



Construcción con Tierra

Investigación y Documentación

XI CIATTI 2014

Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos
2014.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz
Guerra.

ISBN: 978-84-606-9543-1

D.L.: VA 758-2015

Impreso en España

Julio de 2015

Publicación online.

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

DALLA DOCUMENTAZIONE ALL'ANALISI ENERGETICA. ARCHITETTURE DI TERRA IN BASILICATA.

XI CIATTI 2014. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

*Antonella Guida, Architetto. Professore ordinario, Università degli
Studi della Basilicata. Matera, Italia.*

*Giuseppe Damone, Ingegnere. Dottore di ricerca, Università degli
Studi di Salerno Fisciano (SA), Italia*

PALABRAS CLAVE: documentazione, conservazione, analisi energetica.

1. La documentazione dell'architettura in terra cruda: origine e sviluppo

La tradizione costruttiva della terra cruda in Basilicata rappresenta un'occasione per la conoscenza legata ad aspetti materici, tecnologici ed energetici. Materiali naturali, e semplici tecniche costruttive che si modificano nelle varie epoche e si adattano alle esigenze del luogo, sono gli elementi fondamentali di queste testimonianze di architettura rurale. Esse sono rintracciabili nell'area orientale del territorio lucano, e vedono la loro decadenza a partire dal secondo dopoguerra quando si assisterà alla sostituzione della terra con nuovi

materiali legati dall'innovazione produttiva. Lo studio per la conoscenza diretta, pertanto, un percorso intorno al quale focalizzare l'attenzione per mappare le poche emergenze in terra presenti sul territorio lucano e non, al fine di garantirne memoria per le generazioni future, vista la fragilità del materiale. In un'ottica di studio per la tutela è dunque necessario indagare, conoscere e, quindi, pianificare interventi compatibili per la salvaguardia di questa architettura, per decenni considerata minore e di scarso interesse per la poca 'monumentalità' che la contraddistingue, trattandosi principalmente di strutture rurali.



Figura 1. Mappa delle aree con costruzioni in terra cruda in Italia. Fonte: GALDIERI EUGENI. "Arquitectura de tierra – histórica y moderna en Italia", cit., p.54.



Figura 2. La «Casa dei Pithoi» a Serra di Vaglio – Vaglio Basilicata (Potenza) – in Basilicata. Si tratta della ricostruzione in terra cruda "com'era e dov'era" di un edificio abitativo risalente al V secolo a.C. all'interno dell'area della città fortificata (VIII secolo a. C. – III secolo a.C.).

Inoltre, come si vedrà più avanti nell'approfondimento proposto, il rilievo di queste testimonianze del passato diventa la base per complessi studi che riguardano l'aspetto energetico e tecnologico su cui si fondano percorsi di ricerca condotti dall'Università degli Studi della Basilicata, che hanno dimostrato le elevate qualità bioclimatiche di un materiale povero, reperibile *in situ*, e di facile posa in opera.

Il territorio italiano, e quindi la Basilicata, si caratterizza per la presenza di architetture realizzate in terra distribuite in maniera eterogenea lungo tutta la penisola, come documenta uno studio condotto dal Prof. Eugenio Galdieri¹. Infatti, è possibile riscontrare la presenza di edifici con queste peculiarità costruttive in Friuli, Veneto, Lombardia, Piemonte, Emilia Romagna, Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo, Campania, Basilicata, Calabria, Sicilia e Sardegna, regioni molto diverse per condizioni climatiche e cultura costruttiva (Figura 1), differenze che hanno portato ad un diverso utilizzo del materiale (tipo di terra impiegata, impasto, posa in opera). Inoltre, in alcune di queste regioni nei secoli questa tradizione è andata perdendosi, e le uniche testimonianze a noi giunte sono di tipo archeologico.

Tralasciando episodi isolati di diverso impiego del materiale, le tecniche tradizionali di posa in

opera di cui oggi si ha maggiore conoscenza sono il *pisè* e l'*adobe*. Per quanto riguarda la prima, questa prevede la costruzione di strutture in elea te continue, realizzate pressando la terra appena impastata all'interno di casseri in legno, e procedendo per strati orizzontali lungo tutto il perimetro dell'edificio. Con la seconda, invece, si ricorre all'impiego di mattoni posti in opera dopo essere stati essiccati al sole.

L'origine e la diffusione di strutture in terra cruda in Italia risale al periodo arcaico, e il materiale era impiegato principalmente per la costruzione di strutture di difesa o abitazioni, come comprovano le testimonianze più antiche, nel Lazio e nell'Etruria meridionale, risalenti al VII – VI secolo a. C.²

Le prime testimonianze di costruzione in terra cruda in Basilicata, invece, secondo quelle che sono oggi le conoscenze a riguardo, risalgono al VI secolo a. C. quando si assiste ad una ristrutturazione dei centri sulla costa e nell'interno. Edifici a pianta rettangolare, con fondamenta in pietra e copertura con tegole e coppi si sostituiscono a capanne circolari. Sono i contatti commerciali e culturali con le colonie greche ioniche lucane a determinare l'introduzione di questa tecnica costruttiva anche nella Basilicata interna, in particolare nella parte nord-occidentale, dove però nel corso dei secoli, e con la scomparsa dei popoli



Figura 3. Fasi costruttive della «Casa dei Pithoi» a Serra di Vaglio – Vaglio Basilicata (Potenza) – in Basilicata. Da sinistra la vasca d'impasto dell'argilla sgrassata con paglia, e la posa in opera sulle fondamenta in pietra, del V secolo a. C., del detto impasto con l'ausilio di casseri in legno. Fonte: GRECO GIOVANNA (a cura di). Serra di Vaglio, cit., pp. 59 ssg.

antichi, si perderà memoria di questo modo di costruire. Nei secoli successivi, infatti, la costruzione di edifici in *adobe* si concentrerà solo in alcune aree sul versante orientale della Basilicata con particolari condizioni climatiche. Risale al periodo arcaico il sito archeologico di Serra di Vaglio (Potenza), in Basilicata, all'interno del quale è stata proposta la ricostruzione di un edificio con le tecniche e i materiali della tradizione. Si tratta di un progetto del 1987 della Soprintendenza archeologica della Basilicata, e completato nel 1989³. Sulle fondamenta in pietra del V secolo a. C. è stato realizzato un alzataio in argilla sgrassata con paglia con la tecnica del *pisè* di cui si è detto.

La scelta dei materiali è stata dettata dai dati acquisiti durante lo scavo archeologico che ha messo in evidenza la presenza di argilla cruda nel sedimento, ma quanto acquisito non ha consentito però di stabilire se le strutture fossero realizzate in mattoni o mediante l'impasto di paglia e argilla in casseri⁴.

Il materiale proposto, impastato in apposite vasche e pestato all'interno di casseforme, ha messo in evidenza elevate caratteristiche di elasticità e resistenza agli agenti atmosferici, oltre che di isolamento termico, rispondendo così in maniera ottimale alle condizioni climatiche dell'antica città molto difficili, vista l'altitudine del sito che la ospita (1090 m s.l.m.).

Inoltre, i muri sono stati intonacati con un impasto di argilla sgrassata più ricca di paglia che ha permesso di uniformare le superfici, vista la realizzazione degli elementi per sovrapposizioni successive, e di garantire una facile manutenibilità delle stesse, considerata

l'azione erosiva degli agenti atmosferici⁵.

La tradizione costruttiva appena descritta per la città di Serra di Vaglio, e che ritroviamo in tutti i centri ad essa coevi, continua anche in epoca romana principalmente negli edifici rurali per poi, come già detto, lentamente scomparire.

Questo accade anche nel resto dell'Italia dove, dal Medioevo, si conservano poche testimonianze di costruzioni in terra. Solo a partire dal XV e dal XVII secolo si assisterà alla ridiffusione di questa antica tecnica costruttiva, probabilmente a seguito di influenze culturali esterne di cui non si hanno notizie⁶. È così che anche l'area orientale del territorio lucano inizierà ad ospitare nuovi edifici rurali realizzati con mattoni crudi.

2. Approccio metodologico all'analisi

Il lavoro di ricerca mette a sistema le conoscenze tecnologiche e funzionali dell'architettura del passato con le elaborazioni concettuali, le metodologie progettuali, gli strumenti di elaborazione dati, gli *standard* qualitativi, nonché i materiali e le tecnologie attuali. L'obiettivo è quello di caratterizzare particolari architetture, nell'ipotesi di recupero funzionale-spaziale e di riqualificazione energetica, conservando le sue specificità. La ricerca ha proceduto alla caratterizzazione delle architetture di riferimento e all'individuazione delle più ricorrenti tipologie di comportamento energetico con relative analisi dei consumi monitorati sul campo, in funzione di parametri geografici, distributivi, funzionali e di contesto micro-urbanistico. Sono state, poi, selezionate le metodologie/soluzioni tecnologiche tipo per il miglioramento delle prestazioni energetiche



Figura 4. Vista aerea di Missanello (Potenza) – Basilicata.

e sono stati studiati i casi individuati con simulazioni in regime stazionario e dinamico. Infine, sono state associate ad un deficit energetico e ad una tipologia architettonico-tecnologica una o più soluzioni tecnologico-impiantistiche.

Per quel che concerne, nello specifico, l'individuazione dei casi studio, essi si trovano a Missanello (edilizia residenziale minore diffusa), nella regione Basilicata (Italia). Si tratta di aggregati insediativi costituiti da strutture portanti continue costruite in terra cruda, i cui infortuni sono realizzati secondo tecniche e tecnologie tradizionali. Approfondimenti, poi, sono stati svolti al fine di definire le possibili modalità d'intervento per il loro miglioramento energetico, ricorrendo sperimentalmente le proprietà termo-fisiche dei materiali e delle murature e procedendo ad una stima dei comportamenti, sia nei mesi invernali che in quelli estivi, tramite l'impiego dei software Termolog e MC4 in regime stazionario, ed Energy Plus per le simulazioni in regime dinamico.

Sono state virtualmente sperimentate soluzioni tecnologiche volte al miglioramento delle prestazioni energetiche secondo due modalità: di tipo 'passivo', modificando le caratteristiche dell'infortuno, quindi il comportamento energetico, con posa in opera di materiali o tecnologie (pannelli di aerogel - conducibilità 0.013 W/mK -, infissi in legno a bassa trasmittanza); di tipo 'attivo', mediante inserimento di impianti (sistemi di climatizzazione ad alta efficienza: caldaie a condensazione - solo riscaldamento - e pompe di calore senza unità esterna, ad aria o geotermiche, reversibili - riscaldamento e raffrescamento; pannelli fotovoltaici - del tipo a tegola od a film sottile - e/o mini turbine eoliche di ultima generazione).

3. L'analisi energetica: il caso di Missanello (Italy)

Il problema principale di un'analisi energetica di edifici esistenti è dato dalla scarsa reperibilità e affidabilità dei dati riguardanti i parametri essenziali per la valutazione della loro prestazione, quali, ad esempio, la trasmittanza termica delle pareti e i rendimenti degli impianti. Per tale motivo, in una prima fase dello studio ci si è occupati di ricavarle sperimentalmente, nel maggior numero di casi possibile, le proprietà termo-fisiche dei materiali e dei singoli componenti che costituiscono l'infortuno edilizio (conducibilità e capacità termica, conduttanza termica etc). Nel complesso, quindi, tutti gli edifici analizzati presentano un'inerzia termica elevata che giustifica il buon comportamento, dal punto di vista termo-energetico, durante la stagione estiva, in quanto, grazie ad essa, si registra una notevole riduzione delle oscillazioni di temperatura. Inoltre, in molti casi, il rapporto tra superficie vetrata e superficie calpestabile non supera il 5%. Questo dato determina una riduzione notevole dell'apporto dell'energia solare e si aggiunge all'ottima inerzia termica assicurando una buona risposta dell'edificio in estate.

	MIS11	MIS16	MIS18
S/V [m-1]	0,67	0,97	0,77
Svetrata/Sopaca	0,06	0,02	0,05
Materiali pareti	Terra cruda + pietra calcarea	Terra cruda + pietra calcarea	Terra cruda + pietra calcarea
Massa sup. pareti vert. [kg/m2]	818	555	631
Massa sup. pareti orizz. [kg/m2]	262	262	262
Umedio pareti vert. [W/m2K]	0,81	0,96	0,85
Umedio pareti orizz. [W/m2K]	0,84	0,84	0,84
Umedio finestre vetro unico o doppio [W/m2K]	3,28	5,2	5
Umedio pareti vert. isolate [W/m2K]	0,36	0,4	0,38
Umedio pareti orizz.isolate [W/m2K]	0,38	0,38	0,38

Tabella A. Valori caratteristici dei casi di studio analizzati.

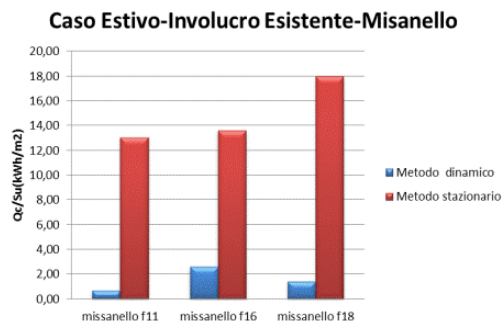
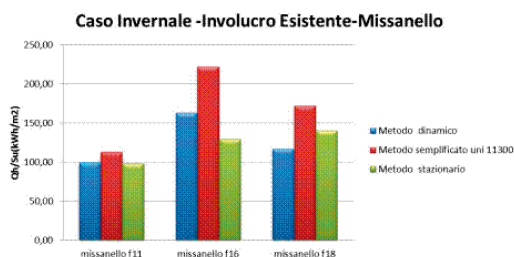


Tabella B. Confronto tra le diverse metodologie di calcolo per ciascun caso analizzato.

Nella seconda fase, dopo aver raccolto il maggior numero possibile di dati sperimentali, si è proceduto ad una stima delle prestazioni degli edifici e ad una valutazione energetica degli stessi.

Fondamentale è stato l'impiego di metodologie di calcolo in regime dinamico, oltre che in regime stazionario, in quanto, soprattutto nel caso di strutture massicce ad elevata inerzia termica, come quelle in oggetto, sono le uniche che riescono a prevedere con una certa precisione i fabbisogni energetici nel periodo di raffreddamento.

Come si evince dagli istogrammi riportati in Tabella B, nel caso del riscaldamento il metodo stazionario, semplificato secondo UNI 11300, e dinamico danno risultati comparabili. L'analisi dinamica consente di determinare con maggiore precisione il fabbisogno energetico utile in inverno necessario per il raggiungimento dei 20 °C per l'aria interna. Per il raffreddamento, il regime stazionario restituisce valori più elevati rispetto all'omologa valutazione effettuata in regime dinamico, in quanto non tiene conto in modo adeguato della elevata inerzia termica degli involucri edilizi dei casi studiati. I valori quindi forniti dal metodo stazionario presentano un certo grado di inaffidabilità per la valutazione dell'energia utile necessaria per raffreddare l'ambiente, soprattutto nelle pareti con elevata inerzia termica.

Quindi, per quanto riguarda il fabbisogno energetico invernale dell'involucro, i calcoli condotti per i tre edifici di Missanello hanno mostrato un aumento percentuale medio del 2,7 % nel caso di stima dei ponti termici, rispetto al caso in cui i ponti termici non sono stati valutati.

La differenza tutto sommato trascurabile dei risultati ha portato a considerare, nelle analisi comparative successive, soltanto i risultati ottenuti senza il calcolo dei ponti termici.

Nel caso estivo, invece, l'aumento percentuale medio che si ottiene considerando il calcolo dei ponti termici è del 4,1 %, valore maggiore di quello riscontrato nel caso invernale, ma che comunque ha indotto ancora a trascurare i ponti termici, anche grazie ai bassi valori dell'energia di raffreddamento.

Si è passati, poi, ad individuare le linee di intervento per il miglioramento delle prestazioni energetiche dei casi studio analizzati; in particolare si sono considerati i seguenti interventi:

- applicazione di uno strato di Aerogel dall'interno degli edifici analizzati. La scelta dell'Aerogel è legata alla necessità di utilizzare un materiale che sia facilmente adattabile all'esistente articolazione delle superfici interne degli edifici ma che nel contempo garantisca buone prestazioni termiche con il minimo ingombro. La bassissima conducibilità termica, la flessibilità, la resistenza alla compressione, l'idrorepellenza e la facilità di utilizzo lo rendono il migliore termoisolante attualmente sul mercato. L'Aerogel è composto di silice amorfa e fibre di rinforzo ed offre il vantaggio di avere un basso decadimento del potere isolante in funzione del tempo. La conducibilità termica è stata certificata pari a 0,014 W/mK. Il fattore di resistenza alla diffusione del vapore è 5, che, essendo vicino a quello dei materiali naturali, consente una buona traspirazione delle pareti (condizione

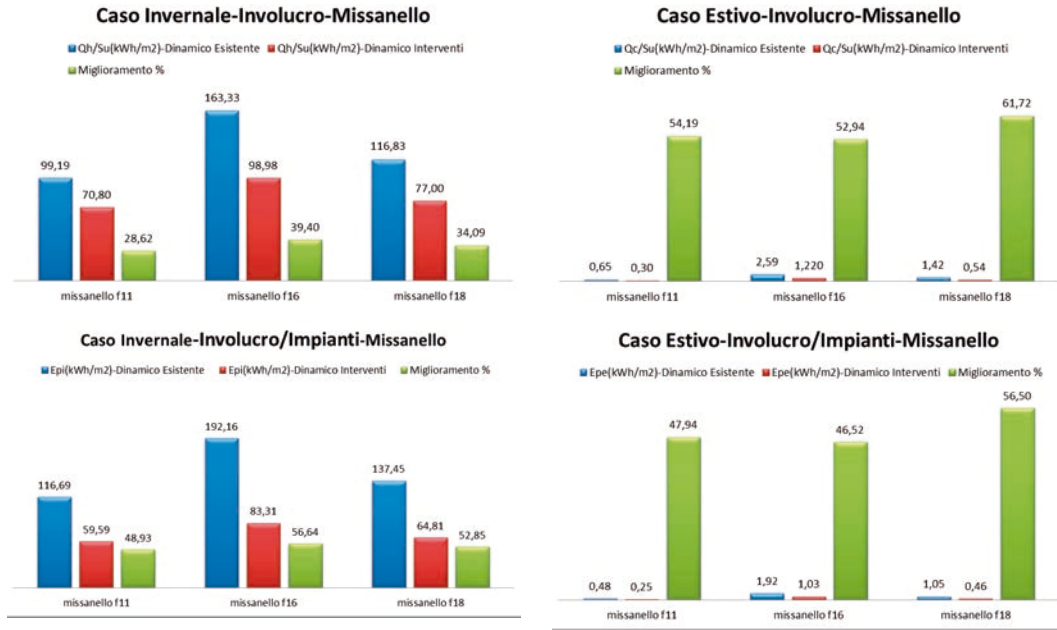


Tabella C. Fabbisogni energetici - località Missanello (Potenza) – Basilicata.

necessaria per garantire la salubrità degli ambienti),

- sostituzione degli infissi con modelli a triplo vetro con argon e telaio in legno;
- impiego di un impianto ad alta efficienza (caldaia a condensazione - in grado di ottenere un rendimento termodinamico superiore rispetto alle caldaie di tipo tradizionale grazie al recupero del calore latente di condensazione e di conseguenza a parità di potenza erogata iv è una riduzione delle emissioni - e/o pompa di calore senza unità esterna per il riscaldamento e/o raffrescamento).

Accanto agli interventi sopra descritti, sono in corso di sperimentazione dei pannelli per l'isolamento termico, realizzati con un impasto di argilla e paglia (materiali 'non energetici', disponibili localmente e la cui produzione non comporta emissioni nocive per l'ambiente, di facile smaltimento e riutilizzabilità e a costi contenuti) e con materiali come vimini, legno e juta per la struttura di fissaggio dello stesso alla muratura (il cui sistema tecnologico è ancora in fase di definizione).

In queste condizioni di intervento, il fabbisogno invernale Qh/Su si riduce del 35 %: ciò può dipendere dal fatto che si parte da un valore di trasmittanza più basso (cfr Tabella A) in quanto

le pareti verticali sono in parte costituite in terra cruda, materiale caratterizzato da una conducibilità termica di 0,36 W/mK; anche l'Epi si riduce al 52 %. In realtà, dato che il file climatico di Energy Plus per Missanello è quello della località più vicina (Potenza), i valori assoluti invernali sono sicuramente più bassi per Missanello, essendo questa una località caratterizzata da meno gradi giorno. Si confermano in estate valori di Qc/Su ed Epe molto bassi (Tabella C).

4. Conclusioni

In conclusione è possibile notare come le strategie di intervento applicabili sono estese a tutte le casistiche possibili, seppur limitate ai soli elementi considerabili nei casi analizzati: involucro, infissi e impianti termici (abbinati o meno alla ventilazione naturale). Si sottolinea poi che l'integrazione impiantistica e le modalità di intervento spesso risultano essere problematiche a causa della particolare conformazione dei casi studio.

Gli edifici esaminati di tipologia storica, come valutato quantitativamente, nel complesso necessitano di utilizzo di energia per il riscaldamento, ma di poca o quasi nulla energia per il raffrescamento per l'elevata inerzia termica. I casi analizzati sono quindi caratterizzati da insediamenti a 'quasi zero

energia' almeno nel caso del raffrescamento. L'Unione Europea, come è noto, ha previsto che dal 2020 i nuovi edifici o quelli esistenti soggetti a importante ristrutturazione siano a 'quasi zero Energy' relativamente alla climatizzazione.

È quindi interessante che gli architetti rispettino spontaneamente questa specifica, almeno nel caso estivo. La riqualificazione energetica comporterà quindi essenzialmente una riduzione del consumo energetico invernale, senza intaccare il valore architettonico degli insediamenti che potranno conservare tutto il loro contenuto storico.

Bibliografia

- BERTAGNIN M. *Architetture di terra in Italia*. Edicom Edizioni. Monfalcone, 1999.
- BOLLINI G. *Terra cruda tra Tradizione e Innovazione*. Edicom Edizioni. Monfalcone 2008.
- BOLLINI G. *Costruire in terra cruda oggi*. Edicom Edizioni. Monfalcone 2006.
- CICERO C. LOMBARDO G. "Buildings envelopes and energy", *JOURNAL OF CIVIL, ENGINEERING AND ARCHITECTURE*, David Publishing, Volume 5, number 11, 2011, p. 986-995, ISSN: 1934-7359.

- COSTANZO V., EVOLA G., GAGLIANO A., MARLETTA L. AND NOCERA F., "Study on the Application of cool Paintings for the passive Cooling of Existing Buildings in Mediterranean Climates", *ADVANCED IN MECHANICAL ENGINEERING*, vol. 4: 43.
- LOMBARDO G., "Built architecture with natural stone", *INTERNATIONAL JOURNAL FOR HOUSING SCIENCE AND ITS APPLICATIONS*, vol. 35, p. 103-114.
- GAGLIANO A., PATANIA F., NOCERA F., FERLITO A., GALESI A., "Thermal performance of ventilated roofs during summer period", *ENERGY AND BUILDINGS*, vol. 49, p. 611-618.
- GALDIERI EUGENI. "Arquitectura de tierra – histórica y moderna en Italia". *Navapalos 85, I encuentro de trabajo sobre la tierra como material de construcción*. Inter-Acción. Madrid, 1986.
- GERMANÀ M. L., PANVINI R. *La terra cruda nelle costruzioni – dalle testimonianze archeologiche all'architettura sostenibile*. Nuova Ipsa Editore. Palermo, 2008.
- GRECO GIOVANNA (a cura di). *Serra di Vaglio: la Casa dei Pithoi*. Franco Cosimo Panini. Modena, 1991;
- GUIDA, A. PAGLIUCA, N. CARDINALE, N. MASINI, G. ROSPI, M. DE LUCA PACIONE, D. DE TOMMASI, I. MECCA, CARDINALE T., "Energy efficiency improvement and suitability interventions on vernacular Geocluster (Basilicata)"– in proceedings of the "39th World Congress on Housing Science - Changing Needs, Adaptive Buildings, Smart Cities Conference", 17-20 September 2013. Politecnico di Milano (Italy), VOL. 2, pag. 143 – 150.
- GUIDA, A. PAGLIUCA, N. CARDINALE, N. MASINI, G. ROSPI, M. DE LUCA PACIONE, D. DE TOMMASI, I. MECCA, CARDINALE T., "Processi di recupero tecnologico del patrimonio edilizio identificabile con il geocluster regionale vernacolare"– in proceedings of the "Congreso Internacional sobre Documentación, Conservación y Reutilización del Patrimonio Arquitectónico" - "La Cultura del Restauro e della Valorizzazione. Temi e Problemi per un Percorso Internazionale di Conoscenza"- 20-22 giugno 2013. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Universidad Politécnica – Madrid (España), VOL. 2, pag. 429 – 436.
- LIBERATORE D., SPERA G., MUCCIARELLI M., GALLIPOLI M.R., SANTARSERIO D., TANCREDI C., MASINI N., RACINA V., CAPRIUOLIA., CIVIDINI A., TEDESCHI C. *Typological and experimental investigation on the adobe buildings of Aliano (Basilicata, Italy)*. Edicom Edizioni. Monfalcone, 2006.

Citas y notas

1. Cfr. GALDIERI EUGENI. "Arquitectura de tierra – histórica y moderna en Italia". *Navapalos 85, I encuentro de trabajo sobre la tierra como material de construcción*. Inter-Acción. Madrid, 1986.
2. Cfr. iv, p.55.
3. Sul progetto della «Casa dei Pithoi» si veda da GRECO GIOVANNA (a cura di). *Serra di Vaglio: la Casa dei Pithoi*. Franco Cosimo Panini. Modena, 1991, pp.84 ssg.
4. Cfr. iv, p.86.
5. Cfr. iv, p.87.
6. Cfr. GALDIERI EUGENI. "Arquitectura de tierra – histórica y moderna en Italia", cit., p.55.