

13

IL BANDO
“AUDIT ENERGETICO
DEGLI EDIFICI DI
PROPRIETÀ
DEI COMUNI
PICCOLI E MEDI”

QUADERNI
DELL'OSSERVATORIO



fondazione
cariplo

IL BANDO "AUDIT ENERGETICO DEGLI EDIFICI DI PROPRIETÀ DEI COMUNI PICCOLI E MEDI"

Analisi degli effetti sulle politiche comunali di riqualificazione energetica del patrimonio immobiliare

Rapporto di ricerca a cura di
Paolo Canino, Stefano Cima, Gian Paolo Barbetta

Collana "Quaderni dell'Osservatorio" n.13 Anno 2014

Questo quaderno è scaricabile dal sito www.fondazionecriplo.it/osservatorio

Il bando "Audit energetico degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi" is licensed under a Creative Commons Attribution Condividi allo stesso modo 3.0 Unported License.
Doi: 10.4460/2014quaderno13



INDICE



In copertina termografia di Claudio Longagnani; sopra foto di Mark Hillary

INDICE

EXECUTIVE SUMMARY	6
1. IL BANDO AUDIT: GENESI E TRATTI DISTINTIVI	8
1.1 L'azione della Fondazione Cariplo in campo energetico	8
1.2 Il problema affrontato dal bando e gli obiettivi perseguiti	8
2. LA STRATEGIA D'IDENTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI DEL BANDO	14
2.1 Elementi di attenzione preliminari	14
2.2 La logica controfattuale	15
2.3 La scelta dell'universo di riferimento e del gruppo di controllo	17
2.4 Il campione dell'indagine	19
2.5 Le caratteristiche del campione	23
3. GLI INTERVENTI REALIZZATI	26
4. GLI EFFETTI DEL BANDO AUDIT SULLE POLITICHE	36
4.1 Le variabili utilizzate per le stime	36
4.2 I risultati a livello di singolo edificio	38
4.3 I risultati a livello aggregato comunale	40
4.4 Un ultimo spunto per la riflessione	42
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	46
6. APPENDICE	48
I modelli stimati utilizzando dati disaggregati a livello di singolo edificio	48
I modelli stimati utilizzando dati aggregati a livello di singolo comune	54



Scala dell'efficienza energetica

EXECUTIVE SUMMARY¹

La Fondazione Cariplo ha promosso, a partire dal 2006, tre successive edizioni del bando "Audit energetico degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi". Finalità generale del bando è stata la diffusione, presso tali amministrazioni, di una cultura del risparmio energetico capace di favorire la realizzazione d'interventi di riqualificazione energetica dei propri edifici.

Questo documento fornisce una prima valutazione degli effetti di questa iniziativa sugli interventi di riqualificazione energetica del proprio patrimonio immobiliare. Non sono invece presi in considerazione altri possibili effetti che il bando potrebbe avere conseguito, ad esempio sui comportamenti dei singoli cittadini o delle amministrazioni sovraordinate a quelle locali. La valutazione controfattuale si è svolta fra giugno e novembre 2012, in collaborazione con l'Associazione nazionale dei comuni italiani (ANCI), e ha comportato la somministrazione di un questionario a un campione rappresentativo di amministrazioni dell'Italia Settentrionale, scelto in modo da poter operare una serie di confronti fra soggetti:

- che hanno beneficiato del contributo della Fondazione sul bando Audit;
- che, pur avendo richiesto un contributo sul bando, non hanno superato il processo di selezione;
- che, pur avendo caratteristiche analoghe ai comuni dei due gruppi precedenti, non hanno potuto avanzare richieste di contributo sul bando a causa della loro collocazione geografica (appena al di fuori del territorio di riferimento della Fondazione).

Il lavoro descrive sinteticamente le riflessioni che hanno condotto la Fondazione a emanare il bando Audit e i risultati ottenuti (in termini di richieste finanziate e interventi realizzati). È poi illustrata la strategia d'identificazione degli effetti prodotti dal bando e sono descritti metodi e risultati dell'indagine sul campo. Sono infine presentate alcune riflessioni conclusive sui risultati.

In sintesi, le domande cui la presente ricerca ha provato a rispondere sono le seguenti:

1. i comuni che hanno beneficiato dei contributi sul bando Audit avrebbero realizzato comunque gli *audit* energetici, anche senza il contributo della Fondazione?
2. in ragione del sostegno ricevuto, i comuni hanno mostrato un aumento della propensione a realizzare interventi di riqualificazione energetica?
3. a seguito del supporto economico ricevuto, i comuni hanno aumentato l'ammontare di denaro investito in interventi di riqualificazione energetica?

I risultati raccolti attraverso l'indagine nei comuni spingono a ritenere che per tutte e tre le domande la risposta sia negativa. Emerge, infatti, in modo abbastanza evidente che la partecipazione (con esito positivo) al bando Audit abbia

¹ Gli autori ringraziano Elena Jachia e Federico Beffa (Area Ambiente Fondazione Cariplo) ed Eleonora Annunziata (Scuola Superiore Sant'Anna) per il loro contributo alle fasi d'ideazione, definizione e realizzazione dell'indagine sul campo e per i loro suggerimenti in fase di stesura del rapporto di ricerca. Si ringraziano, inoltre, Davide Cascione (Fondazione Cariplo) per il lavoro svolto in sede di raccolta dei questionari e l'Associazione nazionale dei comuni italiani per la collaborazione offerta alla rilevazione.



Foto di Alessandro Oblit

causato un notevole incremento (nell'ordine di circa 6 volte) della probabilità che un edificio comunale sia sottoposto ad *audit*. A fronte di tale notevole incremento, però, né la probabilità di realizzare interventi di riqualificazione energetica, né il conseguente investimento economico sembrano cresciuti in modo significativo, cioè in misura tale da poter ritenere (con un elevato grado di fiducia) che la (piccola) variazione registrata non sia attribuibile semplicemente al caso.

Probabilmente, quindi, l'ipotesi - immaginata dalla Fondazione in sede d'ideazione del bando - secondo cui l'aumento della conoscenza tecnico-economica delle amministrazioni avrebbe indotto l'adozione di misure più efficaci per accrescere la sostenibilità energetica degli edifici di loro proprietà, non sembra verificata sul campo. Bisogna comunque considerare che talvolta proprio l'effettuazione delle diagnosi energetiche potrebbe indurre i comuni a non procedere (per via del valore assoluto dell'investimento o per i tempi di ritorno troppo lunghi). In generale, la decisione di non procedere con l'effettuazione di interventi sugli edifici dipende prevalentemente da motivazioni di ordine economico: nell'ordine, la mancata disponibilità delle risorse, l'esistenza di altre e più urgenti priorità, i vincoli posti dal Patto di Stabilità; sono invece molto rari i casi in cui l'*audit* abbia attestato l'inutilità delle opere.

Anche in ragione di tali considerazioni, oltre che in seguito a un'analisi più generale dello scenario attuale e della sua prevedibile evoluzione, la Fondazione ha quindi deciso di indirizzare la propria azione in questo campo verso un nuovo strumento focalizzato a promuovere l'accesso dei comuni alle risorse finanziarie stanziato dalle istituzioni nazionali, comunitarie e internazionali per aumentare la sostenibilità energetica degli enti locali².

² Si veda il bando "Promuovere gli investimenti locali in efficienza energetica ed energie rinnovabili" sul sito della Fondazione (<http://www.fondazionecariplo.it/it/bandi/index.html>).

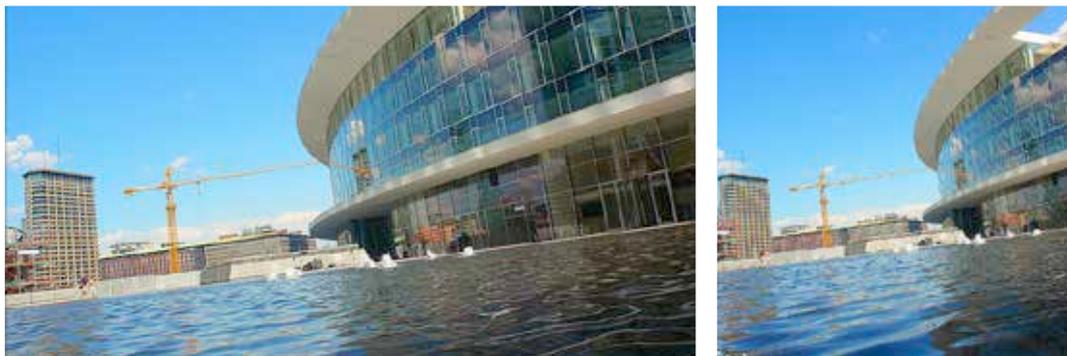


Foto di Jose A. Jacl

1.1 L'azione della Fondazione Cariplo in campo energetico

Con la sua azione filantropica, la Fondazione Cariplo si propone di esplorare nuove modalità per affrontare problemi di elevata rilevanza sociale, culturale e ambientale. Senza pretendere di risolvere da sola questi problemi, la Fondazione si mette al servizio della collettività sostenendo i costi della sperimentazione e della valutazione di alcune soluzioni innovative che la società è in grado di esprimere e ideare; spetterà poi ad altri soggetti (in primo luogo alle amministrazioni pubbliche e al terzo settore) adottare sistematicamente le soluzioni che abbiano dimostrato la propria efficacia.

Questo stile di azione permea l'attività della Fondazione in tutti i settori d'intervento, incluso quello ambientale. In questo settore, l'obiettivo della Fondazione è promuovere la sostenibilità ambientale sostenendo progetti locali volti a un miglior utilizzo delle risorse naturali e al contenimento dell'impronta ecologica delle attività umane. In particolare, uno degli obiettivi specifici è favorire l'uso razionale dell'energia, migliorando le prestazioni energetiche degli edifici pubblici. Per perseguire questo obiettivo, la Fondazione ha emanato, negli anni 2006-2008, il bando "Audit energetici degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi".

1.2 Il problema affrontato dal bando e gli obiettivi perseguiti

Aumentare l'efficienza energetica degli edifici significa ridurre i consumi da parte degli utenti finali, a parità di condizioni di *comfort*. L'incremento dell'efficienza energetica porta con sé evidenti vantaggi in termini ambientali ed economici. Infatti, la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e d'inquinanti - rilasciati durante i processi di combustione necessari a produrre l'energia utilizzata dagli edifici - contribuisce a migliorare sensibilmente la qualità dell'aria e a contenere l'effetto serra; il minor fabbisogno energetico contribuisce poi a ridurre i costi per l'acquisto di calore ed elettricità a carico dagli utenti.

Gli edifici occupati dalle pubbliche amministrazioni o aperti al pubblico dovrebbero costituire un esempio nell'adozione di sistemi di risparmio e gestione energetica virtuosa. Proprio le amministrazioni pubbliche, infatti, dovrebbero

essere nella condizione di conoscere meglio i vantaggi di un aumento dell'efficienza energetica e valutare con maggiore precisione costi e benefici degli interventi che – a tal fine – possono essere condotti sugli edifici. Le amministrazioni pubbliche dovrebbero poi manifestare una maggiore sensibilità a questi argomenti, anche a seguito dei numerosi provvedimenti normativi (comunitari, nazionali e regionali) susseguitisi negli ultimi anni.

Tuttavia, l'evidenza – sia pure aneddotica – mostra che raramente le amministrazioni pubbliche italiane hanno avviato attività volte ad aumentare l'efficienza energetica dei propri edifici; se il problema è diffuso già nei comuni di grandi dimensioni, esso pare più grave in quelli piccoli e medi. Un simile comportamento può dipendere da diversi fattori. In primo luogo esso può essere spiegato dalla mancanza di conoscenze sui vantaggi (economici e ambientali) conseguibili da interventi che accrescono l'efficienza energetica degli edifici, oltre che sui tempi di ritorno degli investimenti necessari. In secondo luogo, un ruolo rilevante può essere svolto anche dall'indisponibilità delle risorse economiche e finanziarie necessarie agli investimenti. In questo secondo caso, tuttavia, se gli interventi sugli edifici sono in grado di ripagarsi da soli – in archi temporali più o meno lunghi – il vincolo economico e finanziario non dovrebbe assumere un rilievo particolare. Dovrebbe infatti essere possibile per l'amministrazione prendere a prestito le risorse necessarie a effettuare l'investimento o, addirittura, chiedere ad altri di effettuare l'investimento stesso, consentendo poi loro di ripagarsi attraverso la gestione delle forniture energetiche (come dovrebbe accadere con le cosiddette ESCo - *Energy Service Company*).

In linea teorica, i vincoli di natura finanziaria dovrebbero essere dunque aggirabili dagli enti locali e, in ogni caso, la Fondazione non sarebbe comunque in grado di sostenere economicamente tutti i comuni che non dispongono delle risorse economiche necessarie a effettuare gli investimenti per aumentare l'efficienza energetica. Essa può – tuttavia – disporre delle risorse necessarie ad aiutare i comuni stessi a comprendere quali interventi siano opportuni ed economicamente sostenibili. E' proprio questo obiettivo che – negli anni dal 2006 al 2008 – la Fondazione si è proposta di perseguire attraverso il bando "*Audit energetico degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi*". Più in particolare, il bando perseguiva contemporaneamente diversi obiettivi complementari tra loro:

1. sostenere progetti di diagnosi energetica (audit) degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi;
2. promuovere la diffusione della certificazione energetica;
3. favorire l'installazione di sistemi di monitoraggio delle prestazioni energetiche su alcuni degli edifici di proprietà comunale, al fine di definire strategie razionali di gestione e intervento;
4. avviare, all'interno dell'amministrazione comunale, un processo di formazione di competenze relative alla gestione e alla certificazione energetica degli edifici;
5. aumentare la sensibilità dei cittadini al risparmio energetico e diffondere la conoscenza delle nuove norme sulla certificazione energetica attraverso la pubblicizzazione degli esiti del progetto.

Nella visione della Fondazione, sostenere la realizzazione di *audit* energetici degli edifici pubblici e favorire la formazione di competenze sul risparmio

energetico nelle amministrazioni pubbliche rappresentava uno scopo meritorio in sé ma, soprattutto un “obiettivo intermedio” verso un traguardo più ambizioso: la realizzazione degli interventi che gli *audit* reputano sostenibili al punto di vista economico e ambientale. Infatti, la Fondazione scommetteva sul fatto che la disponibilità d’informazioni specifiche (sulle caratteristiche energetiche dei propri edifici, sugli interventi in grado di aumentarne l’efficienza e sui tempi di rientro dai costi), unita a maggiori competenze interne all’amministrazione, potesse indurre gli enti locali a realizzare effettivamente gli interventi di risparmio energetico che – in assenza di questi elementi – non sarebbero stati neppure presi in considerazione. L’idea era dunque di “agire da innesco”, promuovendo – con un intervento economicamente alla propria portata – un effetto virtuoso a catena sui comportamenti dei comuni.

Inoltre, promuovendo la diffusione presso tutta la cittadinanza degli esiti dei progetti realizzati localmente, la Fondazione si prefiggeva anche di sensibilizzare la popolazione ai temi del risparmio e dell’efficienza energetica spingendo verso una modifica dei comportamenti dei cittadini.

Gli obiettivi (come la realizzazione d’interventi sugli edifici e la sensibilizzazione della popolazione) che vanno al di là della semplice realizzazione delle attività prescritte dal bando (*audit*, certificazione energetica, installazione di strumenti di monitoraggio energetico, ecc.) devono essere presi in considerazione anche nel momento in cui ci si chiede se i contributi erogati dalla Fondazione siano stati efficaci nel raggiungere gli obiettivi previsti. La valutazione che viene proposta in questo quaderno non si limita quindi a verificare se le attività dichiarate siano state effettivamente eseguite (un “monitoraggio” importante ma preliminare rispetto alla valutazione vera e propria) ma mira a riscontrare – attraverso precise misure quantitative – se gli *audit* effettuati siano stati effettivamente in grado di indurre i comuni a realizzare interventi per migliorare le prestazioni energetiche del proprio patrimonio immobiliare.

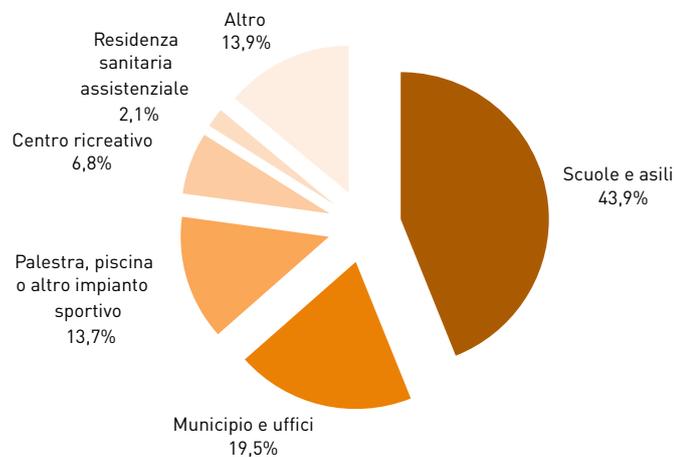
Va tuttavia sottolineato come il bando della Fondazione possa avere conseguito anche risultati diversi da quelli di cui si occupa questo quaderno. Infatti, in primo luogo, la valutazione non considera gli effetti indiretti dei finanziamenti della Fondazione sui comportamenti dei cittadini che risiedono nei comuni ove sono stati realizzati gli *audit*; la stima di questi effetti sarebbe infatti stata oltremodo complessa e costosa. Inoltre, alcune informazioni non sistematiche e non trattabili quantitativamente mostrano come la diffusione degli *audit* – che ha riguardato una parte molto rilevante dei comuni lombardi – abbia spinto alcune amministrazioni sovralocali (principalmente le province) a intervenire in prima persona per favorire il superamento di alcuni degli ostacoli che rendono più difficoltoso l’investimento in risparmio energetico dei comuni, in primo luogo la mancanza di risorse finanziarie. Questi effetti (se di effetti si tratta) sono assai difficilmente rappresentabili e misurabili con la metodologia che abbiamo utilizzato in questa sede, ma non per questo possono essere trascurati.

Il bando, che è rimasto attivo negli anni che vanno dal 2006 al 2008, ha erogato complessivamente 8,25 milioni di euro, coinvolgendo 637 comuni (più di un terzo dei comuni piccoli e medi del territorio). Circa il 90% dei beneficiari del contributo si trova in Lombardia, il restante 10% nelle due province di Novara (5,5%) e Verbano-Cusio-Ossola (4,1%). Il 42,1% dei comuni partecipanti è concentrato nelle province di Milano (16,2%), Brescia (14,1%) e Bergamo (11,8%).

Durante le tre edizioni del bando sono stati effettuati *audit* energetici su 3.704 edifici classificati, per destinazione d'uso, in 6 categorie: Scuole e asili, Municipi e uffici, Palestre, piscine e altri impianti sportivi, Centri ricreativi, Residenze sanitarie assistenziali e Altro. La Figura 1.1 mostra la distribuzione degli edifici sottoposti ad *audit* a seconda della destinazione d'uso. Le scuole e gli asili sono stati gli edifici maggiormente sottoposti ad *audit* energetici con il 43,9%, seguiti dai municipi e dagli uffici con il 19,5%, dalla categoria di edifici la cui destinazione d'uso è identificata con "Altro" con il 13,9% e da palestre, piscine e altri impianti sportivi con il 13,7%.

Gli *audit* energetici potevano essere leggeri e di dettaglio. Gli *audit* leggeri sono stati realizzati su tutti gli edifici comunali attraverso la compilazione di una scheda anagrafico-impiantistica contenente le informazioni sulle caratteristiche dell'edificio e degli impianti, sui consumi mensili degli ultimi tre anni ricavati dalle bollette e su eventuali inefficienze impiantistiche, strutturali e gestionali individuate durante i sopralluoghi. Gli *audit* di dettaglio sono invece stati effettuati sugli edifici, almeno uno per comune, a maggiore consumo energetico o di cui si ritenesse prioritario migliorare le caratteristiche energetiche realizzando: i) un bilancio energetico degli usi finali, ii) l'individuazione degli impianti più energivori e dei possibili interventi strutturali e/o impiantistici per ridurre i consumi, iii) l'analisi economica dell'intervento e del risparmio potenziale.

Figura 1.1 - Destinazione d'uso degli edifici sottoposti ad audit energetico



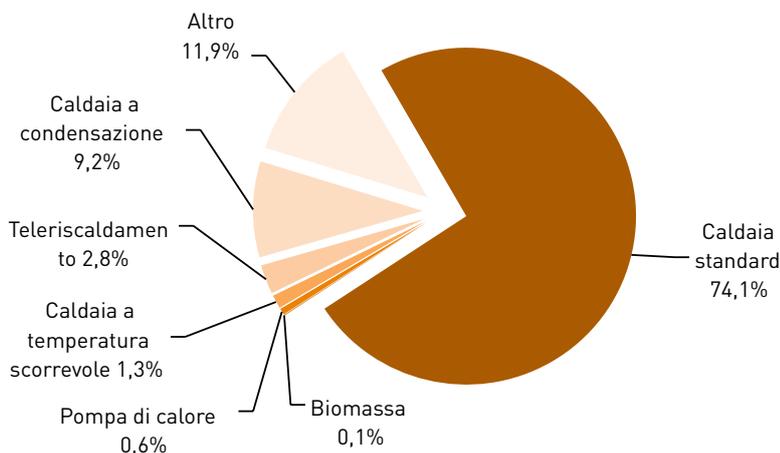
Fonte: Piattaforma AUDIT GIS

Gli *audit* energetici hanno rilevato una situazione critica, come dimostrano i consumi specifici medi annui che sono pari a 234 kWh/m², dal momento che gli immobili nella maggior parte dei casi non sono moderni e non sono stati progettati secondo criteri di efficienza energetica³. I consumi termici rappresentano quasi l'80% dei consumi totali degli edifici sottoposti ad *audit*. Sono

³ Per dare un termine di confronto, tale consumo colloca gli edifici in classe energetica "G" (in una scala che va da "A+" a "G". Il decreto ministeriale 26 giugno 2009 prevede che dal 1° gennaio 2010 la classe energetica minima per gli edifici di nuova costruzione sia la C.

stati analizzati 3.677 impianti termici e la Figura 1.2 ne mostra la distribuzione percentuale per tipologia.

Figura 1.2 - Distribuzione percentuale degli impianti termici per tipologia



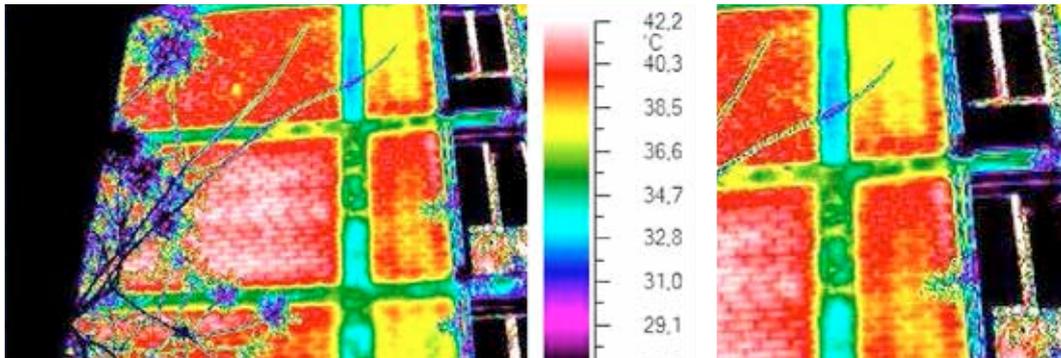
Fonte: Piattaforma AUDIT GIS

Gli impianti di riscaldamento più diffusi sono le caldaie standard con il 74,1%, mentre le caldaie a condensazione (9,2%), il teleriscaldamento (2,8%) e la caldaia a temperatura scorrevole (1,3%) sono ancora impiegati in modo limitato. Ancora meno utilizzati risultano le pompe di calore e gli impianti a biomassa. Il metano è il combustibile più diffuso, utilizzato nel 90,7% degli impianti termici.

Attraverso 1350 *audit* di dettaglio sono stati individuati 3.775 interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche di alcuni edifici. Tali interventi permetterebbero un risparmio totale di energia pari a 211.704.791 kWh e una riduzione totale di emissioni di CO₂ pari a circa 45.000 t/anno, nonché un risparmio annuo di 0,84€ per ogni kWh risparmiato e di 4€ per ogni kg di CO₂ evitata. Gli interventi sull'involucro rappresentano il 47% del totale degli interventi proposti, seguiti da quelli sull'impianto di riscaldamento (26%) e da quelli sulle utenze elettriche (24%), la quota rimanente è da attribuire ad azioni sul sistema di produzione di acqua calda sanitaria (3%).

Il 66,7% degli interventi è previsto nelle scuole e negli asili, il 21,9% nei municipi e negli uffici, l'8% nelle palestre e negli impianti sportivi, l'1,7% nei centri ricreativi, l'1% nelle residenze sanitarie assistenziali e lo 0,6% nelle piscine. Queste cifre confermano la forte incidenza che le scuole e gli asili hanno sui consumi energetici dei comuni e la conseguente necessità di migliorarne le prestazioni energetiche.

Il costo complessivo degli interventi migliorativi individuati dagli *audit* è di circa €178 milioni, con un costo medio per intervento di circa 107 €/m² e con un tempo medio di ritorno dell'investimento pari a 16,3 anni. Gli interventi più costosi sono quelli sull'involucro, con un costo totale pari a circa €110 milioni, mentre quelli sul sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria sono i più



Termografia di Paolo Ferri

economici con un costo totale di quasi €2,5 milioni. Le opere sulle parti strutturali degli edifici e che comportano maggiori costi sono destinati agli edifici costruiti prima del 1950 che spesso non sono mai stati ristrutturati; complessivamente, solo il 36,4% degli edifici ha subito interventi di ristrutturazione nell'arco della propria esistenza.

Il bando promosso dalla Fondazione ha dunque permesso di acquisire dati e informazioni sulle prestazioni energetiche degli edifici comunali, così da supportare le relative amministrazioni nella programmazione e gestione degli interventi di miglioramento energetico, stimando le risorse necessarie. Per valorizzare il patrimonio di informazioni raccolte attraverso gli *audit*, è stata sviluppata una piattaforma web - AUDIT GIS, unica per grado di copertura e livello di dettaglio dei dati disponibili - che consente di localizzare e visualizzare gli edifici sul territorio (www.webgis.fondazionecariplo.it).

2.1 Elementi di attenzione preliminari

Prima di procedere con la descrizione degli effetti del bando, sono opportuni alcuni ragguagli sul suo disegno di valutazione. In primo luogo, per comprendere gli effetti di un qualunque intervento della Fondazione occorre individuare i beneficiari; si deve, cioè, rispondere alla domanda "l'effetto su chi?". Come appare naturale, vista la natura del bando che ci si propone di valutare, i beneficiari sono identificati nei comuni piccoli e medi localizzati nel territorio della Fondazione. Oltre a ciò, è stato ritenuto opportuno interrogarsi anche sugli effetti prodotti sui singoli edifici di proprietà dei comuni, considerando questi ultimi come destinatari finali delle risorse stanziare. Come accennato in precedenza, non sono stati invece presi in considerazione i possibili effetti degli interventi sui cittadini e sui loro comportamenti.

In secondo luogo, per valutare l'efficacia di un intervento, è importante esplicitare la risposta alla domanda "l'effetto di che cosa?". In questa circostanza si prende in considerazione l'effetto di aver ricevuto dalla Fondazione un contributo per la realizzazione di *audit* energetici sugli edifici di proprietà comunale (oltre che per realizzare altri interventi previsti dal bando).

Una terza domanda cui è necessario dare risposta è "l'effetto su che cosa?". In questo caso, la risposta è più articolata poiché occorre innanzitutto definire quali sono le dimensioni rilevanti di analisi e poi individuare le variabili connesse a tali dimensioni (che chiameremo variabili di *output*). La valutazione del bando Audit prende in esame, come principale dimensione di analisi, la realizzazione d'interventi edilizi e impiantistici volti ad aumentare la sostenibilità energetica degli edifici comunali. Più in specifico, le variabili di *output* che saranno considerate sono le seguenti:

- realizzazione di *audit* energetici degli edifici comunali negli ultimi 10 anni⁴;
- realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici comunali negli ultimi 10 anni;
- ammontare degli investimenti finalizzati alla realizzazione di interventi di riqualificazione energetica negli ultimi 10 anni.

Si ritiene importante sottolineare che, nell'impossibilità di attingere - per tutte e tre le variabili - a fonti istituzionali, i nostri dati si basano sulle dichiarazioni fornite dal responsabile dell'ufficio tecnico dei comuni che hanno risposto a un questionario somministrato dalla Fondazione.

4 Vista la natura del bando, potrebbe apparire ridondante un'analisi volta a identificare un effetto su tale variabile. Come primo passo del percorso di valutazione, ci sembra invece opportuno domandarci se, a fronte del contributo fornito dalla Fondazione, sono stati realizzati *audit* energetici che i comuni avrebbero, in larga misura, potuto realizzare comunque, anche senza l'intervento della Fondazione o se, invece, l'apporto della Fondazione si sia rivelato decisivo per la realizzazione di tali attività. Nel primo caso, infatti, il costo medio di un *audit* aggiuntivo indotto dal bando della Fondazione si rivelerebbe molto più alto che nel secondo.



Foto di Jose A. Jacl

2.2 La logica controfattuale

Definite le domande valutative, il passo successivo di ogni rigoroso disegno di valutazione degli effetti prevede di affrontare il cosiddetto “problema fondamentale dell’inferenza causale” (Holland, 1986). In particolare, per poter dire che un fenomeno (effetto) dipende da un intervento specifico (causa), cioè per inferire un nesso causale, si dovrebbe effettuare un confronto fra: i) quanto si osserva sulle variabili di *output* in presenza dell’intervento e ii) quanto si sarebbe osservato in sua assenza (controfattuale). Mentre il primo termine del confronto corrispondente alla situazione reale del beneficiario dell’intervento dopo che lo stesso si è realizzato, e dunque è sempre osservabile, il secondo termine non si verifica nella realtà e non è quindi osservabile.

Limitarsi a confrontare quanto si osserva dopo l’intervento con quanto si era osservato prima dello stesso non consente di inferire l’esistenza di un nesso causale. Infatti, esiste - in primo luogo - una “dinamica spontanea” che influenzava il soggetto beneficiario prima dell’intervento e continua a influenzarlo durante e dopo l’attuazione dello stesso; pertanto il cambiamento che si osserva nel soggetto potrebbe dipendere da questa “dinamica spontanea” oltre che dall’intervento. In secondo luogo, osservando solo i soggetti beneficiari dell’intervento non è possibile escludere che i risultati rilevati dipendano dal modo col quale essi sono stati selezionati e, dunque, dalle loro caratteristiche individuali piuttosto che dall’intervento (è cioè possibile che esista una “distorsione da selezione”).

L’unico modo per affrontare correttamente il problema è cercare di stimare la condizione controfattuale, lo stato in cui il soggetto si sarebbe trovato in assenza d’intervento. Ciò può essere fatto utilizzando tecniche che, tradizionalmente, si distinguono in “sperimentali” e “non sperimentali”.

Nel primo caso, si ricorre a un vero e proprio esperimento, il cosiddetto studio controllato randomizzato (*Randomized Controlled Trial* - RCT) cui partecipa un insieme di soggetti potenziali beneficiari dell’intervento fra i quali è estratta a sorte la somministrazione (o meno) del trattamento. In questo modo, grazie alla divisione (governata dal caso) dei potenziali beneficiari in due gruppi (i “trattati” e i “controlli”), i problemi legati alla “distorsione da selezione” e alla “dinamica spontanea” possono essere tenuti sotto controllo. La “distorsione

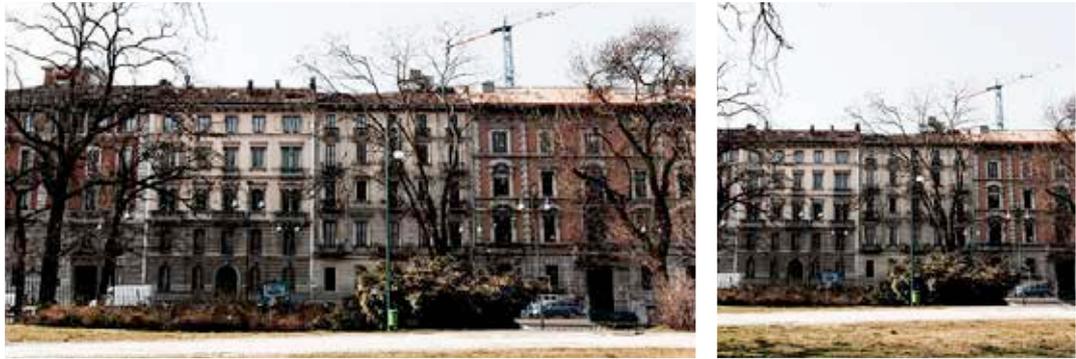


Foto di Vinicius Batista

da selezione” poiché tutte le differenze collegate alle caratteristiche individuali sono annullate dal processo di selezione casuale di “trattati” e “controlli” (in media e se il numero di soggetti coinvolti è sufficientemente grande). La “dinamica spontanea” perché l’effetto (medio) del trattamento non si fa coincidere *tout court* con la dinamica riscontrata nei “trattati”, ma piuttosto con la differenza tra la dinamica dei “trattati” e quella dei “controlli”.

Nel caso del bando Audit, la realizzazione di un RCT non è stata presa in esame al momento della selezione delle richieste di contributo, ragion per cui – per stimare l’effetto del bando – non è rimasto che il ricorso a tecniche “non sperimentali”. L’idea di fondo di queste tecniche è quella di ricostruire la situazione controfattuale confrontando fra loro soggetti comparabili, cioè identificare gruppi di controllo resi quanto più possibile equivalenti al gruppo dei trattati. Diverse sono le tecniche disponibili a questo scopo; non potendo analizzarle tutte in questa sede, ci limitiamo a una breve descrizione di quelle effettivamente impiegate per svolgere questo esercizio valutativo⁵.

La prima tecnica è la “*Difference in differences*” (DID). Attraverso questo metodo, è possibile affrontare sia il problema della “dinamica spontanea del fenomeno”, sia quello della “distorsione da selezione dei soggetti beneficiari dell’intervento”. Il primo problema è risolto utilizzando l’evoluzione del fenomeno in un gruppo di controllo (in cui l’intervento non è stato realizzato) come stima della sua “dinamica spontanea”. Il secondo problema è superato confrontando valori relativi non a un solo momento (*stock*), bensì variazioni (flussi) registrate in un certo periodo. In questo modo, la stima dell’effetto è depurata dalle differenze iniziali tra il gruppo dei trattati e dei controlli (sotto l’ipotesi che tale differenza rimanga costante nel tempo).

La seconda tecnica è quella dell’abbinamento statistico (*propensity score matching* – o *PSM*), ovvero della selezione, per ciascuna unità trattata, della unità (o del gruppo di unità) non trattata a essa più simile (sulla base dell’insieme di caratteristiche osservabili disponibili per l’analisi), così da inserirla

5 Per un approfondimento sulle tecniche di valutazione sperimentali e non sperimentali si rimanda a Martini (2008).

nel gruppo di controllo. In particolare, tale metodologia consiste in un processo di stima a due fasi volto:

- nella prima fase, a calcolare (a partire da un insieme di caratteristiche osservabili) la “probabilità di appartenere al gruppo dei trattati” di ciascuna entità analizzata (nel nostro caso l’analisi è stata svolta sia considerando i comuni, sia considerando i singoli edifici), allo scopo di abbinare i trattati e i non trattati fra loro più simili rispetto alle caratteristiche osservate;
- nella seconda fase, a calcolare il valore medio (e la relativa varianza) delle differenze riscontrabili nelle variabili di *output* fra i trattati e i non trattati a loro abbinati (valore che rappresenta la stima del valore medio dell’effetto).

La premessa alla base di tale metodologia è “stratificare il confronto fra trattati e non trattati” considerando, di volta in volta, solamente i casi che avevano, idealmente, probabilità simili di essere inclusi nel trattamento, date le loro caratteristiche strutturali. L’ipotesi di fondo, quindi, è che utilizzando opportunamente il calcolo del *propensity score* sia possibile trovare il termine di paragone più adatto per ciascun caso analizzato e, comparando le differenze fra ogni caso e il suo (o i suoi) termini di paragone più opportuni, sia possibile ricavare una stima corretta dell’effetto.

Infine, sempre nella logica dell’abbinamento statistico e della selezione basata su caratteristiche osservabili, accanto alle stime prodotte utilizzando congiuntamente DID e PSM, sono state realizzate e presentate (per mostrare la variabilità dei risultati al variare delle tecniche di stima) anche una serie di regressioni lineari (o modelli *probit*, nel caso di variabili di *output* dicotomiche) in cui, accanto alla variabile che identifica la condizione di “trattato” o “appartenente al gruppo di controllo”, sono utilizzate come variabili esplicative anche alcune caratteristiche dei comuni (localizzazione, popolazione residente, vocazione turistica - usata come *proxy* del gettito IMU) e dei singoli edifici (età, tipologia, dimensione, etc.). Ciò allo scopo di stimare la variazione registrata nella variabile di *output* al variare della condizione di trattamento, a parità delle altre caratteristiche osservabili (e osservate).

2.3 La scelta dell’universo di riferimento e del gruppo di controllo

Adottando una tecnica non sperimentale per la valutazione degli effetti del bando Audit, la prima decisione da prendere riguarda il modo con cui costruire il gruppo di controllo da utilizzare per il confronto con i soggetti destinatari del contributo della Fondazione.

Un primo gruppo di comuni “naturalmente candidato” a questo ruolo è l’insieme dei comuni che, pur partecipando a una o più edizioni del bando, non hanno mai ottenuto un contributo. L’adozione di questo criterio per la selezione del gruppo di controllo si espone al problema della “distorsione da selezione”: i comuni a cui la Fondazione non ha concesso un contributo possono essere strutturalmente diversi (ad esempio meno virtuosi) da quelli che sono stati invece selezionati. Esistono tecniche statistiche che consentono di ridurre questo problema (ne discutiamo nel prossimo paragrafo), ma esse si basano comunque sulla validità di alcune ipotesi.

Un secondo potenziale gruppo di controllo è costituito dall'insieme dei comuni con caratteristiche simili a quelli finanziati, ma che non avrebbero potuto partecipare al bando perché localizzati in territori diversi da quello di riferimento della Fondazione (tutte le province lombarde e le due piemontesi di Novara e del Verbano-Cusio-Ossola). Per avere comuni quanto più possibile simili a quelli finanziati, pare ragionevole scegliere comuni "di confine", confrontando casi localizzati di poco al di là o al di qua del confine regionale. Questo criterio non si espone al rischio di "distorsione da selezione" ma rischia di confrontare soggetti strutturalmente diversi tra loro, ad esempio perché oggetto di contributi regionali differenti per la realizzazioni di azioni di riqualificazione energetica degli edifici.

Per ridurre al minimo i problemi, si è deciso di ricostruire entrambe le potenziali situazioni controfattuali, così da verificare la robustezza dei risultati ottenuti. La volontà di confrontare i comuni destinatari di contributo con entrambi i campioni di controllo ci ha indotto a non estendere l'analisi degli effetti all'intero insieme dei comuni finanziati dalla Fondazione, ma di limitarla al solo sotto-insieme di quelli localizzati nelle province lombarde confinanti con le regioni Piemonte, Emilia-Romagna, Veneto e Trentino-Alto Adige. A partire da tale scelta, e considerando, inoltre, la dimensione demografica e l'appartenenza o meno a una circoscrizione turistica⁶, così come definita dall'ISTAT⁷, sono stati pertanto identificati 4 gruppi di comuni (trattati e di controllo) con caratteristiche il più possibile omogenee fra loro, distinti in ragione della loro localizzazione geografica:

1. comuni del confine Ovest, comprendente comuni del Verbano-Cusio-Ossola, Novara e Pavia (nel territorio di riferimento della Fondazione) e di Alessandria, Vercelli e Biella (esterni al territorio della Fondazione);
2. comuni del confine Sud, comprendente comuni in provincia di Cremona e Lodi (interni) e di Piacenza e Parma (esterni);
3. comuni del confine Sud-Est, comprendente comuni in provincia di Mantova e Brescia (interni) e di Reggio Emilia, Modena, Ferrara, Rovigo e Verona (esterni);
4. comuni del confine Nord-Est, comprendente comuni in provincia di Brescia e Sondrio (interni) e di Trento e Bolzano (esterni).

Inoltre, per non trascurare completamente le province interne alla regione Lombardia e per aumentare la numerosità dei casi analizzati, si è deciso di identificare un quinto gruppo costituito dai comuni della provincia di Milano, da confrontare con quelli della provincia di Torino.

L'esito finale di questo meccanismo d'individuazione dell'universo di riferimento, all'interno del quale confrontare i comuni finanziati (trattati) con i comuni non finanziati (primo gruppo di controllo) e con i comuni non eligibili per il finanziamento (secondo gruppo di controllo), è sintetizzato nelle figure

6 Si è ritenuto che tale variabile potesse essere una *proxy* della disponibilità di risorse finanziarie di un comune, in considerazione del fatto che ad essa è associata una maggiore o minore presenza, sul territorio comunale, di case di villeggiatura su cui l'imposta sulla proprietà degli immobili, che rappresenta una delle principali fonti di entrata dei comuni, è più elevata.

7 "Capacità e movimento degli esercizi ricettivi" (anni vari - nota metodologica); ISTAT; ROMA.

2.1 e 2.2 in cui sono mostrati, rispettivamente, i 5 gruppi di comuni selezionati e la ripartizione fra comuni finanziati, non finanziati e non eligibili all'interno dell'universo individuato.

2.4 Il campione dell'indagine

L'universo di riferimento descritto nel paragrafo precedente è stato stratificato in 60 strati - di cui 45 "popolati" da almeno un comune - in base alle 4 variabili seguenti:

1. status rispetto al bando Audit (finanziato, non finanziato, non eligibile);
2. localizzazione geografica (confine Ovest, confine Sud, confine Sud-Est, confine Nord-Est, area metropolitana di Milano e Torino);
3. appartenenza a una circoscrizione turistica (Sì, No);
4. popolazione residente nell'anno 2011 (meno di 2.500 abitanti, fra 2.500 e 30.000 abitanti).

Ai comuni inclusi nell'universo - nel periodo giugno-novembre 2012 - è stato somministrato un questionario in collaborazione con l'Associazione nazionale dei comuni italiani (ANCI). Nel complesso, sono stati contattati via e-mail 1.416 comuni con una comunicazione inviata direttamente dall'ANCI per presentare le finalità dell'indagine e sottolineare l'importanza della partecipazione. Alla prima comunicazione sono seguiti fino a 6 solleciti alla compilazione del questionario inviati direttamente dalla Fondazione, allo scopo di ottenere un campione di rispondenti che rispettasse il più possibile la proporzione dell'universo fra i diversi strati. Fra i comuni contattati, 380 hanno completato la compilazione del questionario con un tasso di risposta medio di poco inferiore al 27% (tabella 2.1).

Tabella 2.1 - Rappresentatività del campione

Localizzazione	Comuni contattati		Comuni rispondenti		Tasso di risposta
	v.a.	%	v.a.	%	%
Fuori dal territorio della Fondazione	694	49,0	108	28,2	15,6
Nel territorio della Fondazione, non finanziati	392	27,7	120	31,7	30,6
Nel territorio della Fondazione, finanziati	330	23,3	152	40,1	46,1
Totale	1.416	100	380	100	26,8

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

Dalla tabella emerge in modo abbastanza evidente che la disponibilità a partecipare all'indagine si è dimostrata tanto maggiore quanto più il comune "avvertiva la propria vicinanza" alla Fondazione e al bando. Il tasso di risposta è infatti superiore al 46% tra i comuni finanziati dal bando Audit; scende al 31% fra i comuni non finanziati attraverso un bando (ma potenzialmente finanziabili - o già finanziati - dalla Fondazione mediante altre iniziative) e precipita al 16% tra i comuni localizzati al di fuori del territorio di riferimento (e quindi mai finanziati in passato, né finanziabili in futuro). Pare inoltre opportuno ricordare che

Figura 2.1 - Universo di riferimento dell'indagine: classificazione dei comuni per area geografica

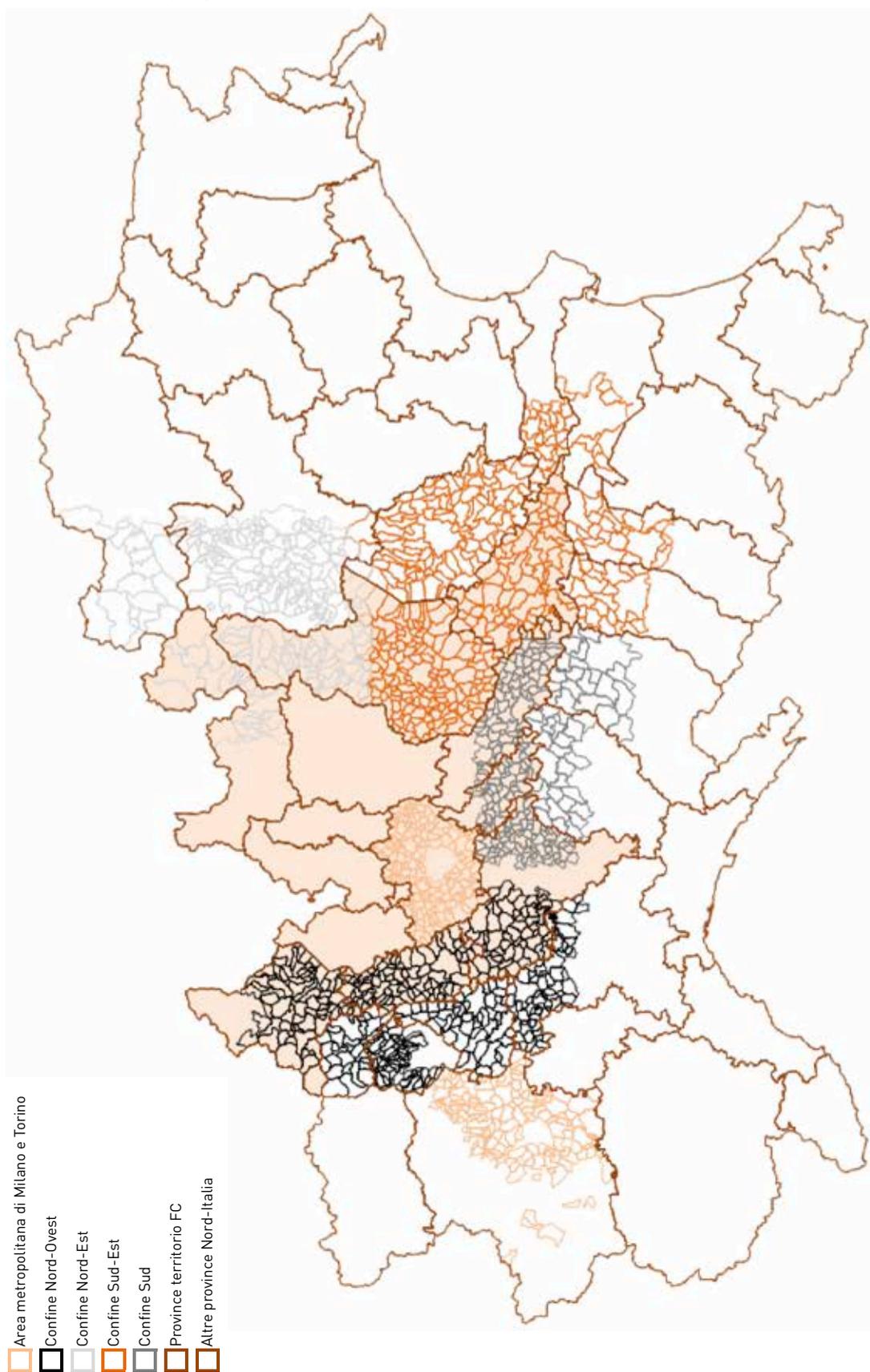




Figura 2.2 - Universo di riferimento dell'indagine: classificazione dei comuni per status rispetto al bando Audit

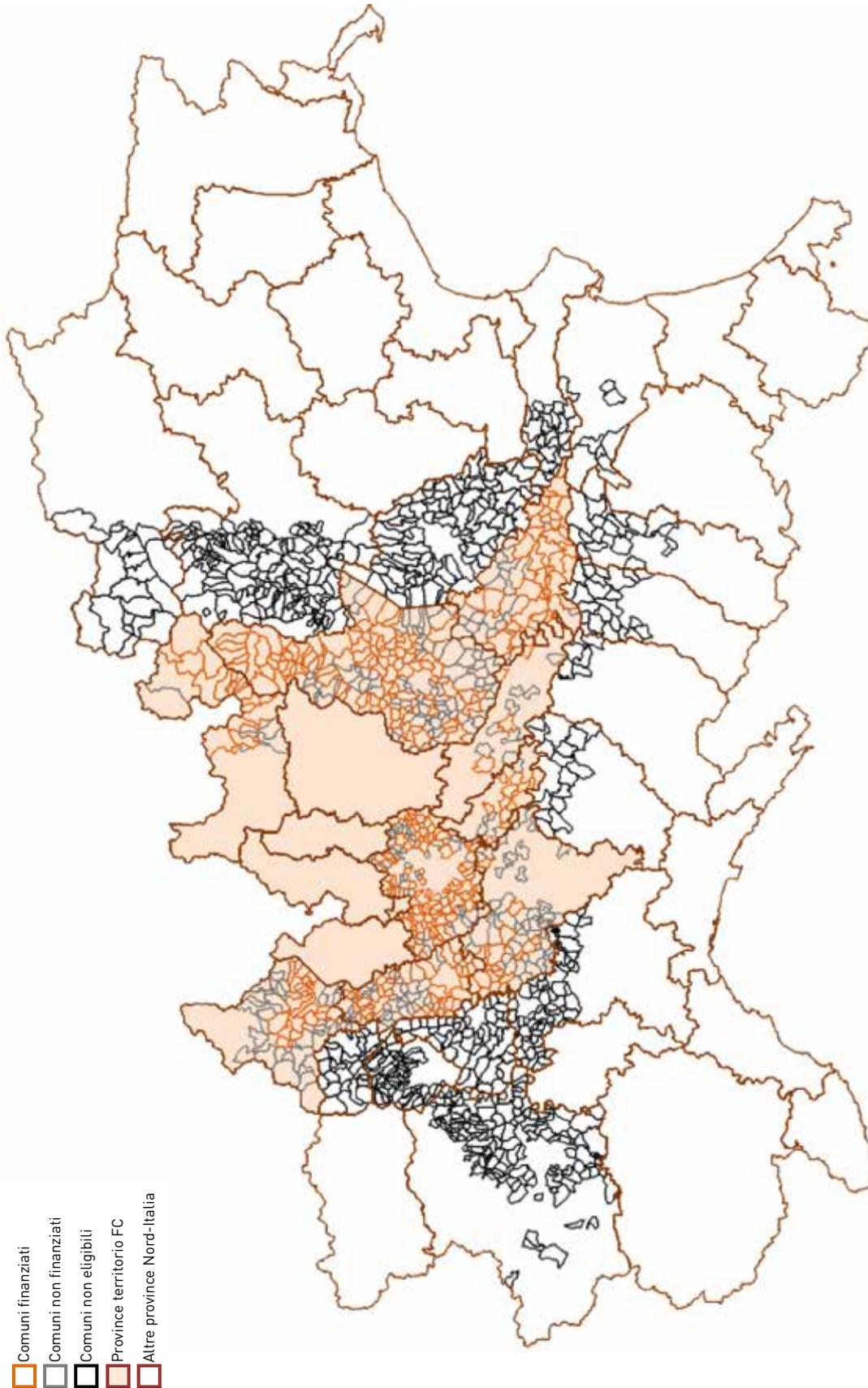


Tabella 2.2 - Caratteristiche dei comuni rispondenti

Localizzazione	Popolazione comunale (anno 2011) media	Percentuale di comuni inclusi in una circoscrizione turistica media	Numero di edifici comunali non residenziali media	Percentuale di edifici sottoposti ad audit energetici prima del 2006		Percentuale di edifici sottoposti a interventi di riqualificazione energetica prima del 2006	
				media semplice	media ponderata per il numero di edifici	media semplice	media ponderata per il numero di edifici
Fuori dal territorio della Fondazione	3.354	41,7	8,7	0,0	0,0	8,6	7,0
Nel territorio della Fondazione, non finanziati	4.548	25,8	8,7	0,9	0,8	8,5	7,7
Nel territorio della Fondazione, finanziati	7.478	20,4	11,2	0,7	0,4	10,5	9,9
Totale	5.878	28,2	9,7	0,6	0,4	9,4	8,6

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013



Foto di Alessandro Bonvini

il periodo di svolgimento dell'indagine ha parzialmente coinciso con quello immediatamente successivo al sisma che ha colpito alcune zone dell'Emilia Romagna (Modena, Reggio Emilia, Ferrara) e delle province di Mantova e Rovigo, inizialmente incluse nell'universo di riferimento ma su cui non si è ritenuto opportuno procedere con i solleciti.

Questi elementi spingono a considerare con prudenza la portata di alcuni dei risultati raggiunti poiché, soprattutto nel caso dei comuni esterni al territorio di riferimento della Fondazione, la partecipazione all'indagine è stata, almeno in parte, il frutto di un meccanismo di auto-selezione che potrebbe inficiare gli esiti del lavoro; tuttavia, non necessariamente il meccanismo di auto-selezione è correlato con le variabili di *output* che sono oggetto del nostro lavoro⁸.

2.5 Le caratteristiche del campione

La tabella 2.2 evidenzia come, in media, i 380 comuni rispondenti abbiano circa 5.900 abitanti e circa 10 edifici non residenziali di proprietà (nel complesso, sono stati censiti circa 3.600 edifici). Circa il 28% dei comuni è incluso in una circoscrizione turistica. Meno dell'1% degli edifici comunali era stato sottoposto ad *audit* prima del 2006 (anno della prima edizione del bando), ma circa il 9% degli edifici era invece già stato sottoposto, prima di tale data, a un qualche intervento di riqualificazione energetica.

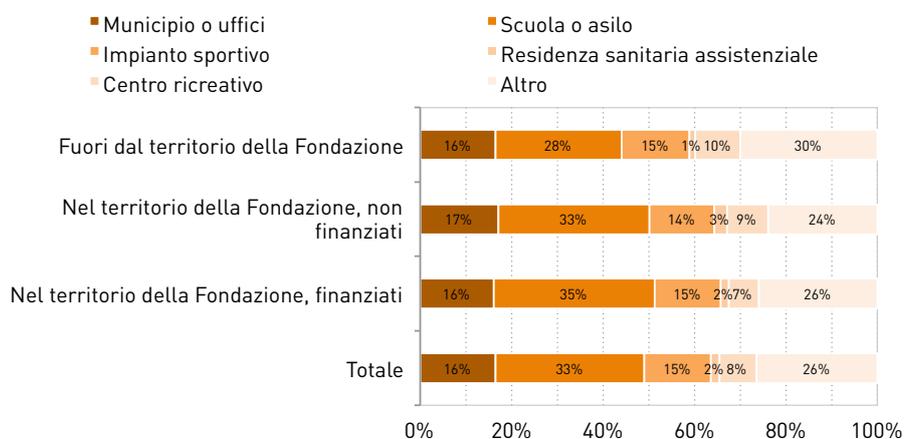
Considerando le differenze collegate alla localizzazione geografica, si può osservare che:

8 I comuni rispondenti potrebbero essere quelli che più si sono attivati nel campo della riqualificazione energetica. Tuttavia, poiché abbiamo riscontrato un tasso di risposta più alto fra i comuni più piccoli (con meno edifici da descrivere nel questionario), si potrebbe ritenere che l'auto-selezione abbia operato, semplicemente, sovra-rappresentando i comuni cui era chiesto meno impegno e meno tempo per la compilazione del questionario. Non necessariamente, tali comuni sono anche i più "virtuosi" e quindi non necessariamente la distorsione indotta dall'auto-selezione inficia il valore dei risultati raggiunti.

- i comuni finanziati risultano mediamente più grandi (maggiore popolazione, più ampio patrimonio immobiliare) dei comuni che appartengono ai due gruppi di controllo (fra loro molto più simili);
- fra i comuni non eligibili è più alta la quota di comuni inclusi in circoscrizioni turistiche (41,7%, contro il 25,8% fra i comuni non finanziati e il 20,4% fra i comuni finanziati);
- la frequenza con cui gli edifici sono stati sottoposti ad *audit* e a interventi di riqualificazione prima del 2006, appare invece simile fra i vari gruppi di comuni (le differenze non sono statisticamente significative agli usuali livelli di confidenza). Il numero di edifici sottoposti ad *audit* è pari a 0 fra i comuni non eligibili, mentre è di poco inferiore all'1% del totale negli altri due gruppi. Il numero di edifici sottoposti a interventi fra i comuni appartenenti ai due gruppi di controllo, è mediamente pari all'8,5% del totale, mentre fra i comuni finanziati la percentuale sale al 10,5%⁹.

Passando a descrivere gli edifici sottoposti a diagnosi, nella figura 2.3 se ne può osservare la ripartizione per tipologia, distinta anche in base alla localizzazione geografica del comune in cui l'edificio è situato.

Figura 2.3 - Ripartizione degli edifici sottoposti ad *audit* per tipologia e localizzazione



Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

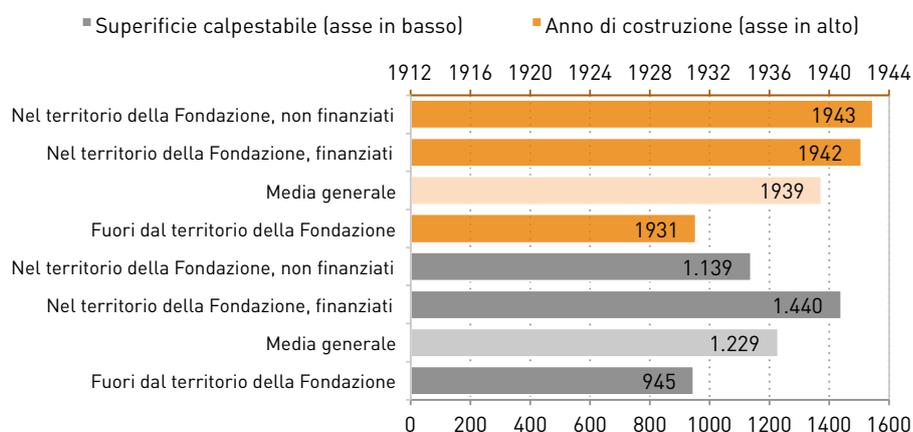
Nel complesso, la maggioranza relativa degli edifici censiti (il 33%) è utilizzata da un'istituzione scolastica, circa il 16% è un immobile che ospita il municipio e/o gli uffici comunali, circa il 15% è un impianto sportivo, l'8% è un centro ricreativo e il 2% una residenza sanitaria assistenziale. Biblioteche, magazzini, presidi sanitari o socio-sanitari, centri polifunzionali, edifici in via di ri-funzionalizzazione (identificati come ex-scuole, ex-biblioteche, ex-municipio,

⁹ Si è fatto riferimento alle sole medie semplici (elaborate calcolando, per ogni comune, la percentuale sul numero degli edifici censiti e considerando poi i valori medi dei comuni appartenenti ai tre gruppi); conclusioni del tutto analoghe si possono trarre facendo riferimento alle medie ponderate per il numero di edifici (calcolate considerando, per ogni gruppo, solo i dati a livello di singolo edificio).

ecc.) e altre tipologie rappresentano, insieme, il 26% del totale. Gli edifici situati nei comuni finanziati sono più spesso scuole (35% contro il 33% dei comuni non finanziati e il 28% dei comuni non eligibili), mentre nei comuni non eligibili risulta più elevata la quota relativa ai centri ricreativi e all'insieme delle altre tipologie.

Nella figura 2.4 è inoltre possibile osservare i dati relativi all'anno di costruzione e alla superficie calpestabile.

Figura 2.4 - Anno di costruzione e superficie degli edifici sottoposti ad audit per localizzazione (dati medi)



Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

In media, gli edifici censiti si estendono per circa 1.200 m² e sono stati costruiti intorno alla fine degli anni '40. Confrontando i dati relativi ai tre gruppi di comuni, si nota che il patrimonio immobiliare dei comuni esterni all'area d'intervento è composto da edifici mediamente più vecchi (anno di costruzione pari al 1931) e più piccoli (superficie di circa 945 m²); gli edifici censiti all'interno dei comuni finanziati, al contrario, risultano costruiti dopo (in media, nel 1942) e sono più grandi (superficie media pari a circa 1440 m²). Tali differenze appaiono collegate con quelle ricordate poco fa, in merito alla tipologia degli edifici.

I comuni finanziati mostrano quindi alcune peculiarità rispetto a quelli appartenenti ai due gruppi di controllo, così come anche il relativo patrimonio immobiliare. Ciò nondimeno, la frequenza con cui *audit* energetici e interventi di riqualificazione energetica sono stati realizzati nei tre gruppi di comuni prima che il bando Audit fosse attivato dalla Fondazione non appare troppo dissimile.

Partendo da un punto di vista squisitamente descrittivo, la figura 3.1 mostra, per i tre gruppi di comuni analizzati, l'evoluzione della percentuale di edifici sottoposti ad *audit* sul totale degli edifici censiti. In particolare, nella parte sinistra è mostrata l'evoluzione anno per anno (a partire dal 2006 – anno di avvio del bando Audit) a confronto con il periodo cumulato 2002-2006; nella parte destra è mostrato il confronto sintetico “prima del 2006” vs “dopo il 2006”.

Dal grafico appare evidente l'andamento distinto dei dati relativi ai tre gruppi di comuni analizzati. Infatti, nei comuni finanziati dal bando la quota di edifici sottoposti ad *audit* mostra un'impennata a partire dal 2007 e fino al 2009, mentre gli altri due gruppi mostrano un andamento molto più costante. Osservando la parte destra del grafico, tale differenza appare ancora più evidente, con un rapporto di circa 1 a 10 fra la quota di edifici sottoposti ad *audit* dopo il 2006 nei comuni non eligibili e quella corrispondente nei comuni finanziati (5,6% contro 58%). Tale forbice si restringe, ma rimane comunque nell'ordine di 1 a 4 circa (14,9% contro 58%) se il confronto è operato all'interno del territorio di riferimento della Fondazione tra i comuni non finanziati e quelli finanziati. Sembra quindi evidente che il bando Audit abbia svolto un ruolo di forte stimolo alla realizzazione di *audit* sugli edifici energetici di proprietà dei comuni. Approfondiremo più avanti tale evidenza, mostrando i risultati delle stime ottenute con diversi metodi statistici di applicazione della logica controfattuale.

Un altro elemento interessante da osservare è il tipo di *audit* realizzato (figura 3.2). Infatti, il bando sosteneva sia la realizzazione di *audit* cosiddetti “leggeri”, cioè riconducibili al semplice calcolo dei consumi termici ed elettrici dell'edificio analizzato, sia lo svolgimento di *audit* “di dettaglio”, in cui, oltre al calcolo dei consumi termici ed elettrici, si procedeva con l'identificazione di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio.

Nel complesso, gli *audit* leggeri rappresentano circa il 60% del totale. Osservando la distinzione per localizzazione geografica del comune, notiamo però che la quota sale al 61% per i comuni finanziati ed è pari a circa il 56% per i comuni non finanziati, ma scende drasticamente (fino al 26%) per i comuni non eligibili per il finanziamento Cariplo. In sostanza, dunque, sembrerebbe che il bando Audit abbia sostenuto in particolare la realizzazione di attività finalizzate a calcolare i consumi energetici e termici degli edifici, attività che non sempre i comuni sembrano svolgere in maniera sistematica.

Passando ad analizzare i dati degli interventi di riqualificazione energetica, la figura 3.3 mostra, per i tre gruppi di comuni analizzati, l'andamento della percentuale di edifici sottoposti a interventi sul totale degli edifici censiti. In particolare, nella parte sinistra è mostrata l'evoluzione anno per anno (a partire dal 2006 – anno di avvio del bando Audit) a confronto con il periodo cumulato 2002-2006; nella parte destra è mostrato il confronto sintetico “prima del 2007” vs “dopo il 2007”. A differenza del grafico precedente, in questo caso è stato scelto come anno di riferimento il 2007 tenendo in considerazione, da un lato, il lasso di tempo intercorso fra il momento di presentazione della domanda e quello di realizzazione dell'*audit* e, dall'altro, dell'ulteriore intervallo di tempo necessario a realizzare gli interventi individuati dall'*audit*.



Figura 3.1 - Realizzazione di audit energetici negli ultimi 10 anni (valori percentuali sul numero di edifici)

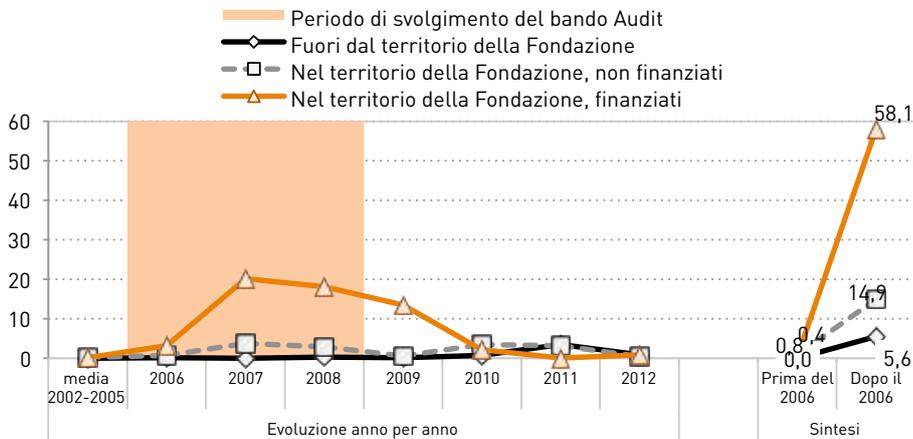


Figura 3.2 - Ripartizione degli audit realizzati per tipologia e localizzazione (percentuale sul numero di edifici sottoposti)

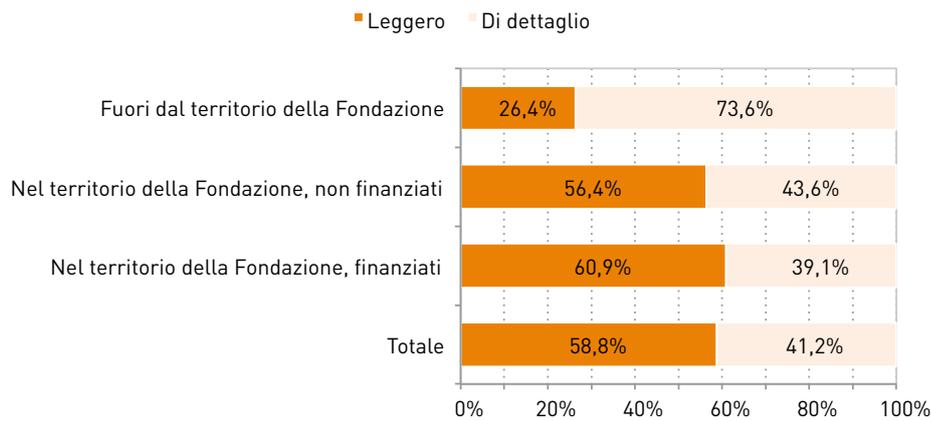
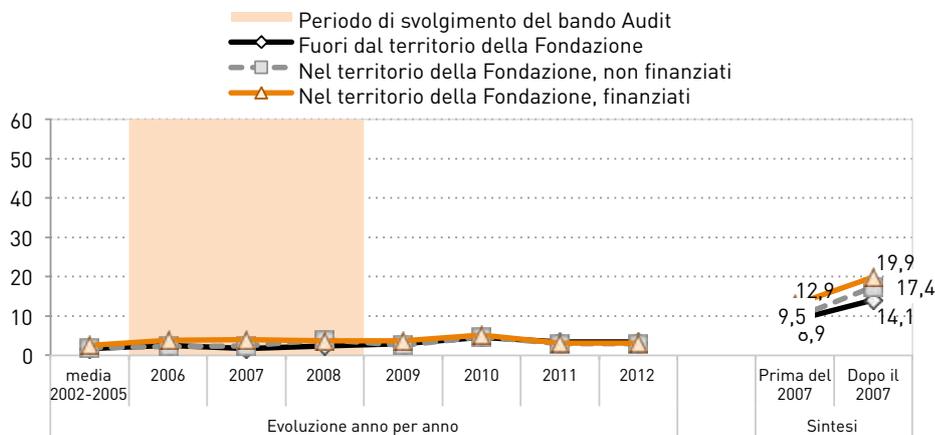


Figura 3.3 - Realizzazione di interventi di riqualificazione energetica negli ultimi 10 anni (percentuali sul totale degli edifici)



Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

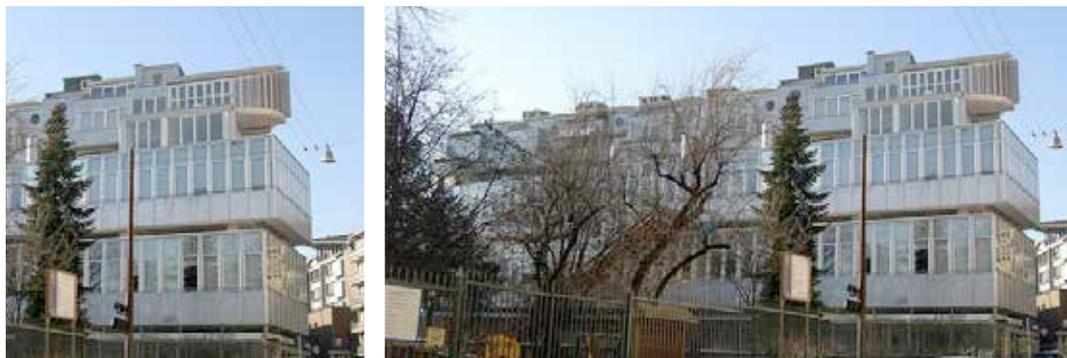


Foto di Paolo Mazzo

Confrontando il grafico con quello riportato nella figura 3.1, le differenze appaiono evidenti. In questo caso, infatti, i divari fra i tre gruppi di comuni sono decisamente più limitati; l'andamento è piuttosto simile, soprattutto dal 2009 in poi; anche il confronto sintetico, sul lato destro della figura, evidenzia come le dinamiche dei tre gruppi siano quasi parallele. Sebbene l'*audit* non debba necessariamente preludere a un intervento, a fronte del notevole aumento di *audit* energetici, la frequenza di realizzazione di interventi di riqualificazione energetica non risulta cresciuta in modo altrettanto impetuoso.

Un risultato collegato è mostrato nella figura 3.4, che evidenzia, per ciascuno dei tre gruppi di comuni analizzati, da un lato, la frequenza con cui gli edifici sottoposti a interventi di riqualificazione energetica erano stati sottoposti ad *audit* (con o senza il contributo economico della Fondazione) prima di realizzare l'intervento stesso e, dall'altro, la frequenza con cui gli edifici sottoposti ad *audit* (con o senza il contributo della Fondazione) siano stati sottoposti a interventi di riqualificazione successivi alla realizzazione dell'*audit*.

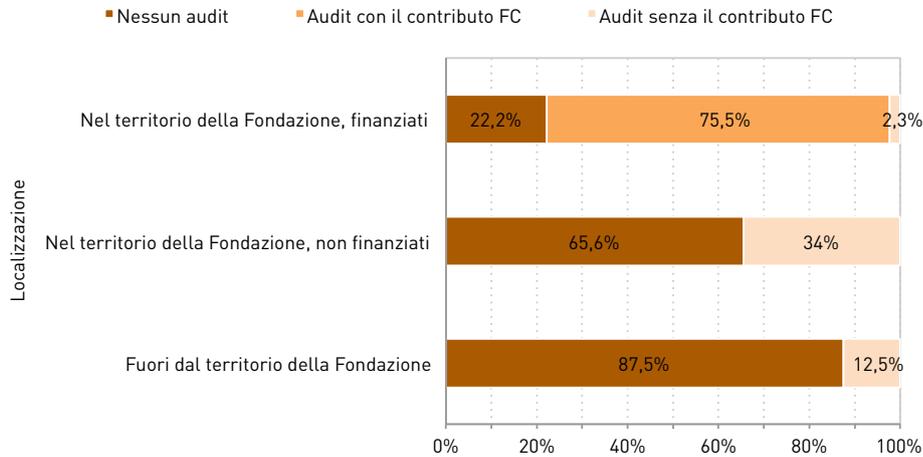
È interessante notare che la quota di edifici sottoposti a interventi dopo l'*audit* (sul totale degli edifici sottoposti ad *audit*) è piuttosto simile fra i comuni finanziati e quelli non eligibili (pari a circa un quarto), e sale solo di poco (sino a circa il 38%) fra i comuni non finanziati. La quota di edifici sottoposti ad *audit* prima di un intervento (sul totale degli edifici sottoposti a intervento) è invece molto diversa nei tre casi: essa è infatti pari a circa tre quarti fra i comuni finanziati, a circa il 34% fra i comuni non finanziati e al 13% fra i comuni non eligibili.

Una lettura congiunta dei due grafici evidenzia una situazione in cui il contributo della Fondazione non è associato a una variazione particolarmente significativa, rispetto ai territori usati come gruppo di controllo, della frequenza con cui, a seguito di un *audit*, si è deciso di realizzare qualche intervento concreto di riqualificazione energetica. Fra i comuni che hanno ricevuto il contributo, tuttavia, risulta più raro (sempre rispetto agli altri territori presi a termine di paragone) il caso in cui si siano realizzati interventi senza prima aver svolto un *audit* energetico. Possiamo quindi presumere che l'implementazione del programma di *auditing* abbia avuto comunque il merito di aumentare la consapevolezza delle amministrazioni comunali riguardo agli esiti degli interventi.

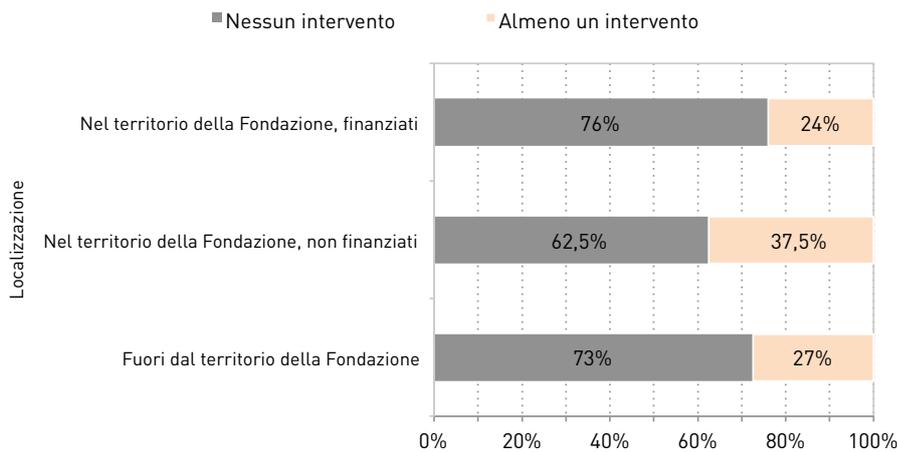


Figura 3.4 - Realizzazione di audit e interventi di riqualificazione energetica

Realizzazione di audit su edifici soggetti a interventi



Realizzazione di interventi su edifici soggetti ad audit



Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

Analizziamo, per concludere, le tipologie degli interventi realizzati e i costi sostenuti per tali interventi. La tabella 3.1 mostra, nel complesso e con riferimento ai tre gruppi di comuni analizzati, la frequenza degli interventi prima e dopo il 2007. Si può osservare che – sia prima sia dopo il 2007 – gli edifici soggetti a intervento, hanno visto – in media – la realizzazione di due tipologie di intervento. Il più frequente (e per cui si registra anche la maggiore crescita nel periodo considerato) è l'intervento sugli impianti di riscaldamento, che interessa il 7% degli edifici, prima del 2007 e il 10,3%, dopo tale data; si tratta, rispettivamente, del 32,2% e del 27% degli interventi totali (prima e dopo il 2007). Seguono le opere sull'involucro e sul sistema elettrico; ma se, nel primo caso, la quota sul totale è abbastanza simile prima e dopo il 2007 (18,9% contro 17,2%), nel secondo si registra una diminuzione più marcata, dal 23,3% al 13,6%. Risultano abbastanza frequenti anche le azioni sul sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria (15,6% del totale prima del 2007 e 12,5% dopo il 2007). Significativa è anche la crescita degli interventi per installare impianti fotovoltaici (la quota sul totale degli interventi passa dal 2,9 al 16,8%; quella

Tabella 3.1 - Frequenza di realizzazione degli interventi per tipologia e localizzazione (domanda con possibilità di risposte multiple)

Tipologia di intervento	Totale			
	Prima del 2007 % sul n. di edifici	% sul n. di risposte	Tra il 2007 e il 2012 % sul n. di edifici	% sul n. di risposte
Tutti i comuni				
Interventi sull'impianto di riscaldamento	7,0	32,2	10,3	27,0
Interventi sull'involucro	4,1	18,9	6,6	17,2
Interventi sul sistema di produzione di acqua calda sanitaria	3,4	15,6	4,8	12,5
Installazione di impianti fotovoltaici	0,6	2,9	6,4	16,8
Installazione di impianti solari termici	0,5	2,1	2,7	7,0
Interventi sul sistema elettrico	5,1	23,3	5,2	13,6
Altri interventi	1,1	5,1	2,3	5,9
Totale interventi	21,8	100,0	38,2	100,0
Totale edifici sottoposti a interventi	8,6	-	20,8	-
Numero medio di tipologie di intervento per edificio	2,5	-	1,8	-
Fuori dal territorio della Fondazione				
Interventi sull'impianto di riscaldamento	6,8	29,8	8,8	22,9
Interventi sull'involucro	4,4	19,2	6,5	16,9
Interventi sul sistema di produzione di acqua calda sanitaria	4,6	20,2	5,5	14,1
Installazione di impianti fotovoltaici	0,4	1,9	5,7	14,7
Installazione di impianti solari termici	0,3	1,4	2,7	7,1
Interventi sul sistema elettrico	5,6	24,5	6,9	17,8
Altri interventi	0,7	2,9	2,5	6,5
Totale interventi	22,7	100,0	38,6	100,0
Totale edifici sottoposti a interventi	7,0	-	16,7	-
Numero medio di tipologie di intervento per edificio	3,2	-	2,3	-
Nel territorio della Fondazione, non finanziati				
Interventi sull'impianto di riscaldamento	5,8	33,9	8,7	24,3
Interventi sull'involucro	3,7	21,6	6,2	17,3
Interventi sul sistema di produzione di acqua calda sanitaria	2,5	14,6	3,8	10,6
Installazione di impianti fotovoltaici	0,6	3,5	6,7	18,7
Installazione di impianti solari termici	0,4	2,3	2,0	5,6
Interventi sul sistema elettrico	3,2	18,7	5,8	16,2
Altri interventi	0,9	5,3	2,6	7,3
Totale interventi	17,2	100,0	36,0	100,0
Totale edifici sottoposti a interventi	7,7	-	19,7	-
Numero medio di tipologie di intervento per edificio	2,2	-	1,8	-

segue...

Tabella 3.1 - (continua...) Frequenza di realizzazione degli interventi per tipologia e localizzazione (domanda con possibilità di risposte multiple)

Tipologia di intervento	Totale			
	Prima del 2007		Tra il 2007 e il 2012	
	% sul n. di edifici	% sul n. di risposte	% sul n. di edifici	% sul n. di risposte
Nel territorio della Fondazione, finanziati				
Interventi sull'impianto di riscaldamento	7,8	32,7	12,1	30,8
Interventi sull'involucro	4,2	17,6	6,8	17,3
Interventi sul sistema di produzione di acqua calda sanitaria	3,2	13,5	5,0	12,7
Installazione di impianti fotovoltaici	0,7	3,1	6,6	16,9
Installazione di impianti solari termici	0,6	2,3	3,0	7,7
Interventi sul sistema elettrico	5,9	24,7	3,9	9,8
Altri interventi	1,5	6,1	1,9	4,8
Totale interventi	24,0	100,0	39,2	100,0
Totale edifici sottoposti a interventi	9,9	-	23,7	-
Numero medio di tipologie di intervento per edificio	2,4	-	1,7	-

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

sul totale degli edifici dallo 0,6 al 6,4%). In crescita anche i casi d'installazione di impianti solari termici (circa il 2% del totale prima del 2007 e circa il 7% dopo il 2007), mentre le altre tipologie sono pari al 5,2% degli interventi prima e al 5,8% dopo il 2007. Osservando le differenze fra i tre gruppi di comuni, si può notare, soprattutto, che il numero medio di tipologie d'intervento realizzate è più elevato fra i comuni non eligibili al finanziamento della Fondazione, sia prima sia dopo il 2007; inoltre, nei comuni finanziati dalla Fondazione risultano mediamente più frequenti, soprattutto dopo il 2007, gli interventi sul sistema di riscaldamento.

La tabella 3.2 analizza i costi degli interventi, riportando i valori medi degli investimenti effettuati per tipologia di edificio, localizzazione e periodo di realizzazione. La tabella mostra, anzi tutto, che nell'ultimo decennio i comuni hanno investito mediamente €52.000 per edificio. Rapportando gli investimenti complessivi ai soli edifici oggetto di almeno un intervento, la somma sale a circa €223.000, valori non molto dissimili per interventi realizzati nei diversi intervalli temporali analizzati. Inoltre, considerando la localizzazione degli edifici, in tutti gli intervalli temporali analizzati si riscontrano investimenti più elevati nei comuni non eligibili. Non bisogna comunque trascurare che tale differenziale potrebbe essere determinato da politiche d'incentivazione differenti da parte delle regioni: a questo proposito si possono richiamare i significativi contributi per la riqualificazione energetica degli edifici comunali erogati dalla provincia autonoma di Trento.

Tabella 3.2 - Investimento medio per interventi di riqualificazione energetica per tipologia di edificio e localizzazione

Tipologia di edificio	Tutti gli edifici	Solo edifici soggetti a intervento			
		Totale	Solo interventi prima del 2007	Solo interventi dopo il 2007	Interventi sia prima, sia dopo il 2007
Tutti i comuni					
Municipio o uffici	29.028	137.651	106.286	121.597	229.976
Scuola o asilo	90.230	246.763	220.216	274.481	213.289
Impianto sportivo	37.541	163.682	258.163	144.136	116.179
Residenza sanitaria assistenz.	54.439	239.533	188.000	293.667	10.000
Centro ricreativo	16.795	218.339	226.500	221.866	120.000
Altro	39.054	285.123	362.357	227.336	438.463
Totale	52.175	223.341	227.308	219.396	223.784
Fuori dal territorio della Fondazione					
Municipio o uffici	50.587	256.485	164.167	192.889	518.417
Scuola o asilo	162.891	513.288	460.992	679.783	171.360
Impianto sportivo	64.871	343.708	500.000	271.081	-
Residenza sanitaria assistenz.	187.500	375.000	95.000	515.000	-
Centro ricreativo	14.258	211.500	266.000	102.500	-
Altro	58.661	573.570	377.940	706.214	606.667
Totale	84.461	438.142	354.005	511.164	312.537
Nel territorio della Fondazione, non finanziati					
Municipio o uffici	21.270	115.958	84.993	118.751	168.000
Scuola o asilo	60.113	159.968	109.043	159.286	221.840
Impianto sportivo	31.891	131.429	188.620	110.919	183.000
Residenza sanitaria assistenz.	29.643	207.500	500.000	160.000	10.000
Centro ricreativo	14.609	181.571	260.000	168.500	-
Altro	21.790	149.969	104.059	167.059	-
Totale	35.387	149.347	120.166	145.248	207.000
Nel territorio della Fondazione, finanziati					
Municipio o uffici	21.049	88.990	79.816	86.917	106.385
Scuola o asilo	74.077	192.079	209.807	169.271	225.500
Impianto sportivo	24.446	100.048	100.548	102.611	27.084
Residenza sanitaria assistenz.	19.731	102.600	125.000	87.667	-
Centro ricreativo	21.084	255.640	35.000	315.020	120.000
Altro	36.212	233.626	470.800	88.976	337.541
Totale	43.799	170.758	225.584	136.607	195.339

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013



La figura 3.5 analizza le ragioni per cui, in alcuni edifici soggetti ad audit, non sono stati poi realizzati interventi di riqualificazione energetica.

Nel complesso, il motivo prevalente (63% degli edifici) è la mancata disponibilità delle risorse necessarie a realizzare gli interventi dopo avere svolto l'*audit*. Seguono a notevole distanza le altre tre possibili cause: nel 18% dei casi gli interventi non sono stati ritenuti prioritari; nell'11% il rispetto del Patto di Stabilità ha posto vincoli economici insormontabili, mentre solo nell'8% dei casi, dall'*audit* non è emersa la necessità di realizzare alcuna opera. Il dato relativo ai comuni finanziati con il bando ricalca in sostanza il dato medio. Fra i comuni esterni al territorio di riferimento della Fondazione, invece, la quota relativa alla valutazione di priorità sale fino al 54%, scende la quota relativa alla mancanza di risorse (44%) e si azzerava la percentuale relativa al Patto di Stabilità. Fra i comuni non finanziati, infine, si registra la quota massima (74%) di risposte relative alla mancanza di risorse.

Figura 3.5 - Motivi per la mancata realizzazione di interventi dopo l'audit

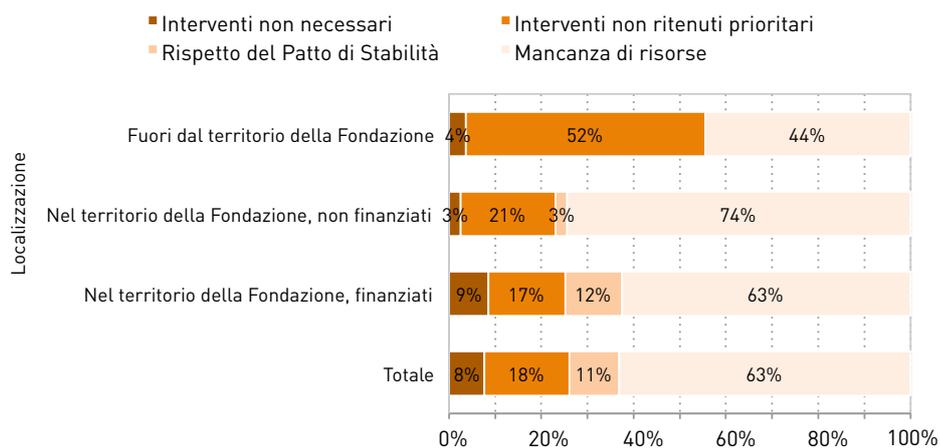
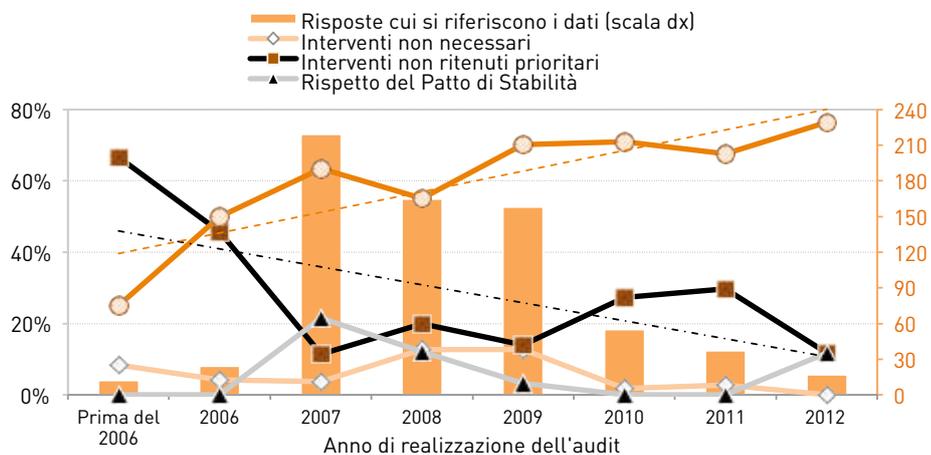


Figura 3.6 - Evoluzione dei motivi alla base della mancata realizzazione di interventi dopo l'audit



Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

Nella figura 3.6, le 4 tipologie di risposta sono distinte in base all'anno in cui è stato realizzato l'audit da cui non sono scaturiti gli interventi ed è inoltre evidenziato il numero di risposte totale cui si riferiscono i dati.

Osservando il grafico, si nota un andamento fortemente divergente delle motivazioni relative alla mancanza di risorse (in crescita) e delle priorità (in diminuzione). Ciò è probabilmente collegato alla contrazione dei trasferimenti dalle amministrazioni centrali a quelle comunali registratasi nel periodo. Si nota, invece un andamento più costante delle altre due tipologie di risposta, con picchi registrati nel 2007 e 2008 per la giustificazione legata al Patto di Stabilità e nel 2008 e 2009 per la mancata necessità.

Per concludere l'analisi descrittiva dei dati raccolti attraverso l'indagine sul campo, presentiamo brevemente i risultati relativi a due ulteriori aspetti collegati all'attuazione di politiche comunali a favore della sostenibilità energetica nel periodo 2007-2011: i) la partecipazione del personale comunale dell'ufficio tecnico a corsi di formazione su *Green Public Procurement*¹⁰, *Energy Management* o altre tematiche collegate alla sostenibilità ambientale (figura 3.7); ii) l'introduzione di criteri nel regolamento edilizio volti a favorire interventi migliorativi rispetto a quanto già previsto dalla normativa vigente in tema di efficienza energetica degli edifici (figura 3.8).

Nel complesso, circa il 9% dei comuni ha previsto la partecipazione del personale dell'ufficio tecnico a corsi di formazione su temi legati alla sostenibilità, con una media di circa 90 ore per addetto. Circa l'81% dei comuni non ha introdotto - nei propri regolamenti edilizi - incentivi né obblighi superiori rispetto a quelli vigenti, mentre quote pari, rispettivamente, al 5%, al 12% e al 2% ha introdotto obblighi, incentivi o entrambe le cose.

I comuni finanziati dalla Fondazione sul bando Audit manifestano alcune peculiarità: è più elevata la quota di comuni il cui personale ha partecipato ad attività formative (pari a circa il 12% - contro l'8,3% nei comuni non finanziati e il 5,6% nei comuni non eligibili) ed è notevolmente più elevato il valore medio delle ore di formazione ricevuta (pari a circa 130 - contro 34 e 19 negli altri due gruppi di comuni). E' inoltre più elevata la quota riferita ai comuni che hanno rafforzato gli obblighi nel regolamento edilizio (9% - contro il 3% fra i comuni non finanziati e al 2% fra i comuni non eligibili), ma risulta meno frequente l'introduzione di incentivi (7% - contro il 19% dei comuni non finanziati e l'11% dei comuni non eligibili). Risulta, infine, simile alla media degli altri due gruppi la quota di comuni che non ha introdotto alcun criterio.

I comuni finanziati mostrano quindi una maggiore propensione, in tema di sostenibilità ambientale, alle attività formative destinate al proprio personale tecnico e a scelte normative più orientate all'imposizione di vincoli rispetto alla definizione di schemi incentivanti.

1. Il quadro descrittivo dei risultati dell'indagine si può riassumere nelle tre affermazioni che seguono; la prima fa riferimento al periodo successivo al 2006, le altre due agli anni successivi al 2007:

¹⁰ Procedure di appalti secondo criteri ambientalmente ed energeticamente compatibili.

Figura 3.7 - Partecipazione del personale comunale dell'ufficio tecnico a corsi di formazione su temi legati alla sostenibilità ambientale fra il 2007 e il 2011

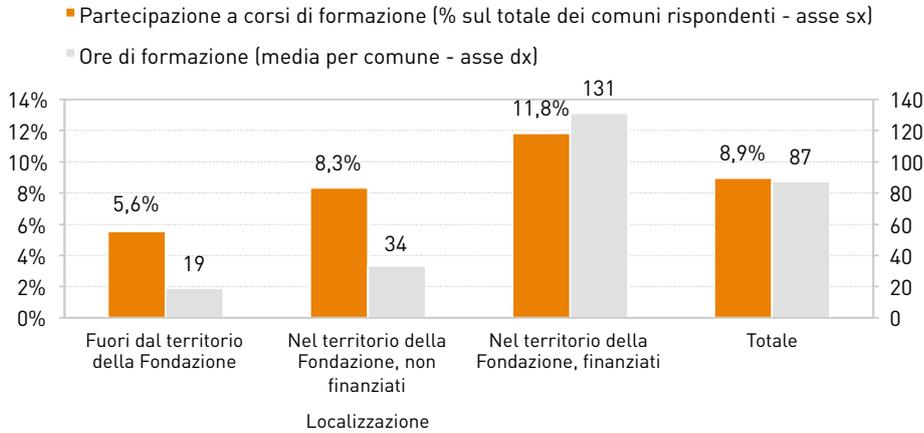
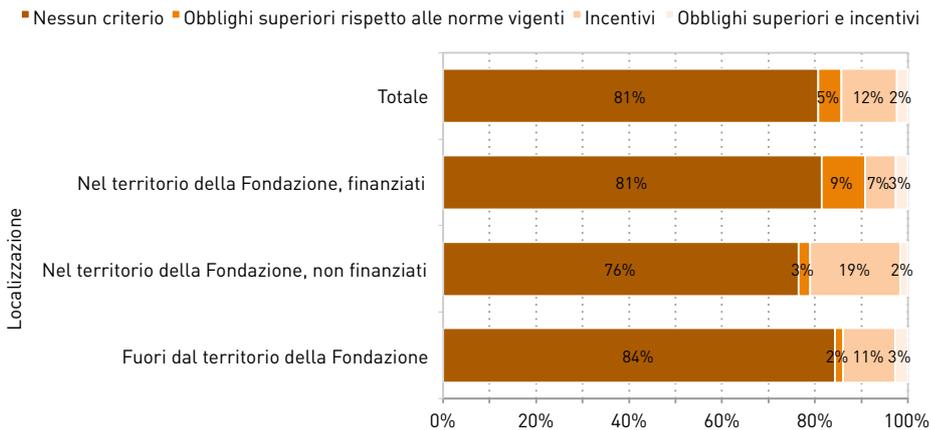


Figura 3.8 - Introduzione di criteri nel regolamento edilizio nel periodo 2007-2011



Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

2. i comuni finanziati sul bando Audit evidenziano una crescita della propensione a realizzare audit energetici sugli edifici di proprietà comunale notevolmente superiore a quella dei comuni non finanziati e non eligibili;
3. i comuni finanziati sul bando Audit evidenziano una crescita della propensione a realizzare interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà comunale solo leggermente superiore a quella dei comuni non finanziati e non eligibili;
4. i comuni finanziati sul bando Audit evidenziano un ammontare di investimenti finalizzati alla realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà comunale inferiore a quella dei comuni non finanziati e non eligibili;



Foto di Marta B

Obiettivo dei prossimi paragrafi è fornire elementi utili a corroborare - attraverso l'utilizzo delle tecniche statistiche illustrate nel capitolo 3 (metodo delle differenze nelle differenze, abbinamento statistico, regressioni lineari e modelli *probit*) - le evidenze empiriche descritte nel paragrafo precedente.

4.1 Le variabili utilizzate per le stime

Prima di entrare nel merito delle elaborazioni effettuate e dei loro risultati, ci sembra opportuno presentare un quadro generale delle variabili che sono state considerate rilevanti, all'interno dei modelli stimati¹¹. Anzi tutto, come evidenziato nella tabella 4.1, ricordiamo che per le elaborazioni sono state utilizzate due diverse unità di analisi: il singolo edificio, da un lato, e il singolo comune, dall'altro. In entrambi i casi si sono comunque considerate variabili che rappresentano caratteristiche degli edifici, sia grandezze collegate alle caratteristiche dei comuni, in ragione del fatto che entrambi gli aspetti possono essere considerati rilevanti per l'attuazione di politiche e interventi di riqualificazione energetica. Nel primo caso, infatti, appare ragionevole ipotizzare che la varietà degli edifici possa incidere sia sul loro fabbisogno e consumo energetico, sia sulla possibilità di conseguire un risparmio attraverso un intervento di riqualificazione. Nel secondo caso, invece, la variabilità delle caratteristiche dei comuni è collegata sia sull'ammontare delle risorse a disposizione per gli interventi, sia all'ordine di priorità che tali interventi possono ricoprire nell'agenda politica del comune.

In particolare, nel caso delle stime a livello di edificio si è tenuto conto della tipologia (costruendo 4 variabili dicotomiche di contrasto rispetto alla categoria "Municipio o altri uffici comunali", presa come punto di riferimento¹²), dell'anno di costruzione e della superficie calpestabile, della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica prima del 2006¹³ e delle spese sostenute per tali

11 Si rimanda all'appendice per l'elenco dettagliato dei modelli stimati.

12 Ognuna delle 4 variabili assume il valore "0" quando la tipologia dell'edificio è uguale a quella di riferimento, e il valore "1" quando, rispettivamente, la tipologia è uguale a una delle altre 4 previste ("Scuola o asilo", "Impianto sportivo", "Centro ricreativo", "Altro").

13 Non si è invece tenuto conto della realizzazione di audit energetici prima del 2006 in quanto tale circostanza si riferiva a soli 16 edifici, che sono stati esclusi dalle analisi.

Tabella 4.1 - Quadro sinottico delle variabili considerate nelle stime (regressioni, modelli probit, propensity score matching)

Variabili relative agli edifici	Stime dati disaggregati per edificio	Stime dati aggregati a livello comunale
Dummy relative alla tipologia di edificio	x	
Anno di costruzione dell'edificio	x	
Superficie calpestabile	x	
Realizzazione di interventi di riqualificazione energetica prima del 2006	x	
Spese sostenute per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica prima del 2006	x	
Valore medio dell'anno di costruzione degli edifici di proprietà del comune		x
Valore medio della superficie calpestabile degli edifici di proprietà dei comuni		x
Percentuale di edifici su cui sono stati realizzati interventi di riqualificazione energetica prima del 2006		x
Spese medie per comune, per interventi di riqualificazione energetica prima del 2006		x
Variabili relative ai comuni		
Popolazione (dato ISTAT 2011)	x	x
Appartenenza o meno ad una circoscrizione turistica	x	x
Dummy relative alla localizzazione geografica	x	x
Introduzione o meno di obblighi e/o incentivi a favore del miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici nel periodo 2007-2011	x	x
Numero di edifici non residenziali di proprietà comunale		x

interventi. Si è inoltre considerata una serie di variabili relative ai comuni in cui gli edifici erano situati: la popolazione rilevata dall'ISTAT nel 2011, l'appartenenza o meno del comune a una circoscrizione turistica (così come definita dall'ISTAT), la zona geografica di localizzazione del comune (anche in questo caso sono state costruite 4 variabili dicotomiche di contrasto rispetto alla categoria "Confine Ovest", presa come punto di riferimento), l'attuazione o meno di interventi normativi (introduzione di obblighi o di incentivi nel regolamento edilizio) volti a promuovere il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici sul territorio comunale.

Nel caso delle stime a livello di comune, le grandezze considerate sono state sostanzialmente le stesse, ma le variabili utilizzate per rappresentarle sono state ottenute come valori medi per comune delle variabili rilevate a livello di edificio. Infine, è stata considerata la variabile aggiuntiva relativa al numero di edifici di proprietà comunale.

4.2 I risultati a livello di singolo edificio

La tabella 4.2 presenta il quadro riepilogativo degli effetti stimati: le colonne rappresentano le diverse variabili di *output* considerate; le righe evidenziano i due termini di paragone utilizzati (comuni non eligibili e comuni non finanziati¹⁴) e le diverse metodologie adottate; all'interno di ogni cella è riportata la stima dell'effetto.

Ogni cella è contrassegnata in ragione del livello di significatività statistica (così come essa è intesa convenzionalmente) della stima ottenuta, cioè in relazione alla probabilità di commettere un errore considerando il parametro stimato diverso da zero. In particolare: (***) quando le stime risultano altamente significative (in cui, cioè, la probabilità di errore è inferiore all'1%); (**) nei casi in cui le stime possono considerarsi significative (probabilità di errore inferiore al 5%); (*) quando le stime sono solo parzialmente significative (probabilità inferiore al 10%) e senza alcun segno nei casi in cui le stime non risultano statisticamente significative (probabilità superiore al 10%). La cella infine riporta il segno - se la stima relativa all'incrocio in questione fra variabile di *output*, metodologia e termine di paragone non è stata prodotta.

Come già ricordato in precedenza¹⁵, i metodi adottati per le stime sono il *Difference in Differences* (DID), la regressione lineare, la regressione *probit* e il *propensity score matching* (PSM). Per quanto riguarda quest'ultimo caso, i risultati presentati si riferiscono all'applicazione di 4 diverse tipologie di abbinamento (*matching*) in base alle quali:

1. ogni unità appartenente al gruppo dei trattati è confrontata con tutte le unità appartenenti al gruppo dei non trattati pesate, ciascuna, con un valore inversamente proporzionale alla differenza fra il loro *propensity score* e quello dell'unità trattata con cui sono confrontate (*kernel matching*);
2. ogni unità trattata è confrontata con tutte le unità non trattate con *propensity score* diverso da quello dell'unità trattata per un valore inferiore a una certa soglia¹⁶ (*radius matching*);
3. ogni unità trattata è confrontata con una sola unità non trattata, quella con il *propensity score* il più vicino (*nearest neighbor matching*);
4. ogni unità trattata è confrontata con le 10 unità non trattate con i *propensity score* più vicini (10 *nearest neighbors matching*).

In tutti e 4 i casi, inoltre, sono stati considerati solamente i casi relativi alle unità trattate e non trattate appartenenti al cosiddetto "*common support*" (supporto comune): sono cioè stati eliminati dall'analisi i casi relativi a quelle unità trattate per cui la probabilità di ricevere il trattamento (*propensity score*) era superiore al valore massimo della stessa probabilità registrato fra le unità appartenenti al gruppo di controllo.

¹⁴ Nel primo caso sono stati utilizzati i dati relativi a 2.374 edifici, nel secondo 2.416 osservazioni riferite ad altrettanti edifici.

¹⁵ Si veda il § 2.3.1

¹⁶ Nel nostro caso, tale soglia è stata fissata al livello convenzionale pari a 0,01. Ogni unità trattata è dunque stata confrontata solo con le unità non trattate che avevano una probabilità a priori di ricevere il trattamento minore o maggiore dell'unità trattata in misura pari, al massimo, all'1%.



Tabella 4.2 - Risultati delle stime ottenute utilizzando i dati disaggregati a livello di singolo edificio

Dati e metodologia utilizzati		Variabili di output			
		Probabilità di realizzare un <i>audit</i> su un edificio dopo il 2006	Variazione della probabilità di realizzare un intervento	Variazione delle spese medie per edificio (€)	
Termini di paragone	Comuni non eligibili Metodologia	Difference in difference (DID) senza variabili di controllo	53,1%***	3,0%	-32.731
		Probit su dati raggruppati ⁽¹⁾	54,9%***	-	-
		Regressione lineare su dati raggruppati ⁽¹⁾ + DID	-	3,2%	-36.053**
		Propensity Score Matching (PSM) (kernel) + DID	53,2%***	3,2%	-23.139
		PSM (radius) + DID	53,3%***	5,1%*	-23.027
		PSM (nearest neighbor) + DID	52,6%***	6,0%*	-8.604
	Comuni non finanziati Metodologia	Difference in difference (DID) senza variabili di controllo	43,2%***	1,0%	-6.845
		Probit su dati raggruppati ⁽¹⁾	46,1%***	-	-
		Regressione lineare su dati raggruppati ⁽¹⁾ + DID	-	2,7%	-7.568
		Propensity Score Matching (PSM) (kernel) + DID	41,8%***	2,5%	-7.753
		PSM (radius) + DID	42,3%***	1,6%	-652
		PSM (nearest neighbor) + DID	41,2%***	-1,4%	-1691
		PSM (10 nearest neighbors) + DID	41,6%***	1,7%	-5.806

Legenda: (***) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore all'1%; (**) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore al 5%; (*) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore al 10%; (-) Stima non prodotta

Nota: (1) = Nel calcolo degli errori standard è stato considerato il fatto che i dati sono raggruppati (per comune)

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

Anzi tutto, osserviamo che, in generale, gli effetti rilevati utilizzando quale gruppo di controllo i comuni non eligibili risultano mediamente più elevati e presentano livelli maggiori di significatività statistica. Inoltre, osservando le diverse variabili di *output*, appare evidente che solamente la prima colonna riporta sempre effetti ampi e significativi. Risulta quindi sempre significativo, mediamente pari al 48%¹⁷ l'effetto differenziale del bando Audit sulla probabilità di realizzare un *audit* dopo il 2006 (e anche sulla variazione di tale probabilità fra il periodo precedente e il periodo successivo, visto che prima del 2006 la probabilità era pari a 0). Riportando tale effetto medio alla percentuale media di edifici sottoposti ad *audit* dopo il 2006 nei comuni dei due gruppi di controllo considerati congiuntamente (pari a circa il 10%), possiamo concludere che il bando ha incrementato di circa 6 volte la propensione a realizzare *audit* energetici.

Tale risultato non sorprende, visto l'ammontare di risorse investito dalla Fondazione, ma non costituisce certo l'obiettivo finale del bando, che consisteva invece nel superamento di quegli ostacoli, legati alla carenza di conoscenze tecniche ed economiche, che impedivano ai comuni di mettere in pratica azioni concrete per l'aumento della sostenibilità energetica degli edifici comunali. Focalizzando l'attenzione su quest'ultimo aspetto, osservando le altre variabili di *output* inserite nella tabella, possiamo notare un effetto piuttosto ridotto: realizzare un *audit* aumenta di circa il 3% (in media) la probabilità di effettuare interventi di riqualificazione energetica dopo il 2007. La significatività statistica di tali effetti è inoltre mediamente bassa e variabile al variare della metodologia adottata. Insomma, se effetto c'è stato, sembra sia stato molto contenuto; così contenuto che la nostra indagine non ci fornisce elementi sufficienti per distinguere l'effetto da un semplice errore casuale di misurazione dovuto al campionamento.

Passando ai dati sugli investimenti, le elaborazioni evidenziano addirittura un effetto mediamente negativo sulla variazione delle spese per interventi di riqualificazione energetica dopo il 2007 (nell'ordine di circa 15.500 euro). Anche in questo caso, tuttavia, la significatività dei parametri stimati è mediamente inferiore alla soglia ritenuta accettabile, per cui non siamo in grado di concludere che gli effetti siano riconducibili al bando e non alla pura casualità.

4.3 I risultati a livello aggregato comunale

Nella tabella 4.3 sono riportati, infine, i risultati delle stime ottenute utilizzando i dati aggregati a livello comunale. Come in precedenza, la tabella mostra sulle righe i gruppi di controllo¹⁸ e le tecniche di stima e sulle colonne le variabili di

17 L'effetto medio è pari, in realtà, al 53,4% se il termine di paragone sono i comuni non eligibili al finanziamento della Fondazione, e al 42,7% se il confronto è con gli enti non finanziati. Tale differenza potrebbe essere interpretata, forse in modo non azzardato, come un effetto indiretto della sola partecipazione al bando e del conseguente avvicinamento alla tematica degli *audit* energetici come primo passo per affrontare il problema della sostenibilità energetica e ambientale del patrimonio immobiliare comunale.

18 In questo caso, le osservazioni utilizzate per il confronto con i comuni non eligibili sono 250, mentre i dati elaborati per il confronto con i comuni non finanziati si riferiscono a 259 comuni.



Tabella 4.3 - Risultati delle stime ottenute analizzando i dati aggregati a livello di comune

Dati e metodologia utilizzati		Variabili di output			
		Percentuale media di edifici sottoposti ad <i>audit</i> dopo il 2006	Variazione della percentuale media di edifici sottoposti ad interventi	Variazione delle spese medie per comune per la realizzazione di interventi (€)	
Termine di paragone	Comuni non eligibili Metodologia	Difference in difference (DID) senza variabili di controllo	53,4%***	4,2%	-254.776*
		Regressione lineare + DID	45,2%***	4,2%	-301.195**
		Propensity Score Matching (PSM) (kernel) + DID	45,7%***	0,8%	-257.027
		PSM (radius) + DID	47,2%***	2,2%	-546.596**
		PSM (nearest neighbor) + DID	40,9%***	0,6%	-698.089*
	Comuni non finanziati Metodologia	PSM (10 nearest neighbors) + DID	51,5%***	1,4%	-286.225
		Difference in difference (DID) senza variabili di controllo	45,3%***	1,4%	-40.947
		Regressione lineare + DID	41,4%***	2,6%	-75.446
		Propensity Score Matching (PSM) (kernel) + DID	41,0%***	2,2%	-83.783
		PSM (radius) + DID	42,6%***	-0,9%	-78.264
	PSM (nearest neighbor) + DID	45,3%***	3,0%	1.474	
	PSM (10 nearest neighbors) + DID	40,9%***	0,5%	-75.328	

Legenda: (***) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore all'1%; (**) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore al 5%; (*) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore al 10%

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013



Foto di Simone Ramella

output; i simboli all'interno delle celle hanno lo stesso significato spiegato in precedenza.

Gli effetti stimati sono molto simili a quelli già visti in termini di magnitudine e significatività. Solamente le stime relative alla variazione delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica successivi al 2007 evidenziano valori assoluti più elevati, in ragione del fatto che, in questo caso, è riportato il dato medio complessivo per comune, mentre in precedenza era riportato il dato medio per edificio. Il livello di significatività rimane sempre elevato per le stime relative alla realizzazione degli *audit*, sempre al di sotto della soglia di accettabilità per quelle riferite alla percentuale di edifici sottoposti a interventi e piuttosto variabile, ma mai altamente significativo, nel caso delle stime riferite alla variazione del livello di investimenti in riqualificazione. Le considerazioni esposte con riferimento all'analisi precedente risultano quindi sostanzialmente confermate e rafforzate dall'utilizzo del singolo comune come unità di analisi.

4.4 Un ultimo spunto per la riflessione

Aver realizzato *audit* energetici su un numero molto più elevato di edifici non sembra quindi aver portato i comuni finanziati a realizzare più interventi di riqualificazione energetica rispetto ai comuni dei due gruppi di controllo. Ciò significa forse che la realizzazione di *audit* non ha favorito in alcun modo la propensione a realizzare interventi?

La tabella 4.4 risponde, in parte, a questa domanda evidenziando i risultati di alcune stime volte a rilevare, a prescindere dal fatto che l'*audit* fosse finanziato dalla Fondazione Cariplo, se la sua realizzazione abbia avuto qualche effetto sulla variazione della probabilità di realizzare interventi. I dati utilizzati per le stime sono, in questo caso, solo quelli disaggregati a livello di singolo edificio e la tabella mostra risultati distinti in base a 3 diversi insiemi di dati analizzati (tutti i comuni rispondenti, solo i comuni finanziati, solo i comuni non eligibili o non finanziati),

Come si vede dalla prima parte della tabella, la realizzazione di un *audit* di un edificio ha prodotto, in media, una variazione positiva (pari a circa l'8%) della

Tabella 4.4 - Effetto della realizzazione di un audit sulla variazione successiva al 2007 della probabilità di realizzare un intervento di riqualificazione energetica

Territorio analizzato	Metodologia	Effetto stimato	Standard Error	Probabilità di errore ritenendo l'effetto diverso da zero	Osservazioni	Comuni
Tutti i comuni rispondenti	<i>Difference in difference</i> (DID) senza variabili di controllo	4,5%***	1,7%	0,7%	3.543	380
	Regressione lineare su dati raggruppati ⁽¹⁾ + DID	8,9%***	2,7%	0,1%	3.294	371
	<i>Propensity Score Matching</i> (PSM) (<i>kernel</i>) + DID	9,3%***	2,1%	0,0%	3.278	370
	PSM (<i>radius</i>) + DID	9,9%***	2,2%	0,0%	3.278	370
	PSM (<i>nearest neighbor</i>) + DID	7,9%***	2,9%	0,7%	3.278	370
	PSM (<i>10 nearest neighbors</i>) + DID	10%***	2,3%	0,0%	3.278	370
Comuni finanziati	<i>Difference in difference</i> (DID) senza variabili di controllo	2,9%	2,5%	23,8%	1.631	152
	Regressione lineare su dati raggruppati ⁽¹⁾ + DID	5,7%*	3,2%	7,1%	1.520	151
	<i>Propensity Score Matching</i> (PSM) (<i>kernel</i>) + DID	5,4%*	3,1%	8,2%	1.512	151
	PSM (<i>radius</i>) + DID	6,2%*	3,2%	5,6%	1.512	151
	PSM (<i>nearest neighbor</i>) + DID	4,2%	3,8%	27,6%	1.512	151
	PSM (<i>10 nearest neighbors</i>) + DID	6,1%*	3,2%	6,2%	1.512	151
Comuni non finanziati o non eligibili	<i>Difference in difference</i> (DID) senza variabili di controllo	11,3%***	3,1%	0,0%	1.912	228
	Regressione lineare su dati raggruppati ⁽¹⁾ + DID	18,1%***	6,8%	0,8%	1.774	220
	<i>Propensity Score Matching</i> (PSM) (<i>kernel</i>) + DID	17,3%***	4,9%	0,0%	1.776	219
	PSM (<i>radius</i>) + DID	17,6%***	6,0%	0,4%	1.776	219
	PSM (<i>nearest neighbor</i>) + DID	21,6%***	8,3%	0,9%	1.776	219
	PSM (<i>10 nearest neighbors</i>) + DID	17,7%***	6,4%	0,6%	1.776	219

Legenda: (***) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore all'1%; (*) Coefficiente significativamente diverso da zero - probabilità di commettere un errore considerando il parametro diverso da zero inferiore al 10%;

Nota: (1) = Nel calcolo degli errori standard è stato considerato il fatto che i dati sono raggruppati (per comune)

Fonte: Indagine Fondazione Cariplo, 2013

probabilità di compiere, sullo stesso edificio, un intervento di riqualificazione energetica. Tale incremento, però, risulta molto più elevato (e anche statisticamente più significativo) per l'insieme dei comuni dei due gruppi di controllo (effetto medio pari al 17% circa, sempre altamente significativo) rispetto all'insieme dei comuni finanziati (effetto medio pari al 5%, più o meno significativo a seconda della metodologia di stima adottata).

Considerando la quantità di *audit* realizzati nei due casi, sembrerebbe quindi di poter rilevare una sorta di "rendimento marginale decrescente" degli *audit*, associato, probabilmente, al fatto che una buona parte degli *audit* aggiuntivi realizzati grazie al contributo della Fondazione non fossero realmente inseriti in una strategia finalizzata alla realizzazione di opere di riqualificazione energetica, ma piuttosto stimulate dal bando (e dall'iniziativa dei consulenti che hanno promosso e supportato la partecipazione dei comuni al bando). In un contesto generalizzato di contrazione delle risorse disponibili, da solo, l'*audit*, non sembra quindi sufficiente a stimolare la realizzazione di interventi di riqualificazione.



Foto di David McKelvey

In estrema sintesi, le domande cui la presente ricerca ha cercato di fornire elementi utili per la definizione di una risposta sono le seguenti:

- I comuni che hanno beneficiato del sostegno della Fondazione Cariplo sul bando Audit avrebbero realizzato comunque gli *audit* energetici, anche senza il contributo della Fondazione?
- In ragione del sostegno ricevuto per la realizzazione degli *audit* sui propri edifici, i comuni hanno mostrato un aumento della loro propensione a realizzare interventi di riqualificazione energetica?
- A seguito del supporto economico ricevuto per la realizzazione di *audit*, i comuni hanno aumentato le risorse investite nella realizzazione di interventi di riqualificazione energetica?

I risultati raccolti attraverso l'indagine svolta presso i comuni spingono a ritenere che per tutte e tre le domande la risposta possa essere negativa. Emerge, infatti, in modo abbastanza evidente che la partecipazione (con esito positivo) al bando Audit abbia causato un notevole incremento (nell'ordine di circa 6 volte) della probabilità che un edificio comunale fosse sottoposto ad *audit*. Senza il bando, quindi, appare ragionevole ritenere che gli edifici sottoposti ad *audit* energetici sarebbero stati un numero significativamente minore.

A fronte di tale notevole incremento, però, né la probabilità che su tali edifici si realizzassero interventi di riqualificazione energetica, né il conseguente investimento economico sembra siano ancora cresciuti in modo significativo, cioè in misura tale da poter ritenere (con un elevato grado di fiducia) che la (piccola) variazione registrata (positiva nel primo caso e negativa nel secondo) non sia dovuta semplicemente al caso.

Il percorso immaginato dalla Fondazione in sede d'ideazione del bando, cioè che l'aumento della conoscenza tecnico-economica delle amministrazioni comunali avrebbe favorito una più efficace azione volta all'aumento della sostenibilità energetica degli edifici di loro proprietà, non sembra quindi - probabilmente anche a causa della contestuale riduzione delle risorse disponibili per gli investimenti dei comuni e i vincoli posti dal patto di stabilità - ancora pienamente realizzato.

Anche in ragione di tali considerazioni, oltre che in seguito a un'analisi più generale dello scenario attuale e della sua prevedibile evoluzione, la Fondazione ha quindi deciso di indirizzare la propria azione in questo campo verso un nuovo strumento che mira più decisamente a promuovere l'accesso dei comuni alle risorse finanziarie stanziolate dalle istituzioni nazionali, comunitarie e internazionali per aumentare la sostenibilità energetica degli enti locali.



Foto di Alessandro Oblot



Foto di Samuele Ghilardi

I modelli stimati utilizzando dati disaggregati a livello di singolo edificio

Equazione modello 1: **probit** su dati raggruppati (con calcolo degli errori standard che tiene conto del raggruppamento) (+ DID)

La probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c sia stato sottoposto ad *audit* dopo il 2006 $P(AU_{e,c}^{2006})$ è funzione:

- della realizzazione di un *audit* sull'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006¹⁹ (AU_E^{2006});
- della destinazione d'uso dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($U_{e,c}$);
- dell'anno di costruzione dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($A_{e,c}$);
- delle dimensioni (in termini di superficie calpestabile) dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($S_{e,c}$);
- della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($INT_{e,c}^{2006}$);
- dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($CINT_{e,c}^{2006}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (in cui l'edificio e è situato) (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c (in cui l'edificio e è situato) a una circoscrizione turistica²⁰ (CT_c);

19 Considerando che i soli 3 edifici su cui era stato realizzato un *audit* prima del 2006 non sono stati considerati nell'analisi, tale variabile è in realtà stata omessa dall'analisi e la probabilità stimata è anche uguale alla variazione successiva all'anno 2006 della probabilità di realizzare un *audit*.

20 Tale variabile rappresenta un'approssimazione utilizzata per catturare l'influenza del volume di entrate raccolte dal comune in cui l'edificio è situato. A parità di popolazione, infatti, si può ipotizzare che le entrate siano maggiori per i comuni situati in località turistiche in cui sono presenti più "secondo case", che generano entrate attraverso l'Imposta Comunale sugli Immobili).



- della localizzazione geografica²¹ del comune c (in cui l'edificio e è situato) (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali²² del comune c (in cui l'edificio e è situato) (NV_c);
- **del finanziamento del progetto di *audit* presentato (anche) dal comune c (in cui l'edificio e è situato) a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo (FBFC).**

$$P(AU_{e,c}^{D06}) = f(U_{e,c}, A_{e,c}, S_{e,c}, INT_{e,c}^{P06}, CINT_{e,c}^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (1)$$

Equazione modello 2: DID + regressione lineare su dati raggruppati (con calcolo degli errori standard che tiene conto del raggruppamento):

La variazione successiva all'anno 2007 della probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c sia stato sottoposto ad almeno un intervento di riqualificazione energetica $P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07})$ è funzione:

- della destinazione d'uso dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($U_{e,c}$);
- dell'anno di costruzione dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($A_{e,c}$);
- delle dimensioni (in termini di superficie calpestabile) dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($S_{e,c}$);
- della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($INT_{e,c}^{P06}$);
- dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($CINT_{e,c}^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (in cui l'edificio e è situato) (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c (in cui l'edificio e è situato) a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (in cui l'edificio e è situato) (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (in cui l'edificio e è situato) (NV_c);
- **del finanziamento del progetto di *audit* presentato (anche) dal comune c (in cui l'edificio e è situato) a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo (FBFC).**

$$P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07}) = f(U_{e,c}, A_{e,c}, S_{e,c}, INT_{e,c}^{P06}, CINT_{e,c}^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (2)$$

21 Tale variabile rappresenta un'approssimazione utilizzata per catturare l'influenza delle caratteristiche climatiche e morfologiche del territorio all'interno ove è situato l'edificio. In particolare, nell'analisi si sono utilizzate 4 variabili *dummy* relative alle 5 zone identificate in fase di stratificazione del campione (l'area del "Confine Ovest" è stata utilizzata come termine di riferimento, cioè in quel caso tutte e 4 le *dummy* assumono un valore pari a 0).

22 Anche in questo caso, la variabile utilizzata rappresenta un'approssimazione, data dall'inserimento di maggiori obblighi e/o incentivi (rispetto alla normativa nazionale e regionale) all'interno del regolamento edilizio in vigore nel periodo 2007-2011.

Equazione modello 3: DID + regressione lineare su dati raggruppati (con calcolo degli errori standard che tiene conto del raggruppamento)

La variazione successiva all'anno 2007 dell'ammontare dei costi sostenuti per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e di proprietà del comune c $CINT_{e,c}^{D07} - CINT_{e,c}^{P07}$ è funzione:

- della destinazione d'uso dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($U_{e,c}$);
- dell'anno di costruzione dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($A_{e,c}$);
- delle dimensioni (in termini di superficie calpestabile) dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($S_{e,c}$);
- della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($INT_{e,c}^{P06}$);
- dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($CINT_{e,c}^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (in cui l'edificio e è situato) (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c (in cui l'edificio e è situato) a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (in cui l'edificio e è situato) (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (in cui l'edificio e è situato) (NV_c);
- **del finanziamento del progetto di *audit* presentato (anche) dal comune c (in cui l'edificio e è situato) a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).**

$$CINT_{e,c}^{D07} - CINT_{e,c}^{P07} = f(U_{e,c}, A_{e,c}, S_{e,c}, INT_{e,c}^{P06}, CINT_{e,c}^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (3)$$

Equazione modello 4: *probit* per il calcolo del *propensity score*

La probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c appartenga al gruppo di trattamento (sia, cioè, di proprietà di un comune finanziato dal bando Audit della Fondazione Cariplo) $P(T_{e,c})$ è funzione:

- della destinazione d'uso dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($U_{e,c}$);
- dell'anno di costruzione dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($A_{e,c}$);
- delle dimensioni (in termini di superficie calpestabile) dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($S_{e,c}$);
- della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($INT_{e,c}^{P06}$);
- dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($CINT_{e,c}^{P06}$);



- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (in cui l'edificio e è situato) (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c (in cui l'edificio e è situato) a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (in cui l'edificio e è situato) (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (in cui l'edificio e è situato) (NV_c);

$$P(T_{e,c}) = f(U_{e,c}, A_{e,c}, S_{e,c}, INT_{e,c}^{P06}, CINT_{e,c}^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c) \quad (4)$$

Equazioni modelli 5.1-5.4: secondo passaggio metodo **propensity score matching (+ DID)**

La probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c sia stato sottoposto ad *audit* dopo il 2006 $P(AU_{e,c}^{D06})$ è funzione:

- del valore della probabilità che l'edificio e (di proprietà del comune c) appartenga al gruppo di trattamento ($P(T_{e,c})$);
- del metodo di abbinamento prescelto²³ delle unità simili all'edificio e (di proprietà del comune c) ($MA_{e,c}$);
- **del finanziamento del progetto di *audit* presentato (anche) dal comune c (in cui l'edificio e è situato) a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo (FBFC).**

$$P(AU_{e,c}^{D06}) = f(T_{e,c}, MA_{e,c}, FBFC_c) \quad (5)$$

Equazione modelli 6.1-6.4: secondo passaggio metodo **propensity score matching + DID**

La variazione successiva all'anno 2007 della probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c sia stato sottoposto ad almeno un intervento di riqualificazione energetica $P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07})$ è funzione:

- del valore della probabilità che l'edificio e (di proprietà del comune c) appartenga al gruppo di trattamento ($P(T_{e,c})$);
- del metodo di abbinamento prescelto delle unità simili all'edificio e (di proprietà del comune c) ($MA_{e,c}$);



Foto Orsotv

23 In particolare, sono stati utilizzati 3 metodi di abbinamento, di cui il primo con una variante. Il primo metodo adottato è il cosiddetto *nearest neighbor* caso, in cui il confronto è stato svolto, per ogni unità trattata, rispetto all'unità non trattata più vicina in termini di *propensity score*, cioè di probabilità di ricevere il trattamento. Rispetto a tale metodo, si è anche adottata la variante per cui il confronto è stato esteso alle 10 unità più vicine. Il secondo metodo è il cosiddetto *radius matching*, in base al quale si sono considerate per il confronto solo le unità non trattate il cui *propensity score* aveva una distanza inferiore ad una certa soglia (pari a 0,01) rispetto a quello di ogni unità trattata. Nell'ultimo metodo adottato, il *kernel matching*, infine, ciascuna unità trattata è stata abbinata a tutte le unità non-trattate, pesate però in modo inversamente proporzionale alla distanza del loro *propensity score* da quello dell'unità trattata.

- del finanziamento del progetto di **audit** presentato (anche) dal comune c (in cui l'edificio e è situato) a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).

$$P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07}) = f(T_{e,c}, MA_{e,c}, FBFC_c) \quad (6)$$

Equazione modelli 7.1-7.4: secondo passaggio metodo **propensity score matching + DID**

La variazione successiva all'anno 2007 dell'ammontare dei costi sostenuti per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e di proprietà del comune c $CINT_{e,c}^{D07} - CINT_{e,c}^{P07}$ è funzione:

- del valore della probabilità che l'edificio e (di proprietà del comune c) appartenga al gruppo di trattamento ($P(T_{e,c})$);
- del metodo di abbinamento prescelto delle unità simili all'edificio e (di proprietà del comune c) ($MA_{e,c}$);
- del finanziamento del progetto di **audit** presentato (anche) dal comune c (in cui l'edificio e è situato) a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).

$$CINT_{e,c}^{D07} - CINT_{e,c}^{P07} = f(T_{e,c}, MA_{e,c}, FBFC_c) \quad (7)$$

Equazione modello 8.1-8.3: DID + regressione lineare su dati raggruppati (con calcolo degli errori standard che tiene conto del raggruppamento):

La variazione successiva all'anno 2007 della probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c sia stato sottoposto ad almeno un intervento di riqualificazione energetica $P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07})$ è funzione:

- della destinazione d'uso dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($U_{e,c}$);
- dell'anno di costruzione dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($A_{e,c}$);
- delle dimensioni (in termini di superficie calpestabile) dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($S_{e,c}$);
- della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($INT_{e,c}^{P06}$);
- dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($CINT_{e,c}^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (in cui l'edificio e è situato) (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c (in cui l'edificio e è situato) a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (in cui l'edificio e è situato) (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (in cui l'edificio e è situato) (NV_c);

- dell'insieme di comuni considerati per l'analisi²⁴ (IC);
- della realizzazione di un **audit energetico dopo il 2006 sull'edificio e (di proprietà del comune c ($AU_{e,c}^{D06}$)).**

$$P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07}) = f(U_{e,c}, A_{e,c}, S_{e,c}, INT_{e,c}^{P06}, CINT_{e,c}^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, IC, AU_{e,c}^{D06}) \quad (8)$$

Equazione modelli 9.1-9.3: probit per il calcolo dei **propensity score**

La probabilità che l'edificio e di proprietà del comune c appartenga al gruppo di trattamento (sia, cioè, stato oggetto di un *audit* energetico dopo il 2006) $P(T_{e,c})$ è funzione:

- della destinazione d'uso dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($U_{e,cf}$);
- dell'anno di costruzione dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($A_{e,cf}$);
- delle dimensioni (in termini di superficie calpestabile) dell'edificio e (di proprietà del comune c) ($S_{e,cf}$);
- della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($INT_{e,cf}^{P06}$);
- dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e (di proprietà del comune c) prima del 2006 ($CINT_{e,cf}^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (in cui l'edificio e è situato) (POP_{cf});
- dell'appartenenza (o meno) del comune c (in cui l'edificio e è situato) a una circoscrizione turistica (CT_{cf});
- della localizzazione geografica del comune c (in cui l'edificio e è situato) (LG_{cf});
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (in cui l'edificio e è situato) (NV_{cf});
- dell'insieme di comuni considerati per l'analisi (IC).

$$P(T_{e,c}) = f(U_{e,cf}, A_{e,cf}, S_{e,cf}, INT_{e,cf}^{P06}, CINT_{e,cf}^{P06}, POP_{cf}, CT_{cf}, LG_{cf}, NV_{cf}, IC) \quad (9)$$

Equazione modelli 10.1.1-10.3.4: secondi passaggi metodo **propensity score matching + DID**

La variazione successiva all'anno 2007 dell'ammontare dei costi sostenuti per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica dell'edificio e di proprietà del comune c $CINT_{e,c}^{D07} - CINT_{e,c}^{P07}$ è funzione:

- del valore della probabilità che l'edificio e (di proprietà del comune c) appartenga al gruppo di trattamento ($P(T_{e,c})$);

²⁴ Tale variabile assume tre valori distinti corrispondenti, rispettivamente, all'insieme di tutti i comuni rispondenti (valore 1), all'insieme dei soli comuni finanziati (valore 2), all'insieme dei comuni non finanziati e non eligibili (valore 3).

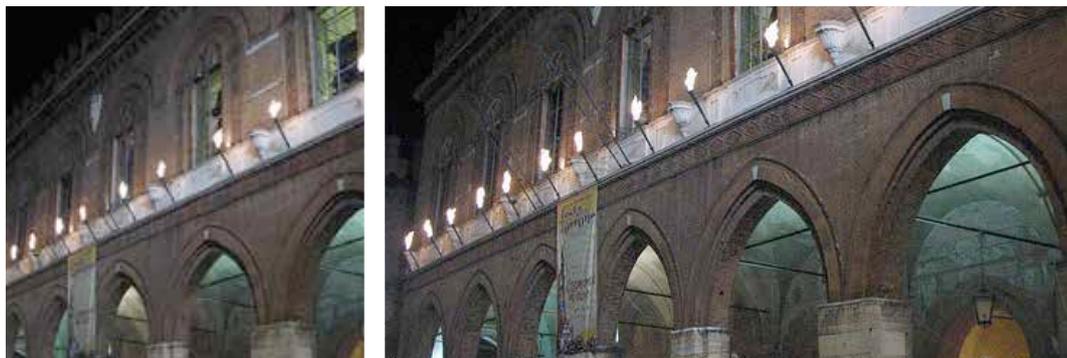


Foto di Francesco Spaceodyssey

- del metodo di abbinamento prescelto delle unità simili all'edificio e (di proprietà del comune c) ($MA_{e,c}$);
- dell'insieme di comuni considerati per l'analisi²⁵ (IC);
- della realizzazione di un **audit** energetico dopo il 2006 sull'edificio e (di proprietà del comune c) ($AU_{e,c}^{D06}$).

$$P(INT_{e,c}^{D07}) - P(INT_{e,c}^{P07}) = f(T_{e,c}, MA_{e,c}, IC, AU_{e,c}^{D06}) \quad (10)$$

I modelli stimati utilizzando dati aggregati a livello di singolo comune

Equazione modello 11: DID + regressione lineare

La percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposto ad *audit* dopo il 2006 $pcAU_c^{D06}$ è funzione:

- della percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposti ad *audit* prima del 2006²⁶ ($pcAU_c^{P06}$);
- del numero complessivo di edifici non residenziali di proprietà del comune c (NE_c);
- del valore medio dell'anno di costruzione degli edifici di proprietà del comune c (\bar{A}_c);

25 Tale variabile assume tre valori distinti corrispondenti, rispettivamente, all'insieme di tutti i comuni rispondenti (valore 1), all'insieme dei soli comuni finanziati (valore 2), all'insieme dei comuni non finanziati e non eligibili (valore 3).

26 Considerando che i soli 5 comuni in cui era stato realizzato un audit prima del 2006 non sono stati considerati nell'analisi, tale variabile è in realtà stata omessa dall'analisi e la percentuale stimata è anche uguale alla variazione successiva all'anno 2006 della percentuale di edifici sottoposti ad audit.

- del valore medio delle dimensioni degli edifici (in termini di superficie calpestabile) di proprietà del comune c (\bar{S}_c);
- della percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposti a interventi di riqualificazione energetica prima del 2006 ($pcINT_c^{P06}$);
- del valore complessivo dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà del comune c prima del 2006 ($CTINT_c^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (NV_c);
- **del finanziamento del progetto di *audit* presentato (anche) dal comune c a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).**

$$pcAU_c^{D06} = f(NE_c, \bar{A}_c, \bar{S}_c, pcINT_c^{P06}, CTINT_c^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (11)$$

Equazione modello 12: DID + regressione lineare

La variazione successiva al 2007 della percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposti a interventi di riqualificazione energetica

$pcINT_c^{D07} - pcINT_c^{P07}$ è funzione:

- del numero complessivo di edifici non residenziali di proprietà del comune c (NE_c);
- del valore medio dell'anno di costruzione degli edifici di proprietà del comune c (\bar{A}_c);
- del valore medio delle dimensioni degli edifici (in termini di superficie calpestabile) di proprietà del comune c (\bar{S}_c);
- della percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposti a interventi di riqualificazione energetica prima del 2006 ($pcINT_c^{P06}$);
- del valore complessivo dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà del comune c prima del 2006 ($CTINT_c^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (NV_c);

- del finanziamento del progetto di **audit** presentato (anche) dal comune c a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo (**FBFC**).

$$pcINT_c^{D07} - pcINT_c^{P07} = f(NE_c, \bar{A}_c, \bar{S}_c, pcINT_c^{P06}, CTINT_c^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (12)$$

Equazione modello 13: DID + regressione lineare

La variazione successiva al 2007 della spesa complessiva per investimenti in interventi di riqualificazione energetica di edifici di proprietà del comune c

$CTINT_c^{D07} - CTINT_c^{P07}$ è funzione:

- del numero complessivo di edifici non residenziali di proprietà del comune c (NE_c);
- del valore medio dell'anno di costruzione degli edifici di proprietà del comune c (\bar{A}_c);
- del valore medio delle dimensioni degli edifici (in termini di superficie calpestabile) di proprietà del comune c (\bar{S}_c);
- della percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposti a interventi di riqualificazione energetica prima del 2006 ($pcINT_c^{P06}$);
- del valore complessivo dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà del comune c prima del 2006 ($CTINT_c^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (NV_c);
- del finanziamento del progetto di **audit** presentato (anche) dal comune c a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo (**FBFC**).

$$CTINT_c^{D07} - CTINT_c^{P07} = f(NE_c, \bar{A}_c, \bar{S}_c, pcINT_c^{P06}, CTINT_c^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (13)$$

Equazione modello 14: **probit** per il calcolo del **propensity score**

La probabilità che il comune c appartenga al gruppo di trattamento (sia, cioè, stato finanziato dal bando Audit della Fondazione Cariplo) $P(T_c)$ è funzione:

- del numero complessivo di edifici non residenziali di proprietà del comune c (NE_c);
- del valore medio dell'anno di costruzione degli edifici di proprietà del comune c (\bar{A}_c);
- del valore medio delle dimensioni degli edifici (in termini di superficie calpestabile) di proprietà del comune c (\bar{S}_c);



- della percentuale di edifici di proprietà del comune c sottoposti a interventi di riqualificazione energetica prima del 2006 ($pcINT_c^{P06}$);
- del valore complessivo dell'ammontare delle spese per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà del comune c prima del 2006 ($CTINT_c^{P06}$);
- delle dimensioni (in termini di popolazione residente al 31/12/2011) del comune c (POP_c);
- dell'appartenenza (o meno) del comune c a una circoscrizione turistica (CT_c);
- della localizzazione geografica del comune c (LG_c);
- dell'attenzione alla sostenibilità energetica all'interno delle normative comunali del comune c (NV_c);

$$P(T_c) = f(NE_c, \bar{A}_c, \bar{S}_c, pcINT_c^{P06}, CTINT_c^{P06}, POP_c, CT_c, LG_c, NV_c, FBFC_c) \quad (14)$$

Equazioni modelli 15.1-15.4: secondo passaggio metodo **propensity score matching**

La percentuale di edifici di proprietà di un comune c sottoposti ad *audit* dopo il 2006 $pcAU_c^{D06}$ è funzione:

- del valore della probabilità che il comune c appartenga al gruppo di trattamento ($P(T_c)$);
- del metodo prescelto²⁷ di abbinamento delle unità simili al comune c (MA_c);
- **del finanziamento del progetto di *audit* presentato (anche) dal comune c a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).**

$$pcAU_c^{D06} = f(T_c, MA_c, FBFC_c) \quad (15)$$

Equazione modelli 16.1-16.4: secondo passaggio metodo **propensity score matching + DID**

La variazione successiva all'anno 2007 della percentuale di edifici di proprietà di un comune c sottoposti ad almeno un intervento di riqualificazione energetica ($pcINT_c^{D07} - pcINT_c^{P07}$) è funzione:

- del valore della probabilità che il comune c appartenga al gruppo di trattamento ($P(T_c)$);
- del metodo prescelto di abbinamento delle unità simili al comune c (MA_c);



Foto di Jose A. Jacl

²⁷ In particolare, sono stati utilizzati i seguenti 4 metodi di abbinamento: nearest neighbor, nearest neighbors (10), radius e kernel. Nel primo caso, il confronto è stato svolto, per ogni unità trattata, rispetto all'unità non trattata più vicina in termini di *propensity score*, cioè di probabilità di ricevere il trattamento. Nel secondo caso, il confronto è stato esteso alle 10 unità più vicine. Nel terzo caso, si sono considerate per il confronto solo le unità non trattate il cui *propensity score* aveva una distanza inferiore ad una certa soglia (pari a 0,01) rispetto a quello di ogni unità trattata. Nell'ultimo caso, ciascuna unità trattata è stata abbinata a tutte le unità non-trattate, pesate però in modo inversamente proporzionale alla distanza del loro *propensity score* da quello dell'unità trattata.

- del finanziamento del progetto di **audit** presentato (anche) dal comune c a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).

$$pcINT_c^{D07} - pcINT_c^{P07} = f(T_c, MA_c, FBFC_c) \quad [16]$$

Equazione modelli 17.1-17.4: secondo passaggio metodo **propensity score matching + DID**

La variazione successiva all'anno 2007 dell'ammontare complessivo dei costi sostenuti per la realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici di proprietà del comune c $CTINT_c^{D07} - CTINT_c^{P07}$ è funzione:

- del valore della probabilità che il comune c appartenga al gruppo di trattamento ($P\{T_c\}$);
- del metodo prescelto di abbinamento delle unità simili al comune c (MA_c);
- del finanziamento del progetto di **audit** presentato (anche) dal comune c a una delle 3 edizioni del bando Audit della Fondazione Cariplo ($FBFC_c$).

$$CTINT_c^{D07} - CTINT_c^{P07} = f(T_c, MA_c, FBFC_c) \quad [17]$$



Foto di Paolo Piccinini

Nella Collana **QUADERNI DELL'OSSERVATORIO** sono stati pubblicati i seguenti titoli, scaricabili sul sito www.fondazionecriplo.it/osservatorio.

Quaderno N.1 – Periferie, cultura e inclusione sociale

Quaderno N.2 – Il valore potenziale dei lasciti alle istituzioni di beneficenza

Quaderno N.3 – Stranieri si nasce...e si rimane?

Quaderno N.4 – Oltre la famiglia: strumenti per l'autonomia dei disabili

Quaderno N.5 – L'educazione finanziaria per i giovani

Quaderno N.6 – Ricerca scientifica in ambito biomedico

Quaderno N.7 – Servizi per l'infanzia

Quaderno N.8 – Assicurazione per persone con disabilità e loro famiglie

Quaderno N.9 – Progetti e politiche per la mobilità urbana sostenibile

Quaderno N.10 – Le organizzazioni culturali di fronte alla crisi

Quaderno N.11 – I Social Impact Bond

Quaderno N.12 – Lavoro e Psiche. Un progetto sperimentale per l'integrazione lavorativa di persone con gravi disturbi psichiatrici

Quaderno N.13 – Il bando "Audit energetico degli edifici di proprietà dei comuni piccoli e medi"

IL BANDO "AUDIT ENERGETICO DEGLI EDIFICI DI PROPRIETÀ DEI COMUNI PICCOLI E MEDI"
licensed under a Creative Commons Attribution Condividi allo stesso modo 3.0 Unported License.

doi: 10.4460/2014quaderno13





fondazione
c a r i p l o