

# Re USO



**LA CULTURA DEL RESTAURO E DELLA VALORIZZAZIONE**

**TEMI E PROBLEMI PER UN PERCORSO INTERNAZIONALE DI CONOSCENZA**

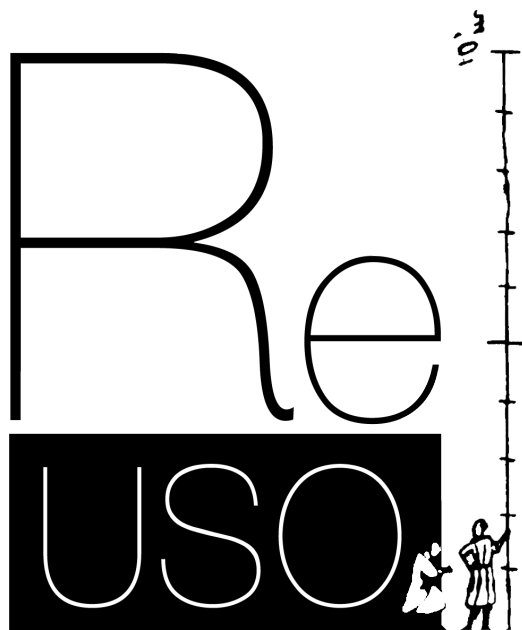
A CURA DI  
STEFANO BERTOCCHI  
SILVIO VAN RIEL

**ALINEA**  
EDITRICE





2° Convegno Internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero  
del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistica



La cultura del restauro e della valorizzazione.  
Temi e problemi per un percorso internazionale di conoscenza

A cura di:  
Stefano Bertocci  
Silvio Van Riel



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE  
**DIDA**  
DIPARTIMENTO DI  
ARCHITETTURA



La presente pubblicazione è stata valutata con il metodo della “duble blind pier review” da esperti nel campo dell’architettura e del restauro. Le fonti e le informazioni che si trovano all’interno degli specifici lavori sono state verificate dalla commissione di valutazione. La commissione di valutazione è stata selezionata dal comitato scientifico della conferenza tra gli studiosi più esperti nelle rispettive tematiche del convegno. Tale metodo è stato scelto per prevenire la diffusione di risultati irrilevanti o interpretazioni scorrette.

La redazione ringrazia tutti coloro che hanno contribuito con il loro lavoro al Convegno Internazionale Reuso e dato l’autorizzazione per la pubblicazione. I curatori, l’editore, gli organizzatori ed il comitato scientifico non possono esser ritenuti responsabili nè per il contenuto nè per le opinioni espresse all’interno degli articoli. Inoltre gli autori hanno dichiarato che i contenuti delle comunicazioni sono originali e, qualora richiesta, hanno la relativa autorizzazione a includere, utilizzare o adattare citazioni o tabelle e illustrazioni provenienti da altre opere.

Responsabile del progetto editoriale: Giovanni Minutoli

Editing: Matteo Bigongiari, Sara Bua, Antonietta Milano

© copyright ALINEA EDITRICE s.r.l. – Firenze 2014  
50144 Firenze, via Pierluigi da Palestrina, 17 /19 rosso

*tutti i diritti sono riservati:  
nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo  
(compresi fotocopie e microfilms)  
senza il permesso scritto dalla Casa Editrice*

ISBN 978-88-6055-829-9

Finito di stampare nell’ottobre 2014

*Stampa:*  
Global Print – Gorgonzola (Milano)  
[www.globalprint.it](http://www.globalprint.it)

*Realizzato e distribuito da:*  
ALTRALINEA EDIZIONI s.r.l. – Firenze  
+39 55 333428  
[info@altralineait](mailto:info@altralineait)  
[www.altralineaedizioni.it](http://www.altralineaedizioni.it)

---

CLASSIFICAZIONE TIPOLOGICO-MATERICA E ANALISI  
ENERGETICA DEL PATRIMONIO ESISTENTE.  
IL CASO DEL GEOCLUSTER REGIONALE VERNACOLARE  
DELLA BASILICATA

TYPOLOGICAL-MATERIAL CLASSIFICATION AND ENERGY  
ANALYSIS OF THE BUILT HERITAGE. THE CASE OF REGIONAL  
VERNACULAR GEOCLUSTER OF BASILICATA

N. CARDINALE  
UNIBAS, DiCEM

A. G. M. I. R. GUIDA  
UBIBAS, DiCEM

A. PAGLIUCA  
UNIBAS, DiCEM

T. CARDINALE  
UNIBAS, DiCEM

The research investigates the technological and energy evaluation of residential widespread “*minor construction*” in Basilicata Region (Italy). On the different building typologies it has experimented technological solutions aimed at improving energy performance. Then, the possible ways of intervention were defined, by obtaining experimental thermo-physical properties of materials and by proceeding to estimate the envelopes behavior, both in the winter months and in the summer ones, as well.

The objective of the research was the elaboration of a methodological proposal for the evaluation of energy and environmental sustainability of the historic-architectonical built heritage, that takes into account specific characteristics and values of building.

*Analisi energetica del patrimonio esistente nel geocluster vernacolare della Basilicata*

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, trasmittanza termica delle pareti e rendimenti degli impianti.

Lo studio ha riguardato una porzione caratteristica della Regione Basilicata, un “*Geocluster*”, coincidente con la porzione di costruito storico appartenente all’edilizia residenziale minore diffusa: aggregati dalle strutture portanti continue in pietrame, calcarenite arenaria, terra cruda o scavate nelle formazioni geologiche naturali.

L’individuazione dello specifico “*Geocluster*” è frutto di studi decennali svolti dal gruppo di ricerca per conoscere, classificare e catalogare le specificità del costruito storico residenziale lucano. Si sono svolte ricerche storiche riguardo tecniche di edificazione, provenienza dei materiali e tipologia di aggregazione; rilievi; confronti con le popolazioni; monitoraggi del microclima interno con raccolta dati ed elaborazioni informatiche.

Successivamente, analisi più specifiche su casi studio individuati, volti a caratterizzarne le modalità di intervento per il miglioramento energetico.

Al fine di definire una sequenza problema-geocluster-soluzione il più possibile esaustiva, si è cercato di individuare dei manufatti tradizionali tra loro molto diversi per caratteristiche funzionali, spaziali, energetiche (fattori di esposizione, definizione dei caratteri energetici globali e/o locali) e tecnico-materiche.

In tal senso le aree campione individuate a Matera, Montescaglioso, Calvello e Missanello, sono rappresentative, per posizione orografica, geografica e climatica, del patrimonio edilizio realizzato nel territorio lucano prima dell'avvento del cemento armato.

Ciascuna di queste aree campione è caratterizzata da differenti tipologie edilizie (scavate, costruite, isolate, monopiano, pluripiano, palazzi nobiliari), epoche di realizzazione e forme sociali, ma anche da disponibilità dei materiali, esigenze legate al clima specifico e soluzioni estetico-funzionali perseguite sulla scorta delle conoscenze tecnico-costruttive locali.

In una prima fase si sono ricavate sperimentalmente le proprietà termo-fisiche dei materiali e dei singoli componenti che costituiscono l'involucro edilizio (conducibilità e capacità termica, conduttanza termica, ecc.). Nella fig.1 sono riportati alcuni valori caratteristici dei casi di studio analizzati nelle diverse località, fondamentali per la valutazione termoenergetica.

Per quanto riguarda il significato dei simboli si precisa che, per le diverse località analizzate (MT=Matera, MO=Montescaglioso, MIS=Missanello, C=Calvello), con il parametro S/V si intende il rapporto tra superficie disperdente e volume lordo riscaldato e con il parametro  $U_{\text{medio}}$  la trasmittanza media per le differenti tipologie di pareti opache e trasparenti rivolte verso l'aria esterna.

I casi MT1, MT2 ed MT30 riguardano edifici con ambienti in gran parte scavati nella roccia, considerando una parete ideale di spessore massimo 1 m composta da calcarenite arenaria.

Nella seconda fase, si è proceduto ad una stima delle prestazioni degli edifici, utile per la qualificazione e certificazione energetica di essi, attraverso software esistenti, quali Mc4 ed Energy Plus (figg. 2, 3). Fondamentale è stato l'impiego anche di metodologie di calcolo in regime dinamico, basate su simulazioni orarie, in quanto, soprattutto nel caso di strutture massive ad elevata inerzia termica, sono le uniche a prevedere con una certa precisione i fabbisogni energetici.

Un dato importante è l'elevata massa superficiale delle pareti verticali, compresa tra 555 kg/m<sup>2</sup> e 1596 kg/m<sup>2</sup>. Per le chiusure orizzontali il discorso è analogo con l'esclusione di Missanello, ove il valore risulta più basso in quanto i tetti sono in legno.

Nel complesso tutti gli edifici presentano una inerzia termica elevata che giustifica il buon comportamento dal punto di vista termo-energetico durante la stagione estiva, con notevole riduzione delle oscillazioni termiche. Inoltre, in molti casi, il rapporto tra superficie vetrata e calpestabile non supera il 5% (è addirittura nullo nei casi "scavati" dei Sassi di Matera): tale dato determina una riduzione notevole dell'apporto dell'energia solare e si aggiunge alla ottima inerzia termica assicurando una buona risposta dell'edificio in estate.

*Sperimentazione di tecniche e materiali per uso "innovativo" delle tecniche tradizionali*  
Nell'ultima fase sono stati proposti interventi mirati per ogni tipologia per ridurre il più possibile il fabbisogno energetico derivante da fonti primarie. In molti casi non è stato

possibile ottenere il raggiungimento dei requisiti normativi minimi per i diversi indici energetici relativi sia all'involucro che al sistema involucro-impianto: si è in presenza di edifici di valore storico, per i quali gli interventi non devono essere invasivi e vanno opportunamente calibrati alle esigenze conservative. Gli interventi ipotizzati si possono distinguere in interventi "attivi" e "passivi".

Tra i "passivi" rientrano le soluzioni che, intervenendo sull'involucro del complesso edilizio, ne modificano le caratteristiche e quindi il comportamento energetico con la loro sola posa in opera. In particolare, si è proposto un intervento di isolamento a cappotto interno, non invasivo esternamente, attraverso l'utilizzo dell'aerogel (spessore 2 cm), materiale isolante estremamente innovativo caratterizzato da una conducibilità termica tra le più basse sul mercato (intorno a  $0,013 \text{ W/mK}$ , un terzo rispetto a quella degli isolanti comuni). Tale materiale ha ottime caratteristiche di permeabilità al vapore, molto più vicine a quelle dei materiali naturali impiegati nel nostro *geocluster* rispetto agli isolanti tradizionali. L'isolamento interno è stato applicato in tutti i casi, al fine di rendere confrontabili i risultati ottenuti durante l'analisi energetica e prestazionale. Si è poi ipotizzato anche un intervento sulle pareti trasparenti con la migliore tecnologia esistente: infissi a doppio o triplo vetro basso emissivo, con intercapedine riempita con gas nobile e con il telaio in legno con finiture e colore compatibili con quelli delle pareti opache. I valori delle trasmittanze dopo gli interventi di miglioramento sono riportati nelle ultime tre righe della fig.1. Nel caso delle pareti opache verticali ed orizzontali i valori sono compresi tra  $0,34 \text{ [W/m}^2\text{K]}$  e  $0,50 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ , valori accettabili per gli edifici storici, anche in confronto a quelli di partenza compresi tra  $0,64 \text{ [W/m}^2\text{K]}$  e  $1,78 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ . Per le pareti trasparenti la trasmittanza è nei limiti di legge  $1,84 \text{ [W/m}^2\text{K]}$ .

Gli interventi "attivi" riguardano l'impiego di impianti di riscaldamento e raffrescamento tra i più innovativi ed efficienti presenti nella produzione industriale attuale. Tra questi si annoverano i sistemi di climatizzazione ad alta efficienza come le caldaie a condensazione (solo riscaldamento) e le pompe di calore reversibili (riscaldamento e raffrescamento), che costituiscono un sistema a fonti rinnovabili, perché sfruttano l'energia termica gratuita contenuta nell'aria, nel terreno e nell'acqua. Si è ipotizzato l'impiego delle pompe di calore senza unità esterna, che richiedono solo la realizzazione di due fori di areazione nella parete, con un impatto minimo e che si stanno diffondendo in molti quartieri storici italiani o stranieri. In conclusione possiamo dire che tutti gli interventi, infatti, devono salvaguardare gli aspetti funzionali, formali ed estetici del patrimonio storico esistente nel cercare di utilizzare i materiali e le tecnologie innovative più recenti.

### *Applicazione e verifica delle tecnologie sperimentali*

La scelta del materiale isolante è ricaduta sull'aerogel che riduce la trasmittanza media delle pareti ad un valore compreso tra il 30% e il 50% di quello iniziale. Risultato ottimale in inverno poiché riduce il fabbisogno energetico di riscaldamento, mentre in estate il discorso è più complesso in quanto l'isolamento riduce il contributo positivo della dispersione di calore notturna verso l'esterno.

Per quanto riguarda il fabbisogno energetico invernale dell'involucro, i calcoli condotti per i quattro edifici di Calvello ed i tre 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 tra i due risultati e l'osservazione sull'impossibilità di stimare i ponti termici nei casi di Matera e



Montescaglioso (edifici con solai irregolari e curvi), 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 raffrescamento.

Infatti, dai risultati è emerso che la temperatura interna non supera quasi mai il valore di set-point di 26°C in estate, rendendo il raffrescamento non necessario o minimale nella maggior parte degli edifici. Per evidenziare ciò, in fig.4 è mostrato l'andamento in regime spontaneo senza impianti della temperatura interna nel caso peggiore. Questo dato può emergere solo da un'analisi in regime dinamico, e ciò evidenzia, ancora una volta, l'inadeguatezza del metodo stazionario per le valutazioni estive (raffrescamento) di strutture con elevata inerzia. Per quanto riguarda il riscaldamento, invece, è da notare che lo scostamento tra i metodi stazionari e dinamici nella valutazione del fabbisogno energetico diventa più limitato soprattutto quando la forma dell'edificio è abbastanza regolare e le proprietà delle pareti sono ben identificabili. Per esempio, nel caso di studio MISF11 lo scostamento è dell' 1%, in C294 è del 4%, in MO3 è del 5%, in C6 e C291 è del 6 %, in MO1 è del 10 %. Nel prosieguo si analizzano criticamente solo i risultati ottenuti con il metodo dinamico, data la sua maggiore accuratezza sia per il riscaldamento che per il raffrescamento.

Per convenienza di esposizione, si illustra per primo il caso di Calvello, ossia la località con il maggior numero di gradi giorno e per ultimo, il caso di Matera, località più calda e con possibilità di interventi ridotti per la particolare tipologia dell'insediamento dei Sassi e per i vincoli normativi.

Per Calvello (fig.5) nel caso invernale il fabbisogno di energia utile dell'involucro per unità di superficie utile,  $Q_h/S_u$ , con l'applicazione dell'isolante si riduce mediamente del 40%. Nel caso estivo invece il  $Q_c/S_u$  sembra ridursi molto di più, ma i valori assoluti già nei casi esistenti sono in pratica molto bassi, per cui l'inserimento dell'isolante nel caso estivo non è significativo. L'adozione di una pompa di calore (anche con un COP nominale di 2,64 non elevatissimo essendo essa senza unità esterna) riduce il fabbisogno di energia primaria  $E_p$  di circa il 60% rispetto al caso senza isolante e con caldaia tradizionale. Il valore dell' $E_p$  reale è probabilmente ancora minore perché i valori in opera del COP sono migliori in quanto i valori nominali sono ricavati per temperature più fredde. Per l'estate il fabbisogno di energia  $E_p$  è ovviamente molto basso.

Per Missanello, il fabbisogno invernale  $Q_h/S_u$  si riduce del 35%, valore un po' più basso rispetto a quello di Calvello: ciò può dipendere dal fatto che si parte da un valore di trasmittanza più basso (fig.1), in quanto le pareti verticali sono in parte costituite in terra cruda, materiale caratterizzato da una conducibilità termica di 0,36 W/mK, pari circa alla metà di quella della pietra calcarea delle pareti di Calvello. Anche l' $E_p$  si riduce meno rispetto a quello di Calvello, ossia del 52% contro il 60% del secondo. In realtà, dato che il file climatico di Energy Plus per Missanello e Calvello 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  $Q_c/S_u$  ed  $E_p$  molto bassi.

Nel caso di Montescaglioso, il miglioramento di  $Q_h/S_u$  è del 20%, minore di quello di Calvello e Missanello dato che il valore di trasmittanza di partenza è più basso. D'estate

l'influenza dell'isolante su  $Q_c/S_u$  è quasi nulla: si riduce infatti di  $1,5 \text{ kWh/m}^2$ , valore trascurabile e ascrivibile alle incertezze del metodo di calcolo. L'adozione della pompa di calore porta ad una riduzione dell' $E_{p_i}$  del 40 %, quindi più basso degli altri casi, ma doppio rispetto al 20% di  $Q_h/S_u$ : l'impianto più efficiente influisce maggiormente rispetto alle due località precedenti poiché le sue prestazioni assolute sono indipendenti dal fabbisogno energetico utile dell'involucro.

Nel caso MT1, con una percentuale di scavato pari al 45% e dove non è stato possibile applicare l'isolante, il piccolissimo miglioramento è dovuto alla sostituzione dell'infisso. Nel caso MT30, praticamente scavato al 100% e senza isolante, la mancanza di irraggiamento e l'enorme inerzia termica del sottosuolo portano ad un valore di temperatura che non supera mai i  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  con un  $Q_c/S_u$  pari a 0. Il valore di  $Q_h/S_u$  risulta basso, pari a  $64 \text{ kWh/m}^2$ . Questi valori per gli ambienti scavati sono però piuttosto incerti perché non esiste una trasmittanza ben determinata essendo presenti pareti controterra ben definibili e con spessore noto. I casi MT2 e MTPS riguardano edifici complessi a più livelli, con più ambienti con soffitti curvi, spessori elevati delle pareti ed un buon soleggiamento che permette alla temperatura di superare talvolta i  $26^\circ\text{C}$ ; da ciò deriva, quindi, una necessità di raffrescamento, seppur minima. Per i due casi con isolante il miglioramento è del 30%. Nel regime estivo l'isolamento in valore assoluto non incide significativamente su  $Q_c/S_u$ , come negli altri edifici studiati. È da notare però che il caso MTPS è l'unico con un peggioramento percentuale: questa discrepanza, anche se limitata, è dovuta all'incertezza del calcolo causata dalle forme fortemente irregolari. Infine l'uso della pompa di calore consente una riduzione dell' $E_{p_i}$  del 28% nei due casi scavati e del 52% per gli altri due.

Negli ambienti con alta percentuale di scavato esiste poi il problema della elevata umidità relativa, che non entra direttamente nel calcolo energetico. Il suo abbassamento può essere ottenuto aumentando i ricambi orari con la ventilazione naturale e/o con la ventilazione forzata. Nell'ipotesi di aumentare i ricambi da  $0,3 \text{ ac/h}$  a  $2 \text{ ac/h}$ , il fabbisogno energetico rispetto a quello standard può addirittura triplicare. Questo dimostra che, in particolare per gli ambienti ipogei dei Sassi di Matera, la riduzione del fabbisogno energetico non è sempre possibile poiché è necessario come priorità assicurare il benessere termometrico negli ambienti. In compenso, però, l'elevata inerzia termica permette di non avere consumo di energia per il raffrescamento in estate, durante la quale è sufficiente ventilare opportunamente gli ipogei, che, anzi, in molti giorni estivi necessitano addirittura di riscaldamento che può anche essere effettuato in modo parzialmente gratuito sfruttando la stessa portata di aria di ricambio per la riduzione dell'umidità che si può trovare ad una temperatura anche superiore di  $15^\circ\text{C}$  rispetto a quella dell'aria degli ipogei.

Dopo aver studiato in tutti i casi l'intervento di isolamento con cappotto interno, si è pensato, in seguito, di confrontarlo con l'ipotesi di un isolamento a cappotto esterno, laddove la finitura esterna in semplice intonaco lo permette.

Negli edifici di Calvello, nei quali è possibile un isolamento esterno, si è ottenuto, nel caso del fabbisogno energetico invernale, uno scostamento molto basso, pari circa all'1%, come si deduce dalla fig.6. In base a questi risultati si può affermare che, nel caso invernale, le prestazioni ottenibili con diversi posizionamenti dell'isolante sono equivalenti.

Nel caso estivo, come si evince dalla fig.7, l'isolante esterno riduce il fabbisogno energetico; i valori assoluti sono molto bassi (inferiori a  $2 \text{ kWh/m}^2$ ) anche in assenza di isolante. Quindi, nel caso estivo, né l'intervento di isolamento, né tantomeno la posizione dell'isolante stesso, intervengono significativamente nel calcolo energetico.

#### 4. Conclusioni

In conclusione è possibile notare come le strategie di intervento valutabili 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 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 abbiamo 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. Il *Geocluster* della regione Basilicata è quindi caratterizzato da insediamenti a "quasi zero energia" almeno nel caso del raffrescamento, così come previsto dall'Unione Europea per il 2020. Almeno nel caso estivo, gli edifici storici esaminati rispettano spontaneamente questa specifica.

La riqualificazione energetica comporta quindi una riduzione del consumo energetico invernale, senza intaccare il valore architettonico degli insediamenti che conservano tutta la loro valenza storica.

In tal modo, riscontrate carenze e peculiarità dell'involucro, è stato possibile individuare le procedure/modelli di intervento, elaborati e quindi validati, attraverso i quali reinterpretare l'architettura tradizionale lucana salvaguardando le odierne esigenze in termini di efficientamento energetico e compatibilità storico-materica-architettonica dell'intervento proposto.

Le differenti strategie di intervento, infine, vanno a costituire le linee guida di un protocollo prestazionale di intervento finalizzato all'ottimizzazione energetica di queste unità immobiliari appartenenti all'architettura lucana vernacolare, che saranno replicabili in tutti i contesti costruiti in situazioni simili per clima e per caratteri costruttivi tipicamente "mediterranei".

#### Bibliografia

I. Ballarini - V. Corrado 2012. *Analysis of the building energy balance to investigate the effect of thermal insulation in summer conditions*, in "Energy and Buildings 52", pp. 168-180.

A. Guida, G. De Tommasi, R. Morganti, E. Pizzi, A. Salemi, - 2013, "*Large scale refurbishment strategies in Italy: a proposal of "geocluster" characterization*" – 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.1, pag. 993 - 999 – ISBN: 978-88-6493-0138;

N. Cardinale - G. Rospi - A. Stazi 2010. *Energy and microclimatic performance of restored hypogeous building in south Italy: the Sassi district of Matera*, in "Building and Environment" 37(4), pp.94-106.

N. Cardinale - G. Rospi 2012. *Edifici massivi*, in : "Introduzione alla simulazione termoenergetica dinamica degli edifici" , Milano, p. 127-141

T. Cardinale - N. Cardinale - D. Colapietro F. Fatiguso - 2013. *Evaluation of the efficacy of traditional recovery interventions in historical buildings. A new selection methodology*, in "Energy Procedia", pp.515-524.

D.B. Crawley - L. Lawrie - C.O. Pedersen et al. 2001. *Energy Plus: creating a new generation building energy simulation program*, in "Energy and Buildings" 33 (4): pp. 319-331.

## Classificazione tipologico-materica e analisi energetica del patrimonio esistente

A. Guida - N. Cardinale - D. De Tommasi - I. Mecca - G. Rospi - A. Pagliuca - T. Cardinale 2013. *The technological recovery processes of Built Heritage. A case study of the local vernacular Geocluster*, in “La Experiencia del Reuso”, vol.1, pp.429-436.

A. Guida - N. Cardinale - M. Picione - D. De Tommasi - I. Mecca - G. Rospi - N. Masini - A. Pagliuca - T. Cardinale 2013. *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”, vol. 2, pp. 143–150.

A. Restucci, 1998, *Matera: i Sassi. Manuale del recupero*, Milano.

A. Giuffrè, C. Carocci, 1997, *Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione dei Sassi di Matera*, Matera, Italy.

	M11	M12	M13a	M13b	M14	M15	M16	M16a	M16b	M16c	Ck	C74	C74	C74'
$\phi \cdot V \text{ [m}^3\text{]}$	0,83	0,27	0,79	0,17	0,79	0,27	1,13	0,67	0,27	0,77	0,27	0,62	0,71	0,66
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \eta_{\text{scudo}}$	0,01	0,03	0,00	0,08	0,12	0,10	0,02	0,06	0,02	0,03	0,07	0,05	0,04	0,05
<b>Materiale pareti</b>	Calce- strada armata	Calce- strada armata	Calce- strada armata	Calce- strada armata	Calce- strada armata	Calce- strada armata	Calce- strada armata	Terra cruda + pietra calcaree	Terra cruda + pietra calcaree	Terra cruda + pietra calcaree	Pietra calcaree	Pietra calcaree	Pietra calcaree	Pietra calcaree
$\text{Massa sup. pareti vert. [kg m}^{-2}\text{]}$	1500	1150	1500	975	1238	1238	1238	818	555	431	1216	1925	1626	1566
$\text{Massa sup. pareti orizz. [kg m}^{-2}\text{]}$	1500	1142	1500	1142	454	454	454	262	262	262	432	403	403	403
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \text{pareti vert. [W m}^{-2}\text{]}$	0,64	0,82	0,64	1,17	0,68	0,68	0,68	0,81	0,96	0,85	1,62	1,28	1,78	1,29
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \text{pareti orizz. [W m}^{-2}\text{]}$	0,64	0,80	0,64	0,80	1,19	1,19	1,19	0,84	0,84	0,84	1,64	1,64	1,64	1,64
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \text{Biossido azoto (tra m}^{-2}\text{ e stagione [W m}^{-2}\text{]}$	5,00	5,00	5,00	5,00	5,0	5,0	5,0	3,28	5,2	5,0	5,20	5,20	5,20	5,20
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \text{pareti vert. indate [W m}^{-2}\text{]}$		Non appli- cabile	Non appli- cabile	0,41	0,24	0,24	0,24	0,26	0,40	0,28	0,48	0,48	0,20	0,48
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \text{pareti orizz. indate [W m}^{-2}\text{]}$		Non appli- cabile	Non appli- cabile	0,16	0,44	0,44	0,44	0,18	0,18	0,18	0,49	0,49	0,49	0,49
$\eta_{\text{scudo}} \cdot \text{Biossido azoto indate [W m}^{-2}\text{]}$	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84

Fig. 1 - Caratteristiche fondamentali per la valutazione termoenergetica degli edifici nelle diverse località.

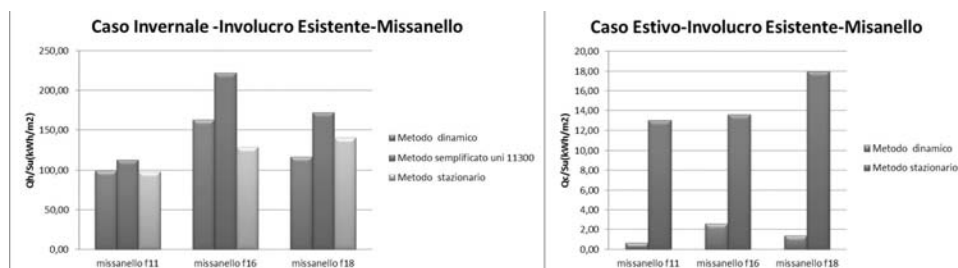


Fig. 2 - Confronto tra le diverse metodologie di calcolo, Missanello.

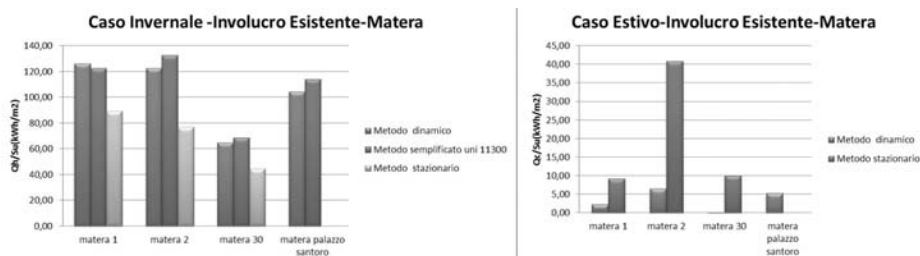


Fig. 3 - Confronto tra le diverse metodologie di calcolo, Matera.

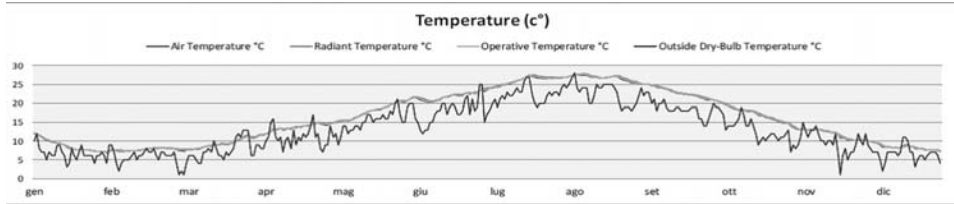


Fig. 4 - Andamento in regime spontaneo della temperatura interna, Montescaglioso I.

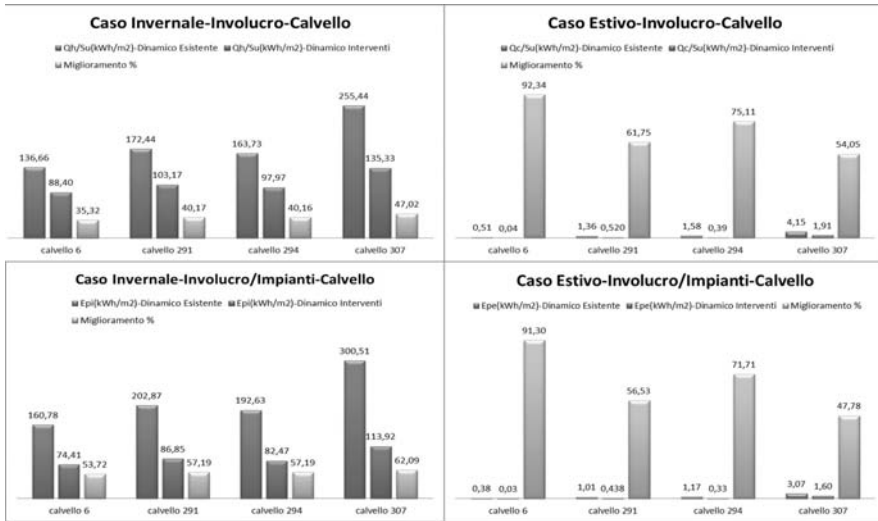


Fig. 5 - Fabbisogni energetici, Calvello.

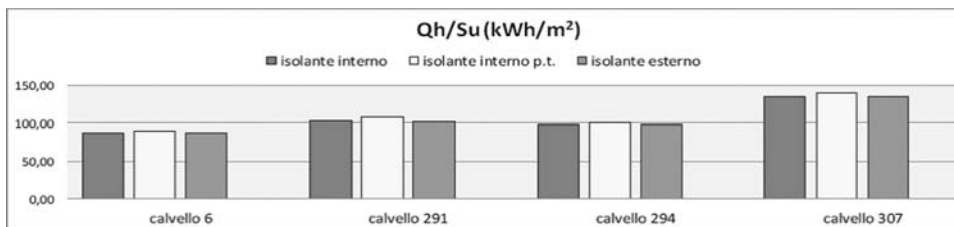


Fig. 6 - Fabbisogno energetico invernale per isolante interno ed esterno, Calvello.

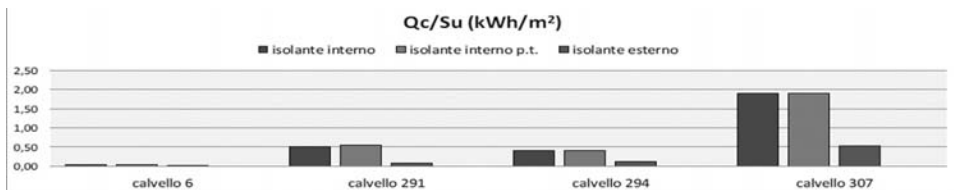


Fig. 7 - Fabbisogno energetico estivo per isolante interno ed esterno, Calvello.