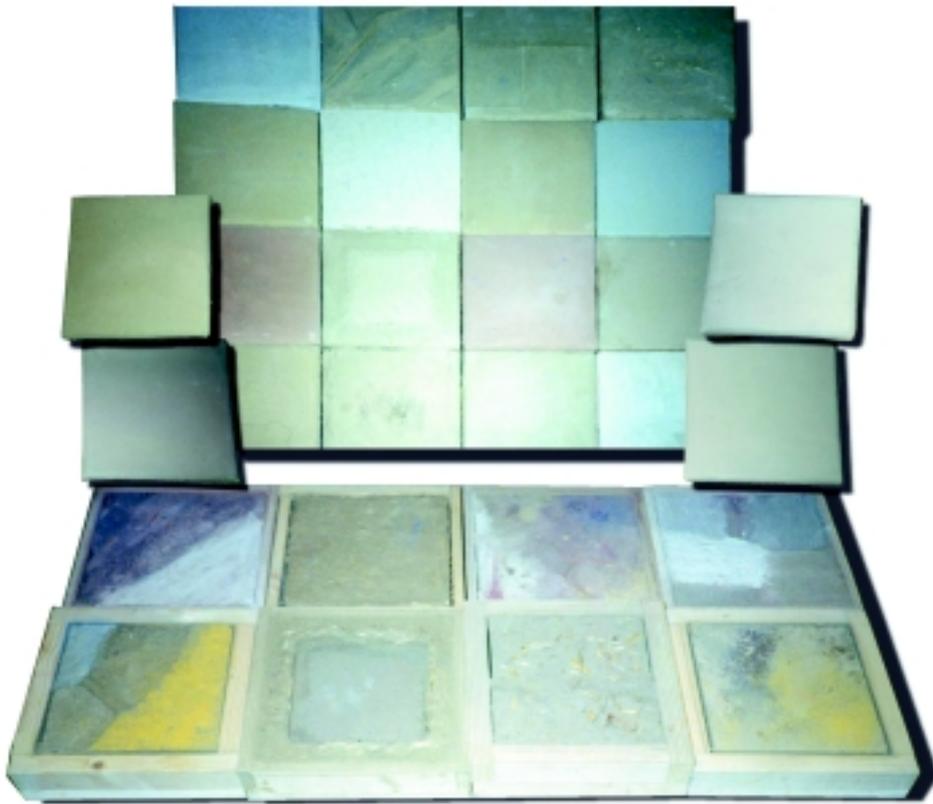
- Coloranti

Esclusivamente minerali, in polvere stemperata infusa preliminarmente.

RICETTE PER IL LATTE DI CALCE

ogni colonna della tabella rappresenta un diverso tipo di impasto	Calce viva - CaO								Calce spenta - Ca(OH)								
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Calce viva* (kg)	20	20	20	20	20	20	20	20									
Calce estinta* (kg)									25	25	25	25	25	25	25	25	25
Cemento (kg)	2																25
Acqua (l)	40	40	40	40	47	49	50	60	30	30	32	32	40	63	63	65	50
Olio di lino (l)											1					1	
Sego sciolto (kg)					2		1,2										
Latte scremato (l)		6,5															
Caseina (kg)										2,5							
Colla animale (kg)			1,4														
Farina di segala (kg)						0,8											
Allume (kg)				1								0,6		0,6	0,6	0,2	
Cloruro di sodio (kg)	5	0,7				0,8								1,3	2,5		
Solfato di zinco (kg)		0,3															
Fosfato trisodico (kg)										1,5							
Formaldeide (l)										1,9							
Melassa (l)														7,8			
Apprezzamento (D=durature)		D			D					D				D	D		D

*) Le quantità di riferimento scelte corrispondono sensibilmente a: 20 kg di calce viva = 25 kg di calce aerea.



Fantasie cromatiche degli intonaci lavorati con differenti pigmenti e granulosità d'impasto.

Sperimentazione italiana sui rivestimenti esterni.

Esperienze di indagine sui trattamenti chimici di superficie, ottenuti con l'uso dell'*etalisilicato* o *silicato di etile* (*tetraetil ortosilicato*), proposti dal prof. Giacomo Chiari, del Dipartimento di Scienze della Terra all'Università di Torino già alla fine degli anni Ottanta del XX secolo, riscuotono grandi successi nel consolidamento di facciata. Vanno però ricordate le osservazioni sollevate da alcuni ricercatori che criticano l'applicazione dell'etil-silicato alle murature in quanto, sebbene questo composto siliconico sia duraturo, richiederebbe ugualmente periodici controlli, limitando la traspirazione e innescando delle reazioni irreversibili che comprometterebbero la facciata.

Nel maggio 1993, attraverso una collaborazione tra il Politecnico di Torino, il Politecnico di Milano, l'Università di Genova e la Scuola Edile di Alessandria, si è dato vita ad un cantiere pilota a Lobbi (Alessandria), presso la cascina Pagella, edificio rurale in pisé attualmente in disuso, per tastare la validità e la durabilità di intonaci tradizionali, a base di calce, e alternativi, a base di terra, applicati alle trunére nella zona della Frascetta. A distanza di sette anni dalla loro stesura, le partizioni verticali degli intonaci si conservano ancora intatte. Questo dimostra che anche intonaci a base di terra, se ben costituiti, possono godere di una vita relativamente lunga offrendo un aspetto estetico all'edificio molto piacevole. Di questa esperienza se ne parlerà più ampiamente nel capitolo IV (pag. 192).



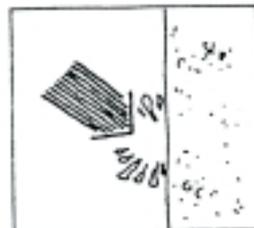
Facciata nord dei Cascinali Pagella siti a Lobbi (AL). A distanza di sette anni dalla loro stesura, le partizioni verticali degli intonaci si conservano ancora intatte. Questo dimostra che anche intonaci a base di terra, se ben costituiti, possono godere di una vita relativamente lunga offrendo un aspetto estetico all'edificio molto piacevole. I segni circolari sugli intonaci si riferiscono alle prove di resistenza compiute nel 1993.

Protezione dall'acqua all'interno dell'edificio

Aggressione puntuale e condensazione muraria sono due caratteristiche molto diffuse negli ambienti più umidi della casa (cucina, bagno).

La predisposizione di protezioni locali agli spruzzi d'acqua dove necessario (es. dietro ai sanitari), realizzando ad esempio dei pannelli che mantengono una lama d'aria fra loro e il muro, eventualmente muniti di un'opzionale isolamento termico, può rivelarsi un'ottimo espediente.

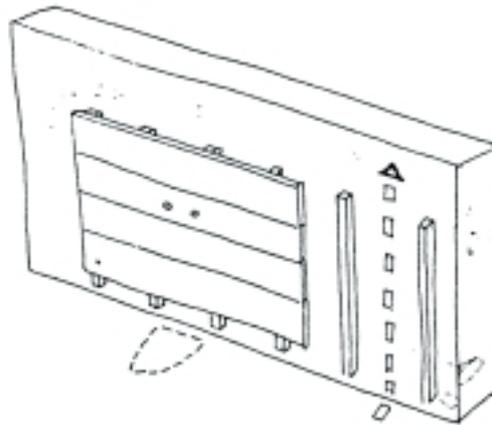
Un pavimento poco poroso e la presenza di finestrate facilitano l'allontanamento dell'umidità dai locali più umidi della casa.



Attacco puntuale

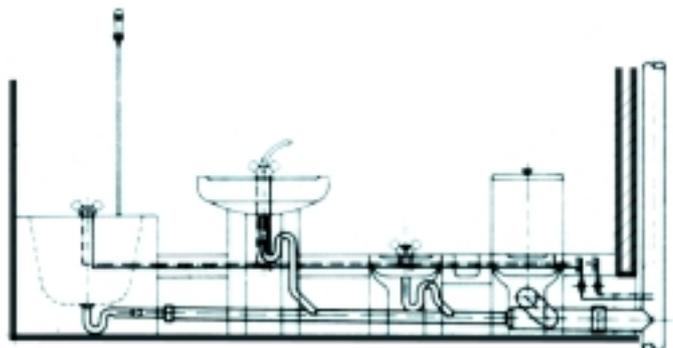
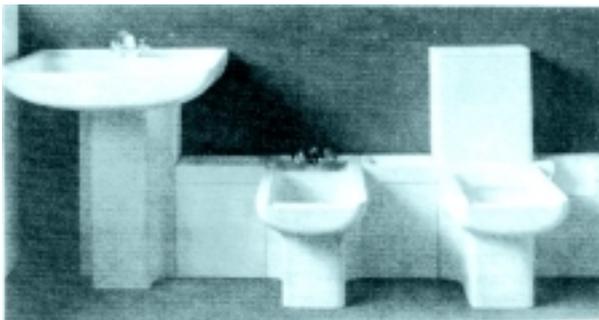


Condensazione

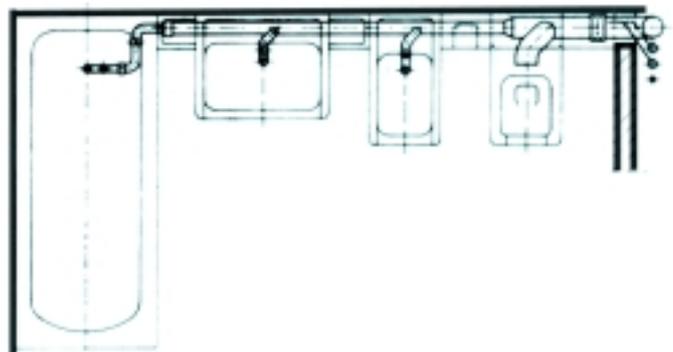


Aggressione puntuale e condensazione muraria sono due caratteristiche molto diffuse negli ambienti umidi della casa. Un tipo di difesa è per esempio offerto da pannelli per la protezione della muratura da apporre dietro i sanitari.

Tubature idriche, di distribuzione e scarico esterne alle murature o contenute in apposite nicchie predisposte durante la formazione della muratura, garantiscono controlli periodici dei tracciati evitando eventuali perdite all'interno del muro.



Sistema costruito da apparecchi igienico-sanitari predisposti per l'installazione della rete idrica, di distribuzione e scarico, esternamente alla parete in modo da poter essere realizzata a pareti e pavimenti ultimati a secco (Sistema «Domino», Pozzi Ginori). Per l'impianto sono da impiegare tubi in poliestere per il carico dell'acqua potabile in polipropilene per lo scarico delle acque nere.



CENNI SUI DISSESTI STATICI E RELATIVI INTERVENTI SULLE STRUTTURE

Ai problemi legati al degrado della struttura si sommano spesso quelli dovuti a dissesti statici. Per quanto riguarda la *definizione della natura del dissesto statico* è importante determinare l'iter secondo il quale si è sviluppato il dissesto statico. A questo fine è utile formulare un quadro della vita passata e attuale della struttura, e del suo contesto che può consistere in:

- rilievo architettonico;
- raccolta dei dati sull'epoca di costruzione (nelle diverse fasi), sui metodi costruttivi e sulle aggiunte;
- prove dirette sui materiali impiegati e sul terreno;
- rappresentazione grafica dello stato dell'edificio;
- rappresentazione del quadro fessurativo.

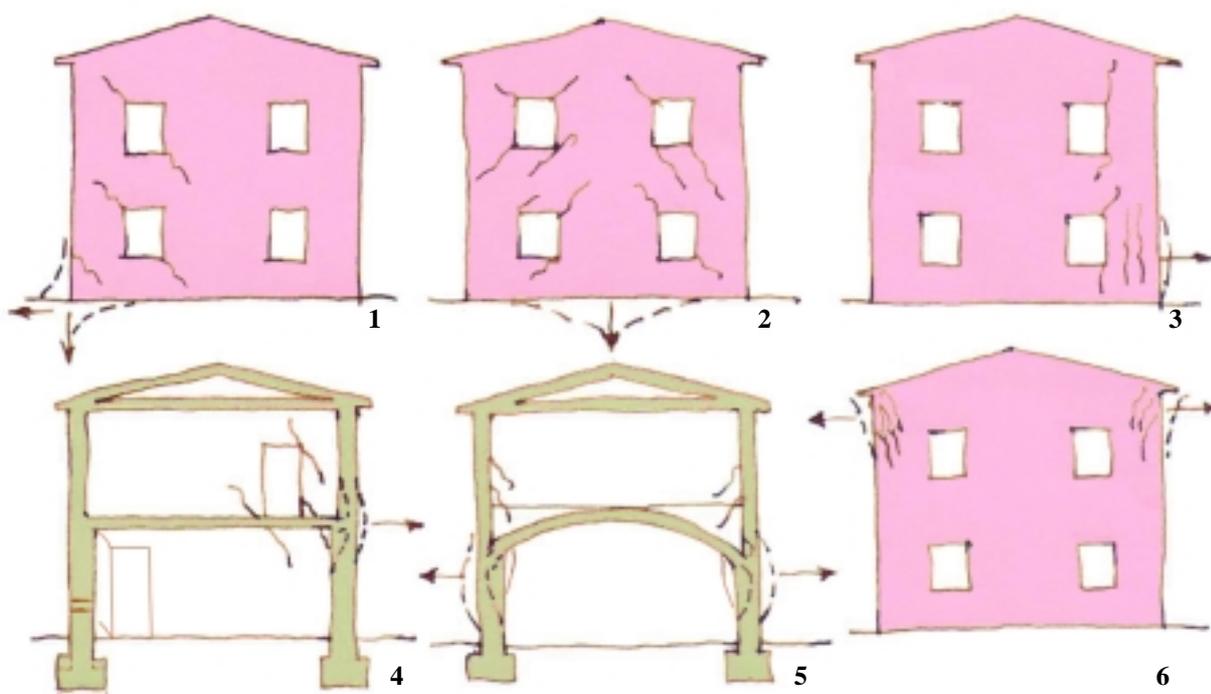
Le cause di dissesto sono schematizzabili nei tipi elementari:

- cedimento delle fondazioni;
- schiacciamento delle strutture murarie in elevazione;
- deformazioni permanenti da pressoflessione;
- cedimento degli archi e delle volte;
- eccessiva inflessione dei solai.

La *diagnosi ovvero la ricerca delle cause perturbatrici risalendo dagli effetti visibili rilevati* è difficile da effettuare perchè non è detto che stesse cause provochino lo stesso tipo di lesione. Generalmente si può dire che le cause risalgono a errori iniziali di calcolo, di costruzione o a modificazioni successive dell'edificio quali le sopraelevazioni o le nuove aperture.

Infine si prescrive una *terapia*. I *rimedi e opere di intervento* possono essere provvisori o definitivi. In ogni caso, è opportuno disporre puntellamenti provvisori e preventivi atti a garantire la stabilità delle strutture durante i lavori di consolidamento.

Se dovessi prendere in esame, anche brevemente, ogni caratteristica di dissesto con relativa diagnosi e terapia, probabilmente non basterebbe un libro intero per contenere tutto il discorso. È per questo che rimando il lettore, interessato al profilo tecnico di questa vasta tematica, ad approfondimenti effettuati su alcuni testi che mi permettono di segnalare nella *bibliografia consigliata* di fine capitolo. Mi limito perciò a illustrare graficamente alcuni esempi dei fenomeni di degrado strutturale più frequenti.



Identificazione delle lesioni strutturali da dissesto geometrico. Lesioni tipiche dovute a spostamenti localizzati: 1 - per spostamento laterale dello spigolo dell'edificio; 2 - per cedimento fondale nella zona intermedia di facciata; 3 - per schiacciamento della struttura muraria; 4 - per cedimento fondale della parete di facciata e per spinta verso l'esterno delle strutture di solaio; 5 - per effetto di spinta della struttura a volta interna; 6 - per presenza di copertura spingente.

Per quanto riguarda il discorso limitato al crudo è possibile fornire alcune indicazioni riguardanti l'intervento sugli elementi degradati.

Problemi della struttura legati alle caratteristiche proprie del materiale

La terra è messa in opera come impasto ricco d'acqua; acqua che viene poi espulsa quasi interamente previa battitura. Però una leggera umidità permane inevitabilmente nella muratura a lavori ultimati. Tale quantità di liquido viene traspirata in seguito all'essiccazione della terra, variabile secondo vari parametri (terra più o meno argillosa, tasso d'umidità al momento del compattaggio e quantità eccedente intrappolata nella muratura dopo le operazioni di battitura, rapidità di essiccamento, temperatura esterna...). Quando le condizioni corrette non si realizzano, più fenomeni concorrono al degrado, apparendo uno a uno:

- microfessure su tutta la superficie della muratura;
- fessure generali nei collegamenti principali;
- fessure verticali.

Il muro come struttura

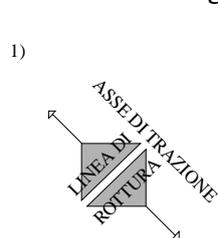
Il muro in terra lavora essenzialmente a compressione. Per contro esso ha una nulla resistenza alla trazione, gli sforzi devono essere quindi incamerati da altri materiali sostitutivi (p. es. architravi in legno o pietra o laterizio o acciaio o cls). La presenza di questi sforzi indesiderati possono arrecare alla muratura vistosi inarcamenti e spancamenti o, più comunemente, delle lunghe crepe. Le murature in terra, non resistendo a trazione, si spezzano lungo la direttrice perpendicolare all'asse di trazione (asse di compressione)¹.

La causa principale dei problemi legati alla struttura è dovuta agli assestamenti della struttura con cedimenti differenziati del terreno che non possono essere sopperiti dalle fondazioni, di sovente limitate o inesistenti. Questi cedimenti hanno per origine la combinazione tra i pesi importanti della muratura e la reazione del suolo alternatamente esposto a umidità, aridità e gelo (condizioni frequenti e pericolose per gli edifici in crudo). Solamente se il cedimento del terreno è uniforme non si deve temere alcun dissesto.

Una costruzione in terra può subire dei disordini in seguito ad assestamenti eccezionali della falda freatica, quando questa è vicina alla superficie del terreno. Per prevenire i danni dovuti alla presenza di acqua sorgiva la cosa migliore da fare è tentare di eliminare la causa dei disagi attraverso un intervento mirato di drenaggio delle acque.



Fessurazioni da ritiro.



Come norma generale, sono da considerarsi più pericolose quelle lesioni, anche non particolarmente vistose, generalizzate a tutto l'edificio, piuttosto che quelle localizzate, provocate per lo più da lievi cedimenti dei muri sottostanti o delle fondazioni. La costruzione di murature in comune, la presenza di ampie aperture e l'assenza di opere di drenaggio o la loro mal esecuzione, possono facilmente provocare questo tipo di disagi. Basti l'esempio delle aperture: una porta di 4 m di luce e 4 m di altezza su un muro di terra spesso 50 cm rappresenta a livello del suolo una mancanza di 16 tonnellate circa².

⁽²⁾ **Calcolo**

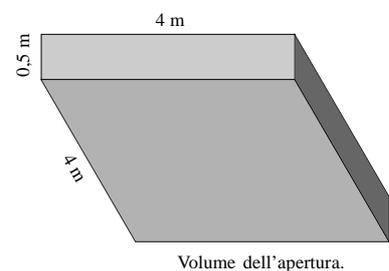
Peso specifico dell'argilla mista a sabbia o ghaia

{	asciutta = 1700 kg/mc
	umida = 1800 kg/mc
	bagnata = 2200 kg/mc

Volendo considerare la peggiore delle ipotesi realmente verificabili per compiere la scelta del peso specifico, si dovrà scegliere una media tra gli ultimi due valori ovvero $\gamma = 2000 \text{ kg/mc}$.

Volume (V) = $4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 8 \text{ mc}$

Peso (P) = $8 \text{ mc} \times 2 \text{ t/mc} = 16 \text{ t}$.



L'angolo

L'angolo è un elemento fragile in tutte le costruzioni per via delle tensioni perpendicolari provenienti da ciascun muro in caso di cedimento del suolo. In una costruzione in terra che non possiede della catene d'unione inglobate nella parte superiore della muratura, i cedimenti apportano delle fessure rilevanti agli angoli. Per evitare questi disagi, tradizionalmente, le testate d'angolo venivano rinforzate internamente con pali di legno. Ancora oggi gli interventi sono simili a quelli di un tempo: occorre concatenare le murature con elementi lignei o metallici in grado di sopportare gli sforzi di flessione e taglio che comunemente la muratura non è in grado di accollarsi.

Le aperture

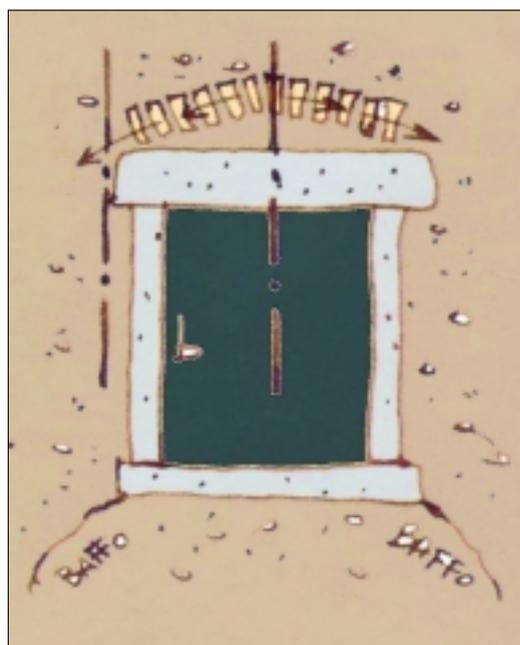
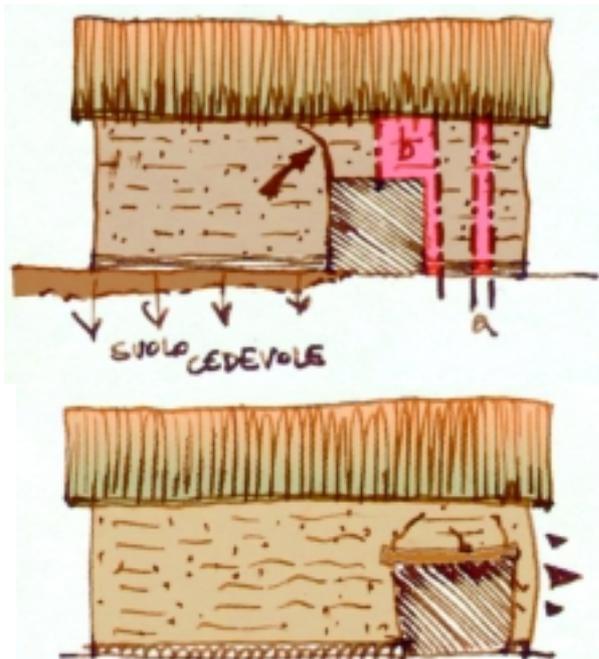
Durante un cedimento, il muro si fessura nel suo punto più vulnerabile, generalmente dov'è più rimarcata l'assenza di materiale: sulle aperture.

Nelle aperture con grandi luci, gli architravi o gli archi possono anche inflettersi, soprattutto se scarsamente ancorati, per cui la fessurazione assume la tipica forma di un'arco di scarico (rappresentante dal lato pratico la linea dividente la zona di trazione e di compressione - vedere cubetto rappresentativo della nota 1 alla pagina precedente).

Il rischio di punzonamento della muratura si può spiegare attraverso un esempio. Assunto il porticato raffigurato nel disegno sottostante, notiamo che per una delle "fette" di muratura corrispondenti alla sezione della porzione continua "a", il suolo non sopporta che la parte superiore del muro (se consideriamo solo il contributo della muratura escludendo per comodità il peso della copertura). Per la sezione della muratura contrassegnata con "b", bisogna aggiungere ai vari pesi verticali la metà dei carichi ripartiti sull'architrave. Se per esempio troviamo un'apertura larga 4 m in una muratura di 0,5 m di spessore, con 2 m di terra al di sopra dell'architrave, il sovraccarico è di circa 4 tonnellate per appoggio, secondo il calcolo: $[2 \text{ t/mc} \times (4 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m})] / 2 = 4 \text{ t}$. Lo stesso fenomeno si applica al livello delle finestre in cui le fessure dovute al punzonamento degli appoggi prendono il nome di "baffi".

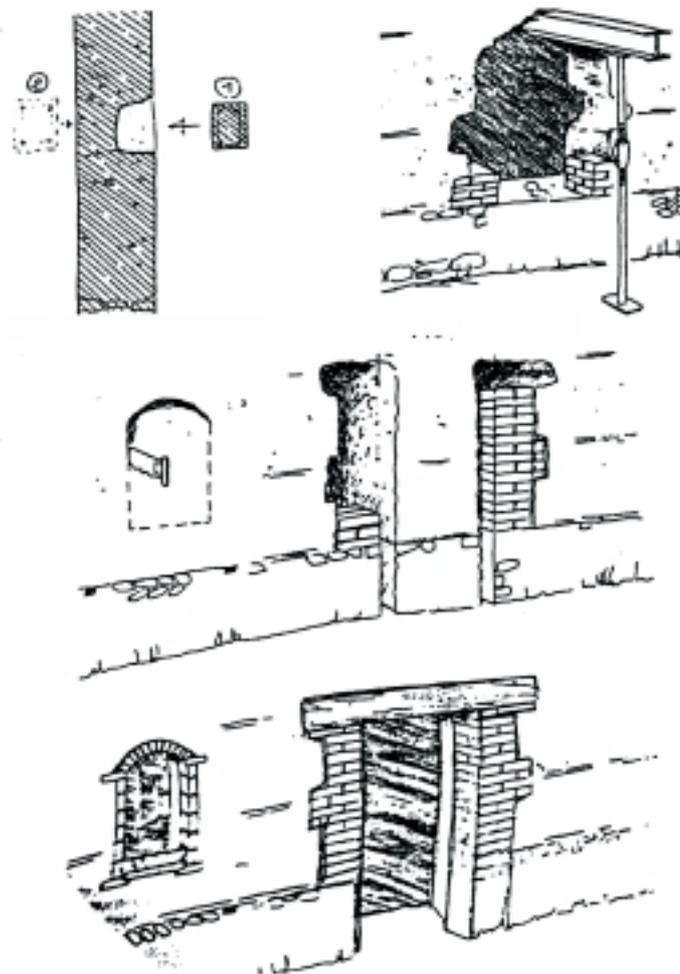


Esempio di portico con murature soggette a punzonamento in prossimità delle aperture.

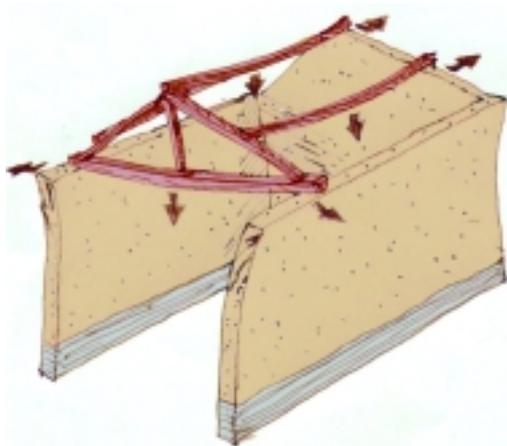


Problematiche relative alle aperture e agli spigoli delle murature.

Un intervento spesso necessario è quello di ampliare alcune aperture davvero troppo piccole per il nostro moderno modo di abitare. Spesso però si esagera eccedendo nelle dimensioni delle aperture, prodotte in murature che potrebbero soffrire con l'andare del tempo di problemi statici dovuti alla mancanza dei grandi maschi murari demoliti per incuria. Per adattare tali aperture al nostro tipo di vita è giusto ampliare le vecchie aperture, che il più delle volte si presentano alquanto strette e basse per ottenere la giusta illuminazione e per poter adottare nuovi adeguati serramenti, assumendo forme ed elementi estetici di finitura più vicini ai nostri gusti oltre che a particolari sistemazioni, come p. es. l'adozione di serre esterne vetrate. Il buon senso costruttivo consente di creare delle nuove aperture ma ne limita però il numero e soprattutto le dimensioni; l'attenzione va soprattutto posta alle fessure, alla debolezza di certi tipi di terra, al posizionamento delle aperture (da eseguirsi possibilmente lontano dagli angoli del fabbricato). Sino a 100 ÷ 120 cm di luce, l'apertura può essere eseguita senza sostenere la muratura durante l'esecuzione ed è preferibile posizionare al di sopra di essa un bell'arco formato con mattoni. L'uso del laterizio, della pietra e del legno come materiali per i sostegni laterali delle aperture, non alterano assolutamente l'estetica dell'edificio. Al contrario, tutte le aperture di ampie luci necessitano di molte precauzioni e dell'utilizzo di puntellatura con cavalletti. Gli architravi, dato il forte spessore del muro, vanno posizionati progressivamente. Il realizzo di archi di scarico in mattoni sovrastanti l'architrave alleggerisce i pesi su quest'ultimo favorendo anche l'estetica globale della facciata. Le aperture non vanno mai realizzate troppo vicine fra loro perchè si verrebbero a creare disagi statici nel maschio murario lasciato troppo esile; l'ideale sarebbe lasciare almeno un setto largo quanto l'apertura, se non di più. Se realizzate, le spalle d'appoggio in muratura devono ospitare almeno 20 cm di architrave da ambo le parti, aumentando tale luce d'appoggio in caso di aperture con grande luce. Infine è necessario proteggere gli appoggi con materiale coibentante in modo da evitare il ristagno dell'acqua facilitandone l'allontanamento dalle parti esposte alla pioggia.



Processo di formazione delle aperture.



Deformazione della muratura causata dalla carpenteria del tetto.

Danni causati alla muratura dalla carpenteria del tetto

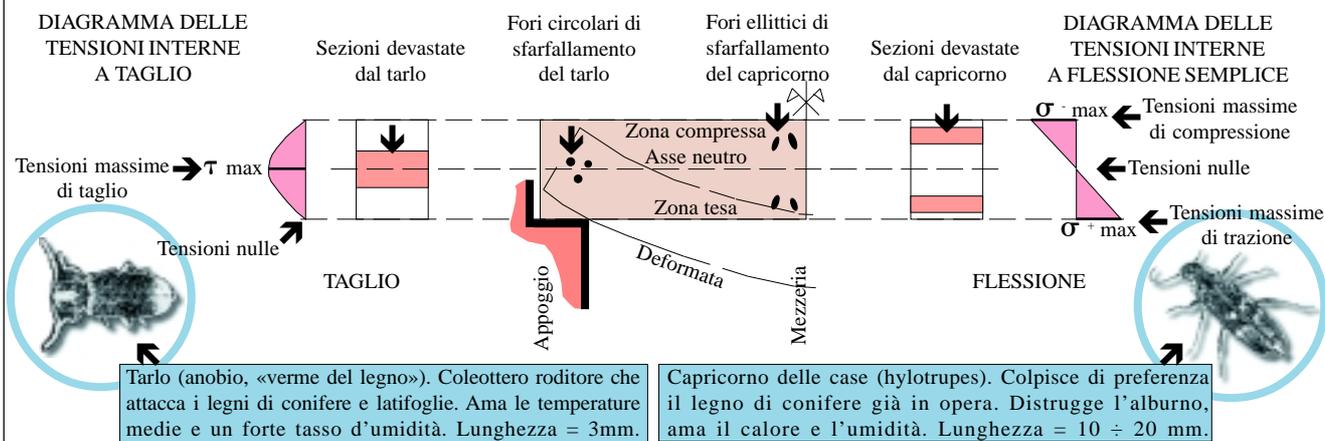
Le spinte trasversali hanno per origine i carichi del tetto, i sovraccarichi climatici (neve e vento), la dilatazione termica, il degrado del legno e le modalità d'assemblaggio. Le discese del carico provocano pressione puntiforme che crea fessure e punzonamento soprattutto nei punti deboli della struttura. Occorre dunque ripartire questi dannosi carichi per diminuire i rischi. Per contro, un'apertura sotto gli sforzi li accentua ancora di più.

Casi particolari: crepe e ventri

Un muro molto lungo può, sotto il peso della carpenteria, deformarsi verso l'esterno formando un ventre. Per cedimento esso si può inflettere verso l'interno formando così delle crepe.

Le murature del sottotetto e il degrado degli elementi lignei: problematiche e soluzioni

Valutare lo stato di salute delle murature e, in generale, delle strutture portanti verticali del sottotetto, è un'operazione importantissima che va svolta in modo accurato. Molto spesso, infatti, ci si trova di fronte a fessurazioni che vengono semplicemente sigillate con della malta, non risolvendo affatto il problema che le ha generate né tantomeno l'effetto visibile di esso, cioè la crepa. Diverse e molteplici possono essere le cause del dissesto di una muratura, ma solamente alcune sono particolarmente diffuse nel caso del sottotetto. Queste possono essere riunite in un sistema di concause, che fa capo alla spinta orizzontale della copertura non ben contenuta o non sopportata dalla muratura. Varie manifestazioni di degrado, dovute generalmente alla presenza di umidità sugli elementi portanti della copertura, capriate e puntoni, portano all'aggravarsi delle condizioni di carico della muratura, che non riesce ad assorbire la spinta della falda. Volendo aprire una parentesi sul degrado delle strutture lignee va detto che esse subiscono seri danni negli edifici non controllati. Conviene effettuare una diagnosi precisa di tutte le parti in legno (travi, puntoni, ...) rivelanti l'attacco di umidità (i funghi del legno più diffusi sono il *Merulius lacrimans* detto «fungo della marcedine» o anche «marciume rosso», la *Coniophora cerebella* detta «marciume nero» e il *Lenzites abietina* detto «marciume secco») e l'aggressione degli insetti (tra le varie specie i peggiori in assoluto sono il capricorno - che si nutre delle fibre superficiali della sezione lignea senza intaccare la pelle esterna in zona di mezzera della trave, privando la struttura di sezioni resistenti a flessione proprio dove sono necessarie - e il tarlo - che si nutre del cuore della trave in prossimità delle sezioni d'appoggio della trave privando la struttura delle aree necessarie a sopportare lo sforzo di taglio).

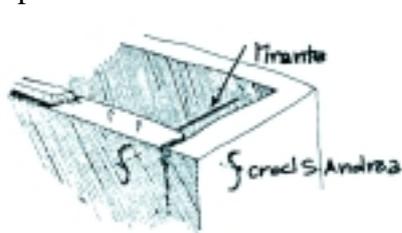


Schema strutturale di una trave in legno semplicemente appoggiata agli estremi con carico uniformemente distribuito.

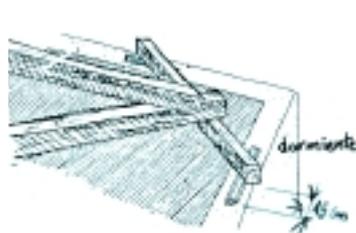
Normalmente si opera con l'impregnatura della trave di particolari sostanze chimiche (prodotti insetticidi in solventi organici) o, se le sezioni resistenti si trovano in pessimo stato, con interventi di consolidamento di svariato tipo (p. es.: solidarizzazione con una o due bandelle in acciaio estradorsali, solidarizzazione di una trave in legno, inserimento di putrelle, sovrapposizione di un cordolo in beton epossidico, ...); qui le soluzioni sono davvero varie e possono essere approfondite su specifici testi di consolidamento strutturale. In extremis si ricorre alla sostituzione dell'elemento colpito. Oggi sta però prendendo piede, soprattutto per edifici storici, una tecnica che a volte può essere più economica che la sostituzione della trave (perchè non occorre smontare il tetto); si tratta di un intervento con l'inserimento di barre in vetro-resina nel corpo della trave per una lunghezza accuratamente calcolata dai tecnici delle ditte specializzate e conseguente perfetta sigillatura dei fori praticati con resina epossidica fluida. Il risultato è una trave dalle capacità portanti nettamente superiori a quelle normalmente attribuite al legno (legno: $\sigma_1^{\parallel} = 60 \text{ daN/cm}^2$; $\sigma_1^{\perp} = 20 \text{ daN/cm}^2$; $\tau = 9 \text{ daN/cm}^2$; $E_1 = 100.000 \text{ daN/cm}^2$ — beton epossidico: $\sigma_{b.e.} = 270 \text{ daN/cm}^2$; $\sigma_{b.e.}^{\text{compressione}} = 730 \text{ daN/cm}^2$; $\sigma_{b.e.}^{\text{trazione}} = 110 \text{ daN/cm}^2$; $\tau = 260 \text{ daN/cm}^2$; $E_{b.e.} = 120.000 \text{ daN/cm}^2$).

Gli appoggi delle travi sul muro, soventemente luoghi poco ventilati e più umidi, sono da controllare regolarmente. Le unioni di elementi, deboli o putride, che non assolvono più ottimamente al compito strutturale loro affidato, non impediscono più gli sforzi trasversali di spostamento del muro, molte volte mal incatenato. I tiranti metallici, muniti di bolzoni verticali o croci di S. Andrea all'esterno, lavorano su una zona minima di muratura. Se per caso il tetto dovesse essere completamente sostituito e ricostruito (o perchè troppo fatiscente o perchè necessita di essere sopraelevato), allora sarà il momento buono per applicare in cima alla muratura (dove si appoggiano le travi) un cordolo continuo in calcestruzzo armato che si può ancorare alla muratura per mezzo di ferri verticali. Una pellicola plasticata impermeabilizzante, intercalata tra terra e calcestruzzo, evita tutta una serie di problemi di umidità durante e in seguito il realizzo della catena. Il punzonamento che scaturisce dall'appoggio sulle murature della grossa orditura lignea del tetto può essere evitato grazie all'inserimento di un dormiente di ripartizione degli sforzi, realizzato con una spessa tavola sbordante di almeno 15 cm dall'area di appoggio della trave sovrastante.

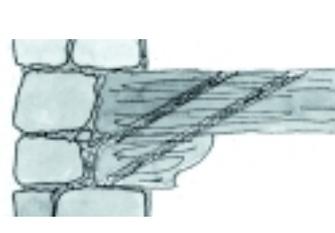
Tornando al discorso degli interventi da effettuare in caso di dissesti localizzati della muratura, occorre citare le microcatene, che permettono di ripristinare la continuità della muratura interrotta dalle lesioni, senza intervenire sull'intera parete. Queste vengono applicate superficialmente a cavallo della fessurazione da un solo lato o, se il dissesto è passante, da entrambi i lati della muratura; in quest'ultimo caso è preferibile che la microcatena sia di acciaio inox, per evitarne la rapida degradazione dovuta all'esposizione agli agenti atmosferici. La loro conformazione e dimensione varia a seconda delle problematiche e del tipo di struttura nella quale devono essere inserite. Di solito sono nastri metallici di larghezza compresa tra i 5 e i 10 cm e spessore fra 0,5 e 1,5 cm, le cui estremità sono ripiegate ad angolo retto e opportunamente separate, per migliorarne l'aggancio alla muratura; vengono infine fissate con chiodi. Le microcatene vanno generalmente evitate anche quando il paramento murario presenti una tessitura particolarmente disomogenea o quando i giunti tra gli elementi presentino malta sovrabbondante e di scarsa consistenza. In questi casi, per migliorare anche in profondità la consistenza del paramento murario, sono più indicate le microcuciture, realizzate con barre di metallo inossidabile o barre di materiale sintetico non reagente, annegate in resina o altre speciali sostanze a base di calce, con funzione di consolidante.



Applicazione di catene metalliche alla muratura.



Salvaguardia dello spigolo con trasferimento dei carichi su dormienti in legno.

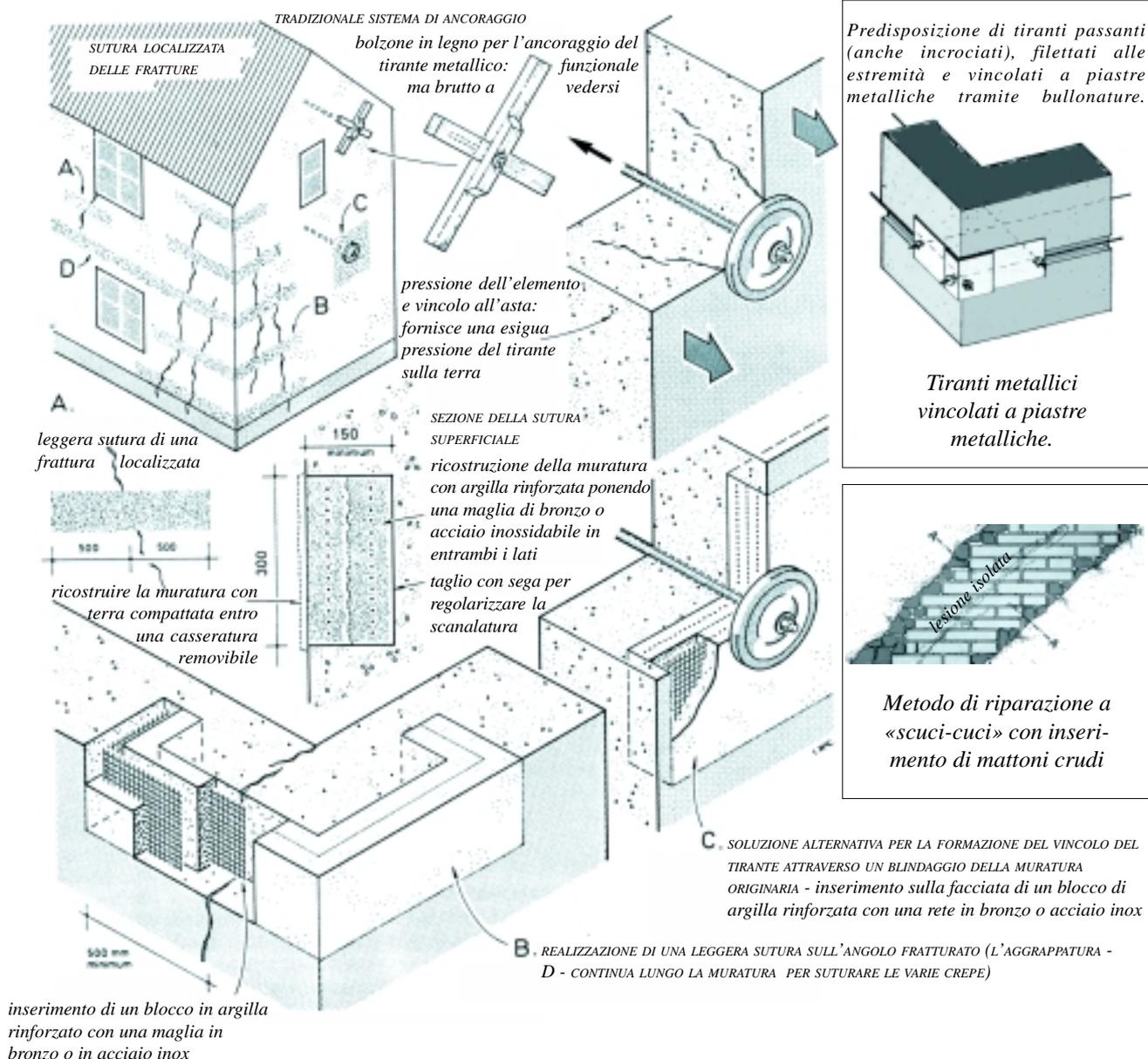


Riparazione della testata di una trave con l'inserimento di barre in vetroresina.



Posizionamento di una microcatena.

Una tecnica di antica tradizione è rappresentata dalle catene e dai tiranti in genere, che hanno l'obiettivo di stabilizzare le deformazioni strutturali già avvenute, impedendone nuovi sviluppi. I tiranti sono indicati per intervenire sui dissesti provocati da spinte orizzontali, tipicamente quelle della falda di copertura, che causano la rotazione dei paramenti murari. Di solito i tiranti vengono collocati in opera a livello del pavimento, in corrispondenza dell'intersezione tra i muri trasversali con quelli di facciata, in modo da ottenere un funzionamento migliore, mentre gli agganci terminali esterni possono avere svariate forme (a paletto, a piastra circolare o ellittica). Se, per la praticità e il costo, il sistema dei tiranti è tra quelli più diffusi nella manutenzione di edifici, esso possiede, per contro, un'elevata facilità di degrado della parte esterna, intaccabile dagli agenti atmosferici. Per evitare tale inconveniente, i tiranti possono essere protetti, anche per la loro intera lunghezza, entro guaine nelle quali viene iniettata una speciale sostanza sintetica isolante.



Metodi per saturare e legare le murature in cob o pisé

Se le murature presentano delle lesioni è possibile intervenire sostituendo gli elementi danneggiati. Va tenuto conto che stiamo trattando lesioni limitate e localizzate. Gli interventi strutturalmente consistenti esulano da questo discorso, in primis perchè il tema sarebbe molto lungo e complesso da trattare in poche pagine (si rimanda il lettore ai testi specializzati di consolidamento) e in secundis per il fatto che sarebbe controproducente dal lato economico mantenere in vita una muratura di terra che subisce danni strutturali consistenti.

Il ripristino della tessitura muraria

La riparazione della parete in adobe è molto rapida e decisamente meno impegnativa di quella in pisé in quanto viene applicato il metodo del “scuci-cuci”, cioè della sostituzione puntuale e limitata (circa 10 mattoni ogni mq), dei singoli elementi degradati e dissestati, utilizzando nuovi elementi simili, per dimensioni e caratteristiche chimiche e meccaniche, a quelli sostituiti, eventualmente additivati con una piccola dose di cemento per ottenere un’adeguata stabilizzazione.

Molto diversa, anche se spesso confusa con la precedente, è la tecnica della sostruzione muraria, cioè della sostituzione di aree abbastanza ampie di paramento murario con una muratura nuova. Questa tecnica, di cui si abusa, consente di risolvere quadri di dissesto piuttosto ampi introducendo però un elemento estraneo, con diverse caratteristiche di elasticità e permeabilità al vapore acqueo, all’interno del paramento murario. La sostituzione muraria è efficace solo se, una volta rimosse le cause del dissesto, si riesce ad assicurare la buona adesione e la collaborazione elastica fra i vecchi e i nuovi elementi. Tale compito è affidato alle malte, che devono possedere, perciò, buone caratteristiche di presa (sufficientemente rapida) e di stabilità dimensionale (ritiro limitato), tali da evitare pericolosi assestamenti della nuova struttura nell’attimo in cui essa sarà chiamata a cooperare con la preesistente. Nel caso, infine, di paramenti murari legati con malte poco consistenti, è possibile intervenire con iniezioni di miscele consolidanti, preferibilmente a base di calce spenta, che sono maggiormente compatibili, chimicamente e meccanicamente, con il legante originale della muratura.

La riparazione della muratura in pisé o in bauge (o cob) richiede maggior riguardo in quanto occorre ripristinare la trama della muratura così come si presentava prima del degrado o del crollo.

1) La prima operazione è quella di *ricostruire il mix d’impasto più idoneo* dosando opportunamente i componenti primari: terra, ghiaia, sabbia, acqua. Gli impasti vanno valutati con oculata attenzione, basandosi su studi effettuati sulle antiche miscele adottate nella zona di edificazione e effettuando prove di laboratorio e/o di cantiere che ne confermino la validità¹. Alcuni esempi d’impasto potrebbero essere i seguenti:

Miscela tipo A

Terra molto argillosa: 1 - Ghiaia: 3 - Sabbia: 1

Miscela tipo B

Tarare 10 parti del mix A con 1 parte di cemento bianco Portland*

Miscela tipo C (per l’esposizione a un ambiente aggressivo)

Terra poco argillosa additivata*: 1 - Ghiaia: 4 - Sabbia: 1-2

(*) Additivi idraulici sono usati in esigua quantità per attribuire all’impasto una maggiore resistenza ai fenomeni naturali, al di là di una ottimale compattezza.

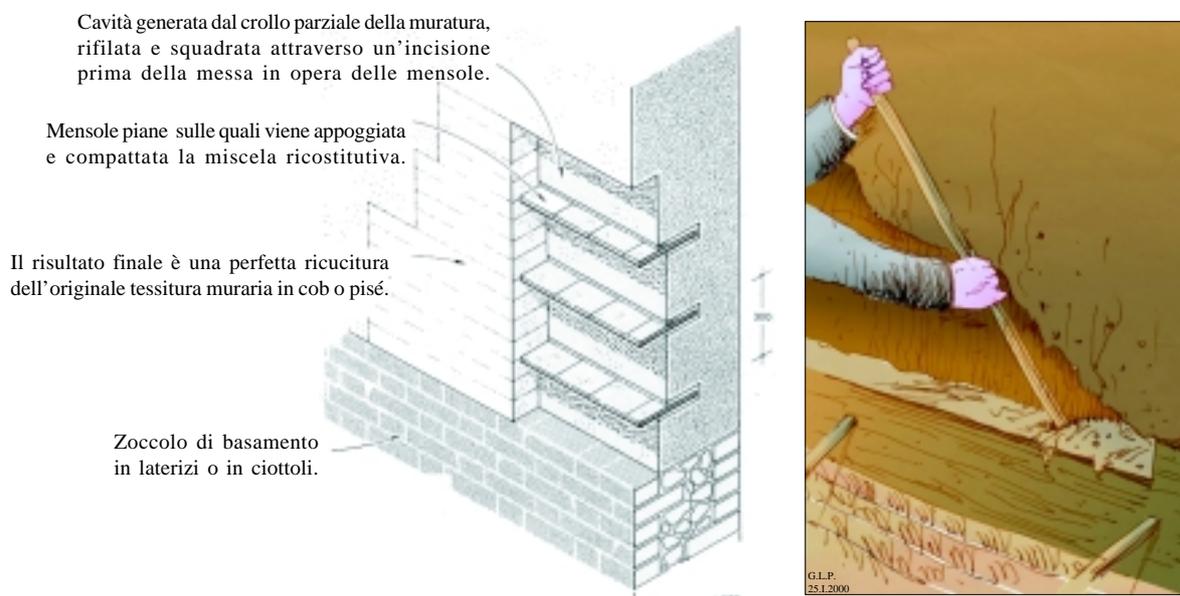
2) Come seconda operazione si provvede a creare una cavità regolare attraverso il taglio della muratura danneggiata. Dopodiché si inseriscono nella fessura delle tavelline o delle tavole in legno conficcandole, quindi vincolandole, nella muratura sana; questi ripiani dovranno arretrare rispetto al filo di facciata di circa $7 \div 8$ cm. Poco alla volta è possibile versare su di queste mensole dell’argilla, facilmente comprimibile manualmente tramite un pillo, fino all’otturazione completa della nicchia. La faccia esterna del muro (cioè i $7 \div 8$ cm lasciati liberi dalle mensole) sarà completata con un adeguato impasto o rivestita con un paramano in laterizi o quant’altro. Un metodo alternativo, o una possibile sorta di combinazione a questo, è ottenuto con l’uso di casseri in legno che vengono posizionati a filo

¹ È da anni che le Università interessate al tema del crudo operano nei loro laboratori alla ricerca del “giusto impasto”. I controlli sono molto severi e i grandi blocchi vengono testati esponendoli per mesi all’azione diretta delle intemperie prima di certificare la validità dell’impasto adottato. Alla Facoltà di Architettura di Torino, per esempio, i proff. Roberto Mattone e Gloria Pasero effettuano da anni esperimenti di questo tipo, valutando con coscienziosità e oggettività i risultati delle analisi su campioni da loro confezionati, ottenendo quindi attendibili risultati a riguardo.

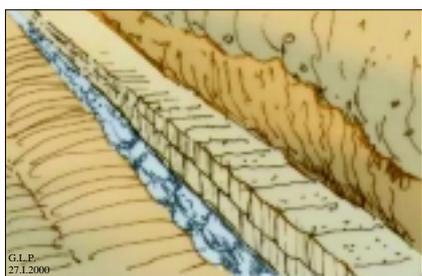
della facciata o, se si prevede un rivestimento, rientrante di qualche centimetro e successivamente riempite con terra.

L'amichevole diatriba intavolata nel '97 con il mio stimato insegnante di Restauro, il Prof. Dario Lugato può giungere a un compromesso. Egli infatti affermava giustamente che le regole del restauro moderno prevedono di segnalare l'intervento di ripristino, rendendolo visibile; questo modo d'operare permette di non ledere i giudizi delle successive generazioni di studiosi che analizzeranno l'edificio e che potrebbero essere tratte in inganno da un nostro intervento effettuato in malafede, che ha più lo scopo di imitare piuttosto che riparare. Secondo il mio umile parere, quando l'operazione viene compiuta su un edificio che non possiede i requisiti di monumentalità, è lecito concedere ai tecnici incaricati alla progettazione e all'esecuzione dell'opera di curarsi più dell'estetica piuttosto che rimarcare la presenza di un insignificante rattoppo, ma li inviterei ugualmente a prendere qualche provvedimento riguardo la segnalazione o la datazione dell'intervento appena effettuato. Non voglio di certo pensare ai commenti del muratore e del proprietario di una casa rurale se solamente accennassi a queste, pur sacrosante, teorie del restauro.

Forse questo compromesso può essere reso ancora più valido se la parte di muratura crollata venisse otturata con una serie di mattoni crudi stabilizzati che oltre a donare un aspetto cromatico simile differenziando la trama muraria? Certo, è possibile e logico. Inoltre la facilità dell'operazione è superiore e metodologicamente più vicina a noi rispetto a quella della battitura. Bisogna anche saper comprendere i limiti e i desideri del personale con cui si lavora e del committente per il quale si lavora. In questo campo di ricerca, dove il dibattito sulle tecniche è tutt'altro che concluso, vanno evitate soprattutto le prese di posizione; consiglieri piuttosto di saper ascoltare e ponderare le soluzioni alternative che ci vengono offerte e, se ne vale la pena, di adottarle. La mia opinione è che ottenere il permesso da parte di un cliente di operare in crudo su abitazioni del nostro Paese e soprattutto su quelle della piana di Alessandria, dove alla popolazione manca completamente la sensibilità e la cultura del restauro, può già considerarsi un ottimo passo avanti. Purtroppo il cliente ideale è raro come le perle nere e siccome "l'architetto fa il cliente e il cliente fa l'architetto", le delusioni non mancano.



Metodo per la ricostruzione della muratura degradata in bauge o pisé.



Ripristino di muratura, degradata alla base, con adobe stabilizzati. Quest'operazione, che può essere intesa come un compromesso con le teorie di restauro e certamente più pratica da eseguire, si avvicina naturalmente più alla sostituzione muraria piuttosto che a un intervento di ripristino della tessitura muraria esistente. Questo sistema permette senz'altro di evidenziare la muratura ripristinata rispetto a quella preesistente. Ma per quanto tempo le forme si distingueranno in modo così netto fra loro prima che la pioggia ne confonda i lineamenti ?

Restano comunque due particolari difficili da chiarire che andrebbero presi in esame con molta attenzione: 1) la nuova parte di muratura avrà mai un compito portante dato che, con il crollo parziale, si è andata a creare una particolare situazione che vede la formazione di un arco di scarico del peso della muratura superiore verso le pareti laterali del muro rimasto in piedi? Tale situazione può essere forse mutata solamente con una nuova redistribuzione dei carichi, ovvero in seguito a un forte assestamento o a causa di una scossa sismica).



Se la muratura viene privata di una sua porzione limitata, la parte superiore del muro non crolla ma tende a scaricare il proprio peso sulle ali laterali dell'apertura tramite un'immaginario arco di scarico. La nuova muratura al di sotto di questa fenditura non sarà più soggetta alla totalità dei pesi che gli giungevano in precedenza dall'alto.

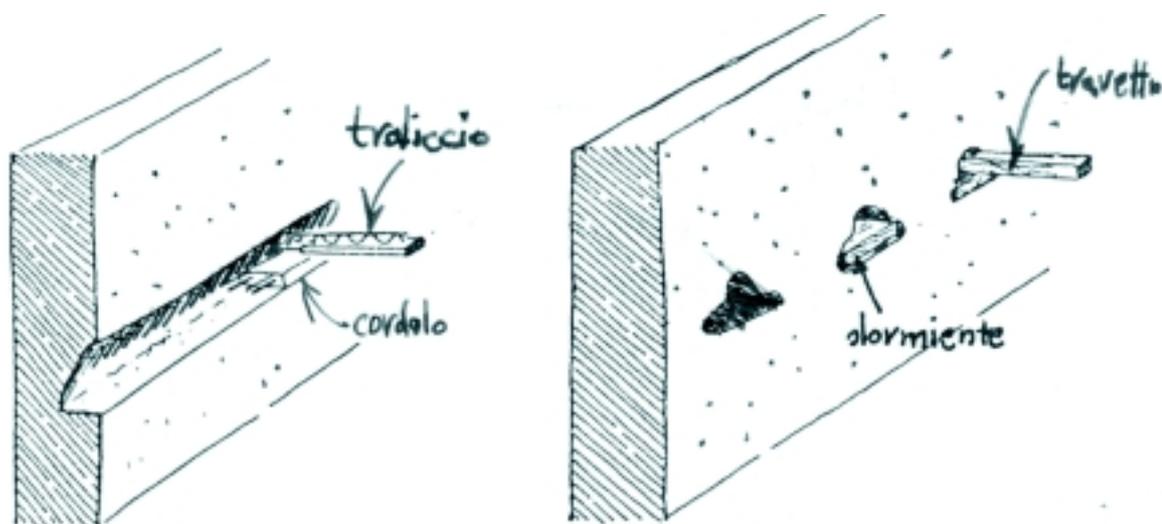
2) Occorre mettere a punto un sistema di collegamento tra le due parti di muratura o non cambierà il fatto che esse rimangano tra loro slegate?

Si cercherà di rispondere a questi due quesiti, ipotizzando una possibile soluzione di cantiere, al cap. IV.

Cenni sulla realizzazione o sostituzione degli orizzontamenti

Le travi di un solaio in legno costruito ex-novo possono essere inserite in tagli effettuati nella muratura di almeno la metà dello spessore del muro.

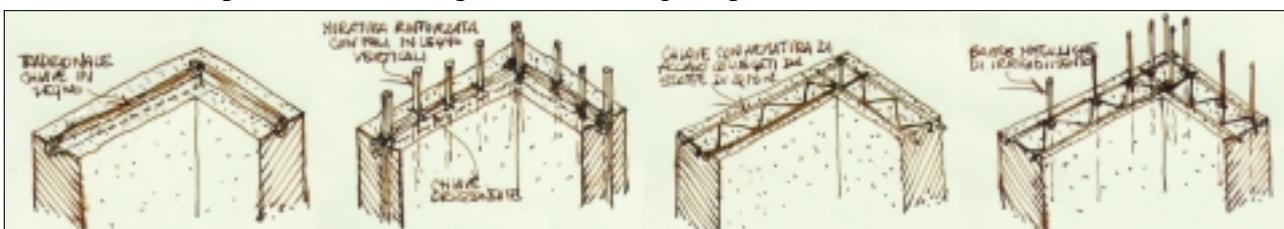
La realizzazione dei solai in latero-cemento, a volte necessaria, dipende da diversi parametri: stato del muro e dell'eventuale solaio in legno esistente, aspetti estetici e comodità di utilizzo, costo e fattibilità del lavoro. Viene dapprima praticato un taglio continuo a sezione obbligata nella muratura nel quale vengono poi inseriti i travetti in c.a., meglio se fatti appoggiare su un cordolo in c.a. realizzato in precedenza. Per le volte, la fase di taglio della muratura è simile, solamente va effettuata con la lama posizionata in maniera inclinata. Se la struttura è in legno occorre lasciare una camera d'aria fra muratura e testata della trave per non rendere il legno marcescibile, limitando la funzione dell'appoggio. Il surplus sarebbe quello di realizzare alcuni scoli inclinati verso l'esterno durante la posa in opera dell'orizzontamento, in maniera da eliminare l'umidità in eccesso che potrebbe formarsi all'interno di questa traccia, in prossimità dell'appoggio della trave sulla muratura.



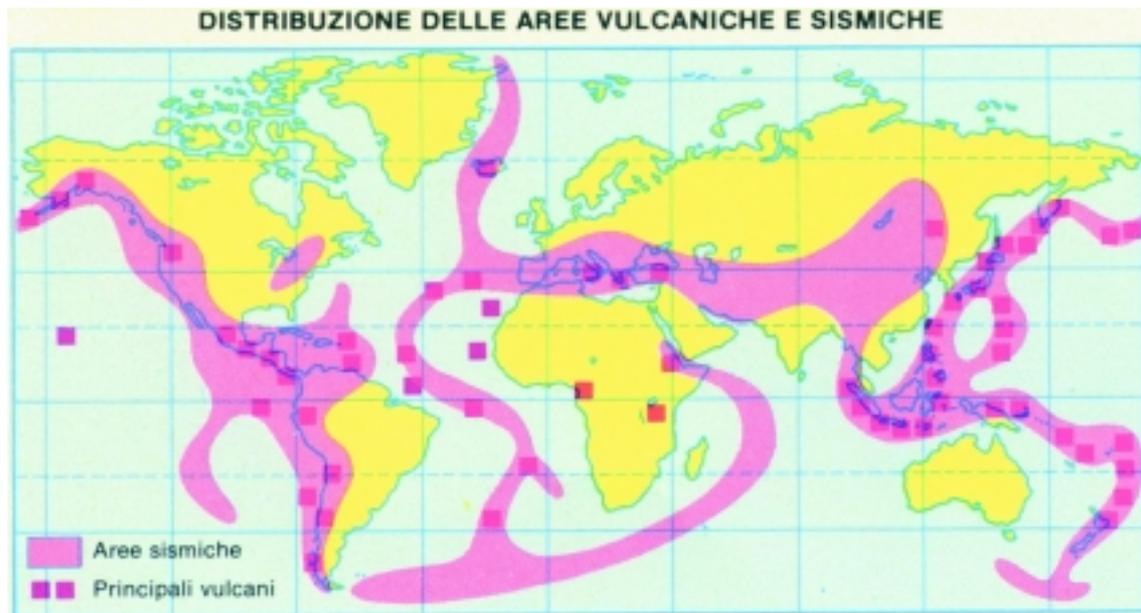
Scanalatura continua per solaio in latero-cemento e puntuale per le travi del solaio in legno.

IL TERREMOTO, IL COMPORTAMENTO DELLE COSTRUZIONI IN TERRA IN PRESENZA DI SCOSSE TELLURICHE ED INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE ANTISISMICA

Tra gli innumerevoli eventi che possono minare la vita fisica di un edificio, uno dei più violenti è certamente il terremoto. Si è già constatato come la maggior parte delle aree di diffusione del crudo sia caratterizzata proprio da un'alta sismicità. A giudicare dalle catastrofiche conseguenze in termini di distruzioni materiali e di vite umane perdute, si sarebbe portati a pensare alle migliaia di modeste abitazioni in crudo e alle decine di edifici storici coinvolti in quegli eventi come trappole mortali; ma esaminando i fatti e le statistiche, si può notare come la reazione di un edificio in crudo nei confronti del sisma non è peggiore, in generale, di quella di un edificio costruito con altri metodi, e in alcuni casi è anche migliore, in quanto la struttura presenta una spiccata capacità elastica essendo le murature meno rigide rispetto ad esempio a uno scheletro portante in calcestruzzo armato. Alcuni rapporti tecnici sono concordi nell'ammettere che già a poca distanza dalla zona megasismica, ovvero nei pressi dell'epicentro, gli effetti distruttivi sulle strutture in crudo si attenuano rapidamente; il fatto indica una straordinaria capacità di assorbimento delle scosse sia sussultorie che ondulatorie, certamente maggiore che in analoghi edifici più rigidi e meglio costruiti. Già in passato si adottavano tecniche per prolungare la vita dell'oggetto architettonico, intenzionalmente destinato a costituire un ricordo, un esempio duraturo, se dotato di una certa mole. Infatti, siano essi i templi-torre mesopotamici, siano esse le piramidi cerimoniali mesoamericane, si nota come siano tutti di dimensioni ragguardevoli, soprattutto se rapportate alle conoscenze del tempo in fatto di tecnologia, di statica e di organizzazione del cantiere. Questi monumenti sono essenzialmente delle masse inerti di terra pressata nelle quali le parti piene sono di gran lunga superiori a quelle vuote interne, cioè a quelle utilizzabili come ambienti chiusi. Le mura di queste costruzioni, per evidenti ragioni statiche, sono costantemente rastremate verso l'alto, tecnica che si è poi trasferita alle costruzioni in pietra squadrate. La massa di crudo era sempre collegata orizzontalmente mediante tiranti di legno ed altri sistemi di distribuzione dei carichi. Nel caso di grandi edifici civili i collegamenti orizzontali erano integrati da sistemi verticali, cioè da veri pilastri lignei, sia pure di esili dimensioni rispetto alle masse in gioco, annegati nello spessore delle murature. Si è anche osservato in alcune costruzioni la sequenza costante, nell'ambito di serie successive corrispondenti ad altrettanti gradini o terrazze del monumento, di ricorsi di stuoie di paglia che attraversano tutta la struttura in mattoni crudi; gli intervalli vanno diminuendo in ciascuna delle serie evidentemente in relazione al ridursi della massa di crudo e quindi dei pesi. Tra i ricorsi di stuoie si trovano sempre, con cadenze costanti e con andamento incrociato, filari di corde vegetali intrecciate che funzionano come veri e propri tiranti. Si sono poi trovati dei piccoli cunicoli, formanti una rete complessa, che attraversano da una facciata all'altra l'intera massa di crudo, allo scopo di assicurarne un completo drenaggio insieme a una efficace aerazione. Altro accorgimento era quello di non saldare l'uno all'altro i vari ricorsi lasciando al muro la più completa libertà di spostamento, pur ricorrendo all'uso di canne di bambù - flessibili ma resistenti - annegate verticalmente all'interno delle murature. Per quanto riguarda le costruzioni «leggere», dalla struttura più articolata, anch'esse, per ragioni diametralmente opposte, ossia per la loro maggiore duttilità, hanno dimostrato di saper resistere al sisma. Le masse in gioco sono decisamente minori e anche l'altezza è generalmente assai limitata. La presenza di legni di collegamento favorisce l'assorbimento delle scosse e, in definitiva, contribuisce alla stabilità. Le stesse volte, formate da elementi privi di qualsiasi resistenza alla trazione ed estremamente duttili, finiscono per costituire, sia pur entro limiti ragionevoli, delle strutture di notevole elasticità. Dalla massa monolitica dei primi esempi si passa quindi all'estrema frantumazione delle varie membrature portanti, ottenendo però, al di là di ogni aspettativa, risultati ancora una volta confortanti.



Studio di modelli di armature in legno e in acciaio. La seconda e la quarta hanno caratteristiche antisismiche (G. L. Prati, 2000).



(Fonte: "Atlante illustrato della Terra" - Vallardi).

Planisfero con individuazione delle aree soggette ad effetti sismici. È automatico il confronto fra questa carta e quella raffigurante la distribuzione mondiale delle costruzioni in crudo (p. 5), dal quale si può facilmente convenire che la maggior parte degli edifici in terra sorgono nella fascia sismica.

La sensibilità delle varie tipologie di costruzioni e i danni presunti in relazione all'intensità delle scosse

Le costruzioni in terra cruda fanno parte della categoria delle "non-engineered structures" e cioè delle strutture che non sono normalmente in grado di resistere senza danni all'attività sismica. Esse presentano danni significativi già con scosse dell'intensità 7 della scala MSK, mentre il crollo parziale avviene presumibilmente con l'intensità 8 e la distruzione totale con l'intensità 9.

L'introduzione delle costruzioni antisismiche è da vedersi in stretto rapporto con la realizzazione dei seguenti obiettivi:

- 1) Applicazione di alcune regole elementari di progettazione e di costruzione per gli edifici in terra cruda, sulla base di regole internazionali di antisismicità per salvaguardare un livello minimo di sicurezza sismica.
- 2) Sviluppo di tecniche di rafforzamento ed introduzione di materiali da costruzione integrativi per assicurare un livello di antisismicità superiore, atto ad impedire il crollo totale anche in presenza di scosse di intensità molto elevata.
- 3) Introduzione di un ampio e diffuso sistema di formazione e controllo delle costruzioni.

Tipologie di danni

Il vantaggio delle costruzioni tradizionali dell'Asia Centrale (a differenza di quelle in India o in Iran) è costituito dal tetto relativamente leggero. La scarsità di risorse naturali (in particolare legname) tuttavia rende difficile la diffusione nell'area di soluzioni di questo tipo.

In seguito al terremoto nel Kazachistan Orientale furono osservate le seguenti tipologie di danni:

- l'apertura dei muri, causato dall'accoppiamento insufficiente nelle zone di contatto e dalla mancanza dell'armatura;
- crepe verticali nell'area di appoggio delle travi maestre, distacco di segmenti murari e parziale crollo delle capriate con gradi di danno diversi, dipendenti dall'intensità delle scosse e dalla qualità della costruzione, dovuti cioè all'assenza di armature per impedire la concentrazione dei carichi, in parte anche per la mancanza del rinforzo verticale e trasversale dei muri longitudinali;
- crepe orizzontali e verticali a causa degli spostamenti relativi dei soffitti.

I principi per le costruzioni antisismiche dovranno essere seguiti, applicando i seguenti criteri di progettazione:

- corretta progettazione di pianta ed alzata, ossia limitazione della lunghezza e dell'altezza dei muri, con piante possibilmente simmetriche e regolari, evitando rientri, sporgenze, ecc.;
- corretto dimensionamento degli elementi costruttivi, p.es. definendo gli spessori minimi dei muri;
- corretto inserimento di elementi orizzontali e verticali di stabilizzazione, come p.es. rinforzi delle colonne, degli architravi e degli elementi cantonali per le aperture;
- corretti collegamenti e raccordi, p.es. armatura per l'accoppiamento dei muri, costruzione di solette e capriate con ripartizione della distribuzione del carico.

Interventi di rinforzo antisismico

Con le tipologie di costruzioni in terra, pietre e legno, alcuni mezzi ed interventi relativamente semplici consentono di ottenere un sensibile miglioramento della resistenza antisismica.

Le costruzioni portanti tradizionali in terra cruda richiedono tre strategie di intervento:

- 1) applicazione delle regole di progettazione antisismica;
- 2) il miglioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali mediante additivi;
- 3) l'applicazione di elementi di armatura in particolare nelle zone di congiunzione di muri, fra i tramezzi e fra solette/tetto, muro e fondamenta.

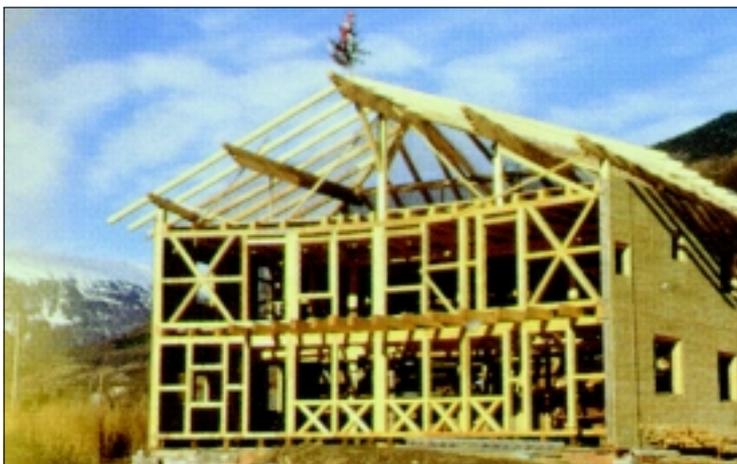
Un grado di antisismicità maggiore potrà essere raggiunto da costruzioni con ossatura o scheletro di legno, in cui la terra cruda è utilizzata esclusivamente per il tamponamento.

Dopo il terremoto nel Kazachistan Orientale, le costruzioni in terra massiccia vennero sostituite dalla seguente tipologia: l'ossatura portante tridimensionale costituita da legname squadrato verticale ed orizzontale viene efficacemente stabilizzata con un traliccio diagonale; con il traliccio viene realizzata una costruzione quasi con intercapedine, riempita con stuoie di paglia. L'intonaco viene realizzato con un rinzaffo di terra cruda.

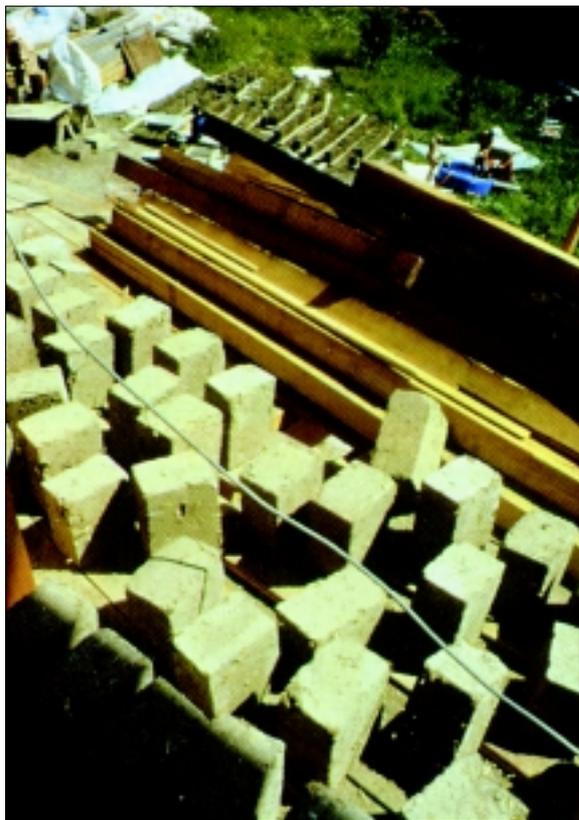
Costruzioni con scheletro portante e con tamponamento in mattoni di terra cruda

Le ossature in legno, confrontabili con le costruzioni tipo Fachwerk con tamponamento in mattoni di terra cruda, sono molto diffuse. Spesso, per il tamponamento dell'ossatura portante, i mattoni in terra cruda vengono posati a spiga, il che conferisce una maggiore stabilità alla costruzione in caso di attività sismica. In molti casi si tratta di costruzioni con base massiccia in mattoni crudi o blocchi grezzi, mentre il piano superiore è costruito con un'ossatura leggera e tamponamento in terra cruda, o con combinazioni delle due tecniche. Le tecniche tipo Fachwerk presentano un'antisismicità maggiore rispetto alle costruzioni in terra massiccia, ma sono poco compatibili con la scarsità di legname disponibile nella regione di edificazione.

Questa ricerca esula dal tema riguardante la protezione antisismica in quanto gli edifici che saranno analizzati nei prossimi capitoli risiedono in un'area ad attività sismica nulla dove non si richiedono criteri antisismici in fase di progettazione, pertanto non si approfondirà oltre tale tema.



Trentino Alto-Adige: casa Jörg a Sluderno (BZ), i blocchi di terra cruda e la struttura portante in Fachwerk.



Trentino Alto-Adige: casa Jörg a Sluderno (BZ), i blocchi di terra cruda e la struttura portante in Fachwerk.



Trentino Alto-Adige: casa Tscholl in Val Venosta a Morter (BZ), con tamponamenti in terralegno.

IL FUOCO

Paradossalmente un nemico ancora più terribile dell'acqua è il fuoco. Può sembrare quasi spontaneo far ricorso al fuoco per prolungare la vita degli edifici in crudo, ed effettivamente da parecchi anni sono in corso sperimentazioni di questo genere, sia su cantieri archeologici sia in laboratorio. Passando dai semplici lanciafiamme fino ai raggi infrarossi, si è tentato, fino ad ora invano, di provocare una cottura, che si potrebbe definire «in opera» che fosse al tempo stesso leggera, uniforme e che agisse in profondità senza alterare né il colore né la grana della materia. Ma il risultato è quasi sempre quello della vetrificazione dei mattoni o peggio del loro sbriciolamento. Il crudo sembra quindi voler rifiutare quel fuoco che gli fu negato all'inizio della sua vita di materiale da costruzione.



Cascinotto distrutto da un incendio e rimasto in balia degli agenti atmosferici.

IL «FUTURO» DEL CRUDO

L'ARCHITETTURA BIOECOLOGICA

Da qualche anno l'attenzione verso l'ambiente e lo sviluppo dell'ecologia hanno portato a una nuova coscienza del benessere quotidiano. Ci si è accorti che uno degli elementi che maggiormente influiscono sulla salute fisica e mentale è il nostro ambiente, quello più immediato, gli spazi che più frequentiamo e nei quali passiamo la maggior parte del tempo: la casa, l'ufficio, il bar, ecc. Nei nostri luoghi la qualità di vita è solitamente scarsa: l'illuminazione, l'aria che respiriamo, i materiali con cui veniamo a contatto, i suoni, i colori, la forma stessa dello spazio creano spesso ambienti nocivi che raramente rispettano le nostre esigenze più elementari e basilari.

Nel resto d'Europa già da molti anni si fanno ricerche che in Italia hanno preso il nome di bioarchitettura o di architettura ecologica e, strumenti alla mano, hanno dimostrato che il nostro attuale modo di abitare e le nostre stesse case, per come sono costruite, sono spesso causa di disturbi e di malesseri che non hanno apparenti ragioni ma cause che si nascondono, letteralmente, fra i muri.

Nella casa, complice il nostro attuale sistema di vita, si creano microclimi a volte molto lontani dalle caratteristiche biologiche di cui avremmo bisogno.

Una maggiore consapevolezza del nostro spazio può portarci a un nuovo stato di armonia e salute. Il costruire e l'abitare sono a una svolta epocale. Il grande movimento di opinione che ha sensibilizzato tutto l'Occidente sui temi del benessere, della salute, della natura e dell'ecologia ha impregnato irreversibilmente anche il sonnolento mondo dell'architettura.

Secondo un copione ormai consolidato, i primi a muoversi in questa direzione sarebbero stati i progettisti e i costruttori dell'Europa settentrionale; da lì la cultura del "costruire sano" sarebbe discesa fino a noi italiani, sempre come da copione, ultimi ad arrivare.

A questa lettura dell'accaduto se ne può accostare un'altra: l'uomo ha costruito nel modo che oggi chiamiamo "naturale" fino a metà Ottocento, quando la nascita dei metodi di produzione industriale ha rivoluzionato tutto il nostro rapporto con il pianeta, provocando un salto di qualità e di scala nell'influenza della nostra razza sull'ambiente. Contemporaneamente è nata l'ecologia, cioè la scienza che studia l'insieme delle relazioni dell'organismo con l'ambiente circostante. È il momento in cui, per la prima volta nella loro storia, gli architetti si occupano delle case della gente comune, diventando braccio operativo delle amministrazioni, che hanno la necessità del controllo completo sullo spazio urbano.

È inquietante notare come il declino della città "a scala umana", la nascita del problema dell'alloggio e dei trasporti e l'inizio di quel diffuso sentimento di angoscia così peculiarmente "moderno" coincidano minuziosamente con il tentativo di controllo completo del territorio e delle città necessario all'industria, con il loro ridisegno commissionato dalle amministrazioni e realizzato dagli architetti.

A bandiera di quella trasformazione veniva portata l'igiene e la salute degli abitanti. In altre parole, il ridisegno delle città che ha portato all'insostenibile stato attuale è stato condotto in nome della salute e dell'igiene, ed è iniziato concretamente con il disegno della rete delle fogne, la prima "griglia" omogenea simbolo e archetipo di buona parte dell'architettura del Novecento.

Centocinquanta anni dopo, spetta ancora all'igiene e alla salute il gravoso compito di fare da bandiera per l'architettura del futuro.

I SIGNIFICATI INTRINSECI ALL'ARCHITETTURA BIOECOLOGICA E I PRINCIPI DELLA BIOARCHITETTURA
Architettura = arte del costruire; **bios** (= vita) = favorevole alla vita; **oikos** (= ambiente); **eco** = in equilibrio con l'ambiente; **logica** = intelligente/razionale; **naturale** = secondo natura, che impara dalla natura; **sostenibile** = che soddisfa i bisogni dell'attuale generazione senza limitare le capacità delle generazioni future di soddisfare i loro.

Biologia ed ecologia applicate all'architettura hanno dato origine a una concezione dell'abitare e del costruire rispettosa dell'uomo e dell'ambiente. I principi fondamentali di questa disciplina sono rappresentati, riassumendo e semplificando, da una costante attenzione alla salute dell'uomo, minacciata dalle influenze negative di sostanze e materiali usati nell'edilizia e nell'arredamento. La bioarchitettura rivaluta l'importanza di circondarsi di materiali naturali, biocompatibili e non cancerogeni, materiali che non si caricano elettrostaticamente, non creano barriere al vapore, permettendo un salutare ricambio dell'aria, che regolano l'umidità, non emettendo polveri o sostanze tossiche.

Nella progettazione bioecologica:

- si riscopre l'esigenza di compiere una scelta del luogo dove edificare ed eventualmente risanarlo da problematiche finora mai prese in esame perchè sottovalutate (gas radon, campi magnetici, ...);
- si compie una valutazione e una selezione di materiali da costruzione che rechino, secondo le direttive dell'Unione Europea, una certificazione di qualità attraverso un marchio denominato "ecolabel", che garantisce una sostenibilità ecologica partendo da un limitato dispendio di energia in fase di produzione, passando per un impatto ambientale minimo, fino ad arrivare al completo riutilizzo o riciclaggio del prodotto confezionato;
- si prevede la possibilità di migliorare il microclima interno all'abitazione;
- si programma l'illuminazione ambientale;
- si reinventano e si rivalutano gli spazi interni ed esterni, scegliendo con cura flora e fauna;
- si riscoprono le antiche tecniche progettuali di origine orientale (Feng Shui);
- si migliorano i consumi di gas, acqua e luce, legati al fabbisogno giornaliero, adottando soluzioni innovative e alternative;
- si cerca di limitare l'inquinamento all'interno dell'edificio (acustico, elettromagnetico, chimico, radioattivo), soprattutto incentivando una migliore traspirazione dell'organismo edilizio, migliorando quindi la qualità dell'aria che respiriamo e di riflesso la qualità della vita in generale;
- si rielabora il design dell'abitazione, passando attraverso un sapiente recupero dell'edilizia del passato e proiettandosi in un iper-tecnologico futuro, fatto di speranzose aspettative.

Sarebbe errato a descrivere un fenomeno di tale portata, ancora tutto da esplorare e perseguire nel nostro Paese, limitandoci ad esporre i suoi principali punti cardine, senza soffermarci ad analizzare i rispettivi contenuti dai quali scaturiscono validissime proposte; purtroppo occorre rimandare il lettore a testi specifici, indicati in bibliografia, non potendo in questo ambito di studio sviluppare ulteriormente questo complesso e affascinante tema.

Mi preme però dimostrare quanta importanza assume l'argilla per quanto riguarda il discorso legato all'architettura bio-ecologica.

La terra è un materiale con una lunga storia alle spalle ed è da sempre stata utilizzata all'uomo per costruire la sua dimora.

Questo antico legame terra-uomo è stato però dimenticato, forse volutamente, dall'uomo dell'Occidente, che ha rinnegato il suo passato compiendo un colpo di spugna chiamato Modernismo. Fino agli anni Cinquanta, in Italia come all'estero, molte case venivano costruite con la terra, praticamente ovunque la qualità di aderenza del terreno fosse stata eccellente e non solo in zone asciutte, come la Sardegna, ma anche in zone ricche di umidità, come il Piemonte.

Lo sviluppo delle abitazioni di terra è stato frenato da una burocrazia che si vergognava di un materiale troppo legato al concetto di povertà. Ancora oggi troviamo abitanti di questi edifici che, oltre a cercare di nascondere la tessitura muraria in terra cruda, la rivestono di una cortina di laterizi, imprigionando per sempre e in maniera irreversibile le murature di terra all'interno di una quasi sempre inutile e costosa opera di contenimento forzato.

Capita non di rado però che queste persone, tradite dai loro effettivi sentimenti verso il crudo, svelino il loro "vergognoso segreto" prodigandosi in apprezzamenti sulle loro murature in argilla, appena rivestite di mattoni, in quanto mantengono l'ambiente fresco d'estate e caldo d'inverno, grazie alle elevate qualità fisiche proprie del materiale. Come già spiegato, l'argilla è dotata di grandi capacità di traspirazione (permeabilità al vapore) e di isolamento acustico; costituisce, per le sue caratteristiche di assorbimento e di inerzia termica, un ottimo volano termoisolante in grado di creare un clima abitativo ideale: in altre parole, se correttamente utilizzata in muri di giuste dimensioni, accumula e reirraggia il calore prodotto all'interno delle abitazioni e tende a equilibrare l'umidità relativa dell'aria interna. È un dato di fatto, che la facilità di reperimento, di lavorazione e di applicazione, la grande tenuta termica, la completa recuperabilità e la non tossicità, la mettono ai primi posti fra i cosiddetti materiali ecologici.

Nelle pagine successive sono illustrate alcune sintetiche annotazioni sul prezzo pagato per il settore edilizio, sui controlli dell'UE e sui pericoli invisibili causati dai prodotti edili attualmente esistenti in commercio.

Il prezzo pagato per il settore edilizio

- Il 45% dell'energia prodotta in Europa viene utilizzato nel settore edilizio.
- Il 50% dell'inquinamento atmosferico in Europa è prodotto dal settore edilizio.
- Il 50% delle risorse sottratte alla natura è destinato all'industria edilizia.
- Il 50% dei rifiuti prodotti annualmente in Europa proviene dal settore edilizio.

L'attività edilizia, a causa del suo enorme peso produttivo, è inevitabilmente uno dei settori industriali a più alto impatto ambientale, per gli effetti dell'inarrestabile consumo di territorio, per l'altissimo consumo energetico (e il conseguente inquinamento atmosferico), per il sempre più diffuso utilizzo di materiali di origine petrolchimica che, oltre a rendere l'aria all'interno delle abitazioni molto più inquinata di quella respirata fuori, determinano gravi problemi di inquinamento ambientale durante tutto il loro ciclo di vita.

I controlli eseguiti dall'Unione Europea (G. Allen)

“Seppure in maniera molto parziale, anche l'Unione Europea si è mossa per riconoscere l'importanza di una trasformazione ecologica della produzione edilizia, prima con la direttiva 89/106 sulla qualità, anche ambientale, dei materiali da costruzione e poi con il regolamento 880/92, che prevede la costituzione di un marchio europeo denominato “*ecolabel*” per la certificazione della ecocompatibilità dei prodotti non solo per l'edilizia. In sintesi la sostenibilità di un materiale si definisce in relazione alla riduzione ai minimi termini del suo impatto ambientale riferito all'intero ciclo della sua vita. In altre parole, un materiale è tanto più sostenibile quanto minore è il dispendio di energia da un lato e la produzione di rifiuti dall'altro, nelle fasi di estrazione delle materie prime di cui è costituito, nei cicli intermedi di lavorazione, per l'imballaggio, il trasporto e la distribuzione, per l'applicazione, l'uso e il consumo e per l'eventuale riutilizzo o riciclaggio, e infine per la sua dismissione o smaltimento finale. La sostenibilità di un materiale va valutata quindi “dalla culla alla tomba” attraverso un'attenta analisi della sua “biografia”.

La complessità e la grande articolazione del settore produttivo rendono particolarmente arduo il compito di valutare la qualità ecologica dei materiali edili e la stesura quindi di corretti “*ecobilanci*” (bilancio dell'impatto ambientale determinato dalla produzione di un oggetto), ma il sempre più diffuso riconoscimento del valore economico del “capitale ambientale” fa sì che questo strumento di analisi venga sempre più frequentemente applicato nella parte economicamente più avanzata d'Europa, ancora molto poco in Italia, per indirizzare nel senso della sostenibilità le scelte produttive e di sviluppo. In base a quanto visto e alla disponibilità sul mercato di materiali provenienti dalla ricchissima tradizione italiana del buon costruire (purtroppo oggi molto appannata), ma anche di alcuni prodotti innovativi dal punto di vista ecologico (e che un numero crescente di aziende mette coraggiosamente in produzione), anche in Italia è possibile tracciare un primo schematico elenco di materiali consigliabili per la realizzazione di edifici che rispondano ai requisiti di bioecologicità”.

I materiali edili da tenere sotto controllo

Il nuovo indirizzo ideologico dell'architettura bioecologica trova i Paesi del Nord Europa al primo posto mentre all'Italia, come da copione, spetta il compito di fanalino di coda. L'edilizia tradizionale produce materiali altamente tossici per l'uomo e inquinanti per l'ambiente, contenuti nel seguente elenco:

- **imballaggi delle merci:** non biodegradabili perchè in *materiale sintetico*;
- **cemento (non bianco o non puro):** presenza di *additivi*, in fase di produzione, con materie seconde spesso provenienti da altre lavorazioni industriali o, in fase di confezionamento del calcestruzzo, con prodotti chimici di sintesi. Il cemento viene spesso mescolato a *composti di sintesi* per farlo indurire meglio e più velocemente. È possibile la presenza di *radioattività*;
- **legno:** può essere soggetto all'utilizzo di *antiparassitari* fortemente tossici; è nocivo se trattato con *prodotti derivati dalla sintesi petrolchimica* come impregnanti per uso esterno, collanti e vernici protettive ricchi di *formaldeide*, *solventi* e altri prodotti di provata tossicità. I semilavorati (compensati,

listellari, multistrati, ecc.) richiedono sempre l'uso di collanti più o meno di origine petrolchimica e in particolare della formaldeide, prodotto di riconosciuta pericolosità, onnipresente nei lavori di protezione e di incollaggio del legno. In Italia l'uso di questi prodotti non è regolato da norme, occorre riferirsi a tabelle tedesche per stilare una classificazione riguardante la percentuale di formaldeide utilizzata e il grado di pericolosità del manufatto;

- **laterizi:** l'argilla durante la produzione industriale è spesso additivata con materie seconde e in caso di polimerazione (il processo in cui nel materiale si creano piccoli pori) finalizzata al miglioramento delle prestazioni termocoibenti (di isolamento termico) del laterizio. Il *polistirolo*, derivato di sintesi petrolchimica, è un materiale utilizzato durante la produzione del laterizio privo di sostenibilità ambientale;
- **calce idraulica:** se è frutto di trasformazioni industriali del cemento. Come avviene anche per il cemento, la calce viene spesso mescolata a *composti di sintesi* per farla indurire meglio e più velocemente;
- **gesso:** se di origine chimica e non naturale;

- **ceramica:** l'industria ceramica italiana ha un forte impatto ambientale, determinato soprattutto dai prodotti utilizzati per la decorazione, spesso *coloranti sintetici o a base di metalli pesanti* pericolosi, che rilasciano nell'ambiente *sostanze organiche volatili*. Possono rappresentare inoltre una *sorgente radioattiva*.

- **materiali isolanti:** di fortissimo impatto ambientale per la tossicità dei composti chimici ottenuti. È un bilancio economico molto negativo quello riferito ai materiali coibenti di origine *petrolchimica*;

- **pitture, vernici, collanti:** i materiali per il trattamento e la finitura superficiale di legno, intonaco e ferro, così come prodotti per l'incollaggio, sono in genere i più dipendenti dall'industria *petrolchimica*. Oggi in questo settore produttivo vengono utilizzate circa 40.000 sostanze chimiche diverse, che molto spesso vengono introdotte sul mercato senza un'analisi attenta del loro grado di tossicità per gli esseri viventi, ma possono cedere all'ambiente *composti pericolosi* (COV) che abbinati ad altri possono aumentare la loro pericolosità. Le conseguenze sono evidenti per quanto riguarda l'enorme impatto ambientale di questo particolare settore produttivo. Meno evidente è stata fino a pochi anni fa la pericolosità dei materiali di derivazione petrolchimica per la vivibilità degli ambienti chiusi, dove anche livelli molto bassi di cessione di composti pericolosi da parte di ogni singolo materiale determinano per sinergia una miscela preoccupante per la salute. In sostanza, i colori e le vernici vengono classificati in relazione al loro solvente e ai pigmenti in esso disciolti, se di origine chimica o naturale. I colori acrilici e vinilici hanno come base l'acqua, mentre i colori poliuretanicici e le vernici sono a base d'olio e di solito utilizzano come solventi composti organici altamente tossici. I solventi presenti nella maggior parte delle vernici chimiche sono: il *benzolo* (*benzene*), derivato dal catrame carbone i cui vapori sono altamente tossici e alcune forme di avvelenamento si manifestano con cefalee e vertigini; il *toluolo* (*toluene*), derivato metilato del benzene, ottenuto principalmente dal catrame naturale; la *formaldeide*, rilasciata lentamente da pitture spray, da collanti per legno e altri materiali utilizzati per la costruzione di arredi domestici, può raggiungere elevate concentrazioni in ambienti chiusi e data l'elevata reattività, le mucose e gli occhi sono i primi bersagli a essere raggiunti. Oggi si trovano in commercio vernici ad acqua che non utilizzano solventi organici o per lo meno solo in piccola parte (si stima contengano circa il 15% di solventi e acrilicati nocivi, che rilasceranno comunque via via nell'ambiente). In entrambi i tipi, comunque, sono presenti *pigmenti metallici e ioni* come cadmio, bario, mercurio, argento, piombo, arsenico, selenio, solfuro di zinco e biossido di titanio; essi sono elementi altamente tossici e in grado di prendere parte e influenzare vari processi metabolici cellulari. È superfluo raccomandare un corretto smaltimento per questi materiali, in particolare quelli prodotti chimicamente in quanto, come già spiegato, per la presenza di solventi e ioni metallici altamente tossici, costituiscono una fonte d'inquinamento sia terrestre sia marino;

- **pietra:** può presentare un elevato grado di radioattività naturale (*gas radon Rn*), come nel caso della maggior parte dei graniti o delle pietre di origine vulcanica quali il tufo. Il radon è un elemento radioattivo incolore e inodore, che ristagna facilmente negli ambienti, prediligendo quelli scarsamente areati come possono essere gli scantinati. La concentrazione dei gas radioattivi può divenire pericolosa per gli effetti dannosi che produce sull'organismo umano, soprattutto ai tessuti

con cui viene a contatto; per difendersi è importante garantire la quotidiana ventilazione degli ambienti indoor;

- **laterizio alveolato:** biologicamente poco compatibile se additivato con *materie seconde non accertate o derivate da sintesi petrolchimica*;

- **sughero:** esiste il rischio che le piastrelle prodotte da alcune ditte siano trattate con *sostanze sintetiche* o rinforzate con *collanti vinilici*; occorre sempre richiedere un certificato che ne accerti l'atossicità;

- **linoleum:** nella produzione possono essere stati utilizzati *collanti tossici*;

- **resine sintetiche - polimeri plastici termoindurenti o termoplasti:** utilizzati come materiali per la distribuzione e lo smaltimento dell'acqua, come coperture (polietilene e poliestere), come tubazioni, come pavimenti isolanti, come isolanti termoacustici, come idropitture, come infissi. Presentano un processo di produzione inquinante e a grande consumo di energia; sono materiali per lo più non riutilizzabili e non biodegradabili; presentano la consueta *tossicità delle termoplastiche*, se sottoposte a riscaldamento, per cibi e bevande; hanno un'accumulo di energia statica (tessuti e tappeti); il loro incenerimento o la trasformazione dei rifiuti in energia e calore è causa di inquinamento atmosferico (*diossina*); infiammabilità del *poliuretano espanso*, presente in molti mobili e cuscini e inoltre, bruciando, emette *esalazioni tossiche di cianato*; questi materiali presentano difficoltà di riciclaggio a causa dell'elevato numero di composti chimici. Il PVC, *materiale plastico composto del cloro* che imperversa nei nostri cantieri sotto forma di tubi, piastrelle, ecc., comincia a essere sconsigliato in molte nazioni europee per la sua pericolosità ambientale e per la non riciclabilità;

- **coperture, cisterne e coibentazioni in cemento-amianto:** per la pericolosità delle fibre d'amianto. Materiale diffusamente impiegato dagli anni Cinquanta e ora vietato, pericoloso soprattutto se usato come isolante in fibra libera. La sua inalazione produce l'asbestosi e il cancro. Sono state individuate ben cinque differenti patologie tumorali legate alla presenza dell'agente cancerogeno amianto: primi tra tutti i mesoteliomi della pleura o del peritoneo, ma anche gli angiosarcomi del fegato, gli adenocarcinomi dei seni paranasali, i carcinomi cutanei dello scroto e le neoplasie vescicali. Negli USA l'amianto è stato bandito da almeno un ventennio e la fase più critica di malattie causate dall'inalazione di fibre volatili d'amianto sta decrescendo. In Italia, nonostante l'esempio americano, la legge ha permesso l'utilizzo dell'amianto sino ai giorni nostri, quando cioè la legge fondamentale del 27 marzo 1992 n° 257 ne ha vietato l'estrazione, l'impiego, l'esportazione, la commercializzazione e la produzione. Purtroppo si sta ancora attendendo il picco massimo della curva rappresentante il numero di casi di tumore da amianto mentre in America è stato ormai superato da almeno un decennio, essendo i casi patologici in fase decrescente. Per il suo smaltimento è necessario rivolgersi a una ditta specializzata;

- **materiali di rivestimento:** più pericolose si sono rivelate partite di mattoni di ceramica la colorazione del cui smalto era stato ottenuto con composti dell'*uranio* e del *torio*. Pavimenti e pareti rivestiti con tali materiali costituiscono gravi fonti di irradiazione, specialmente se gli ambienti interessati, come nel caso delle camere da letto e i soggiorni, vengono occupati per molte ore. Analoghi pericoli provengono pure da rivestimenti di ambienti chiusi ottenuti con mattonelle di materiale lavico, che a volte contengono *uranio* e inoltre dalle superfici porose lasciano sfuggire il *gas radon*;

- **rivelatori e parafulmini di vecchio tipo, indicatori di livelli e apparecchiature scientifiche:** possono rappresentare delle *sorgenti radioattive*;

- **moquette:** se è costituita da materiali sintetici, emette *vapori di formaldeide* (HCHO), un agente fortemente irritante per la pelle e le mucose, che provoca cefalee e altri disturbi, ed è cancerogeno. Inoltre la moquette favorisce il *ristagno di polveri e microrganismi vari* (es. acari) che diffondono infezioni e malattie;

- **parquet:** se verniciati con sostanze tossiche, liberano *composti organici volatili* di vario genere come i *fenoli* o gli *acidi fenici*, dannosi al sistema respiratorio; le cere per il trattamento di protezione non sono esenti da *composti chimici* dannosi all'organismo;

- **carte da parati viniliche:** liberano *cloruro di vinile* e *formaldeide*; inoltre sono applicate con *collanti nocivi*;
- **intonaci a base di calce idraulica e sabbia o calce pozzolanica e sabbia:** possono essere attaccati da *muffe* e *batteri*, che essendo aeropatogeni, provocano reazioni allergiche soprattutto alle mucose. Il processo di fabbricazione può inquinare l'ambiente ed è tossico se a base di *resine sintetiche*;
- **tendaggi sintetici:** emettono *vapori di formaldeide*.

Brevi considerazioni su impianti più funzionali e sicuri

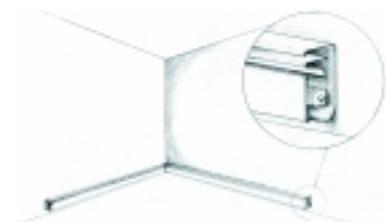
Perché mai il Centre Pompidou di Parigi su un libro che parla di crudo? La situazione è paradossale e provocatoria, ma non priva di senso. Molti edifici privati e soprattutto quelli pubblici hanno abbracciato le tematiche dell'architettura di Rogers & Piano facendo esplodere all'esterno delle murature l'*esoscheletro strutturale e impiantistico*. Questo procedimento sarebbe ideale per gli edifici in crudo, che sarebbero messi in sicurezza per quanto riguarda le perdite idriche e le infiltrazioni d'acqua all'interno delle murature. Inoltre, agli edifici con murature in pisé verrebbero risparmiate le scanalature degli impianti, specialmente se si decide di lasciare a nudo anche all'interno dell'edificio la piacevole tessitura muraria di un pisé ben realizzato. È anche possibile predisporre, già in fase di getto, una serie di nicchie ispezionabili nei muri se si intende occultare le tubature. Potrebbe anche risultare piacevole la vista di tubature in acciaio inox ospitanti gli impianti idraulici ed elettrici correre lungo le volte delle stanze (tra l'altro rispettando le indicazioni della bio-architettura che lo considerano il luogo più indicato per posizionare gli impianti, in modo da allontanare il più possibile dal nostro corpo i campi magnetici) e lungo la facciata della casa, magari associate a grandi lucernari con struttura metallica uniti a una fine lavorazione artistica delle murature, ottenuta con l'uso di terre di differente aspetto cromatico e vibranti nella luce, secondo l'andamento curvilineo del profilo murario, frutto di una sapiente modellazione plastica dell'impasto. Un ambiente di questo tipo è molto moderno e metterebbe in risalto le murature in crudo. Per inciso ricordo che è consigliabile, per l'impianto elettrico, una distribuzione stellare piuttosto che quella ad anello chiuso, con la predisposizione di disgiuntori che disattivano l'alimentazione, evitando il campo elettrico della tensione di rete, quando non vi sono apparecchi accesi nella zona notte. Anche l'impianto termico dovrebbe andare in questa direzione. Guarda caso la bio-architettura ci viene ancora una volta in contro proponendoci una soluzione che salvaguarda le murature. Il metodo è quello dei radiatori a battiscopa, realizzabili con il contributo delle Regioni. Scaldando i muri, rendono maggiormente sfruttabili le soluzioni isolanti e diffondono un calore uniforme in tutta la casa. Rispetto ai sistemi tradizionali riducono il consumo energetico del 20%. Associato al riscaldamento ottenuto da stufe, caminetti e sistemi passivi sfruttanti il calore del sole (con «guadagno diretto», attraverso le ampie finestrate a sud; con «guadagno indiretto», attraverso la parete ad accumulo e il muro a «trombe»; con «guadagno isolato», attraverso la serra a meridione e il camino solare) è il migliore e più sano sistema termico esistente. Infine va ricordato che gli impianti di aria condizionata possono ritenersi superflui nell'edificio in crudo perché la capacità di traspirazione del materiale «terra» permette una regolazione naturale del microclima interno.



Con il Centro Pompidou di R. Piano e R. Rogers a Parigi (1971-77) ha inizio la nuova tendenza di esibire le parti strutturali e gli impianti tecnologici dell'edificio.



Modellazione plastica di facciata e interno con impiantistica ben armonizzata con il contesto.



Il metodo dei radiatori a battiscopa.

BIBLIOGRAFIA

J. e N. Ashurst, *Practical Building Conservation - Brick, Terracotta and Earth*, vol II, Gower Technical Press, Bath (U. K.), 1988.

A. Baglioni, G. Guarnerio, *La ristrutturazione edilizia*, Ulderico Hoepli Editore, Milano, 1982.

M. Bertagnin, *Architetture di terra in Italia*, serie “culture costruttive”, Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 1999.

M. Bertagnin, *Conoscere e recuperare l'architettura di terra*, saggio contenuto in: “Recuperare”, anno 7, n. 36, Luglio-Agosto 1988, pp. 441-442-445.

M. Corrado, *La casa ecologica - manuale di bioedilizia*, Giovanni De Vecchi Editore, Milano, 1997.

M. Corrado, I.ID.E.A. Mediterranea, *Architettura bio-ecologica*, Giovanni De Vecchi Editore, Milano, 1999.

E. Galdieri, *Le meraviglie dell'architettura in terra cruda*, Editori Laterza, Bari, 1982.

A. Gilibert, *Reflections prealables au probleme du choix entre traitement de surface, ragréage ou substitution*, tratto da *Terra: incipit vita nova - l'architettura di terra cruda dalle origini al presente - Atti del Seminario a cura di Anna Gilibert e Roberto Mattone*, Castello del Valentino, 16-17 aprile 1997, Politecnico di Torino, 1998.

J. Jeannet, G. Pollet, P. Scarato, *Le Pisé - Patrimoine, Restauration, Technique d'avenir*, édition Créer, Nonette.

Alcune immagini che illustrano la prima sezione di questo saggio sono ispirate a quelle contenute su questo testo.

G. Mascheroni, C. Pezzaglia, *Le mansarde*, Giovanni De Vecchi Editore, Milano, 1999.

M. Maspero, M. Mattone, *La protezione degli edifici in terra: l'intonaco*, tratto da *Terra: incipit vita nova - l'architettura di terra cruda dalle origini al presente - Atti del Seminario a cura di Anna Gilibert e Roberto Mattone*, Castello del Valentino, 16-17 aprile 1997, Politecnico di Torino, 1998.

A. Meier-Junginger, *Tecniche ed uso della terra cruda*, tratto dagli atti del *Convegno Internazionale - Costruire con la terra cruda* tenutosi a Merano / Lehmbau il 26-28 Aprile 1996.

P. Ravegnani, *Come riattare un rustico - (guida pratica)*, Giovanni De Vecchi Editore, Milano, 1995.

BIBLIOGRAFIA CONSIGLIATA

Per approfondire l'argomento dei dissesti statici si raccomanda la lettura di:

S. Mastrodicasa, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Ulderico Hoepli Editore, Milano, 1974.

REFERENZE FOTOGRAFICHE E ILLUSTRAZIONI

Alcune immagini contenute nel capitolo sono tratte dai testi menzionati in bibliografia e da: *Il Milione*, Istituto Geografico De Agostini, Novara, 1975.

Unesco (a cura dell'-), *Il patrimonio dell'umanità*, Istituto Geografico De Agostini, Novara, 1999.

Terminato nel mese di
dicembre 2000

È vietata la vendita di codesto documento.

È vietata la riproduzione, anche parziale, con qualsiasi mezzo effettuata, anche ad uso didattico, se non previa autorizzazione dall'Autore.

Tutti i diritti riservati per i testi come per le immagini. Per quanto riguarda i diritti di riproduzione, l'Autore si dichiara pienamente disponibile a regolare eventuali spettanze per quei testi quelle immagini delle quali non sia stato possibile reperire la fonte.