

Allegato B - La fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica negli edifici residenziali della Provincia di Torino

L'analisi socio-economica

L'analisi socio-economica è stata basata sui dati relativi al censimento della popolazione e delle abitazioni del 2001, non disponendo ancora di informazioni più aggiornate. La metodologia potrà essere, tuttavia, facilmente replicabile per un progressivo aggiornamento e miglioramento dei risultati. L'analisi socio-economica è finalizzata all'identificazione di un coefficiente su base di sezione di censimento, che descriva il comportamento dei cittadini e la loro "disponibilità" e sensibilità alla realizzazione di interventi di efficientamento sul proprio edificio. Il coefficiente è stato calcolato costruendo ed utilizzando cinque parametri socio-economici, con intervallo 0-1. La scelta dei fattori è subordinata da un lato alle variabili statistiche rilevate durante il censimento e rese disponibili da ISTAT e dall'altro all'identificazione dei parametri più rilevanti che incidono sulle scelte economiche dei cittadini: il fattore anagrafico, il livello di istruzione, il livello reddituale e lo stato patrimoniale. La quinta variabile rappresenta viceversa un fattore esterno, che tuttavia influenza pesantemente l'analisi.

1. *Il fattore età (fe)*: calcolato dividendo la popolazione residente con età compresa tra 25 e 64 anni per la popolazione residente totale. Tale fattore rappresenta la popolazione con maggiore sensibilità ai temi energetici sia da un punto di vista anagrafico (una persona anziana è meno sensibile perché i tempi di ritorno dell'investimento sono spesso superiori ai dieci anni), sia da un punto di vista economico (i giovani e le persone anziane dispongono normalmente di entrate più limitate).
2. *Il fattore istruzione (fi)*: calcolato dividendo la popolazione residente con licenza di scuola media superiore o laurea per la popolazione residente totale; il livello di istruzione può determinare una diversa sensibilità ai temi ambientali e alle politiche energetiche.
3. *Il fattore occupazione (fo)*: calcolato dividendo la forza lavoro occupata per la popolazione residente in età attiva (15-64 anni); il tasso di occupazione incide in modo rilevante sulla capacità d'investimento dei cittadini.
4. *Il fattore proprietà (fp)*: calcolato dividendo il numero di abitazioni occupate in proprietà per il numero di abitazioni occupate totali; negli alloggi occupati da proprietari vi è una maggiore propensione all'investimento, rispetto alle abitazioni in affitto.

5. *Il fattore condominio (fc)*: calcolato dividendo il numero di edifici ad uso abitativo con numero di interni inferiore a due per il totale degli edifici ad uso abitativo; negli edifici condominiali la realizzazione di qualsiasi intervento è subordinata all'approvazione in sede assembleare.

	Fattore età (fe)	Fattore istruzione (fi)	Fattore occupazione (fo)	Fattore proprietà (fp)	Fattore condominio (fc)
Valor medio	0,58	0,33	0,93	0,55	0,59
Dev.standard	0,11	0,17	0,08	0,24	0,38

Tabella B.1- Il valor medio su base provinciale delle sezioni di censimento per i cinque fattori socio-economici considerati

L'analisi considera 10.858 sezioni di censimento in Provincia di Torino. In Tabella B.1 vengono riportati il valore medio provinciale e la deviazione standard dei parametri relativi alle sezioni di censimento. Per calcolare correttamente il coefficiente finale, frutto della composizione dei cinque fattori, essi devono essere normalizzati, ponendo tutti i valori medi pari a 0,5 per evitare che grandezze diverse incidano in modo differenziato sul fattore finale. L'occupazione, a titolo esemplificativo, ha un valor medio mediamente prossimo al 90% con una variabilità molto bassa su base provinciale; viceversa, il fattore "esterno" che descrive la struttura edilizia ripartisce quasi equamente gli edifici con meno di due alloggi dagli edifici condominiali, con una variabilità, in primo luogo di tipo spaziale, molto accentuata.

Ogni fattore, inoltre, assume un peso statistico diverso in funzione della sua capacità di incidere sul comportamento dei cittadini e sulla loro propensione alla realizzazione di interventi di efficientamento sul proprio edificio (Tabella B.2).

	Fattore età (fe)	Fattore istruzione (fi)	Fattore occupazione (fo)	Fattore proprietà (fp)	Fattore condominio (fc)
Peso	0,30	0,20	0,20	0,15	0,15

Tabella B.2- Peso per i cinque fattori socio-economici delle sezioni di censimento della Provincia di Torino

L'attribuzione dei pesi ha permesso di calcolare, per ciascuna sezione di censimento, l'indicatore di fattibilità F, il cui valore è compreso tra 0 ed 1:

$$F = 0,30 \cdot fe + 0,20 \cdot fi + 0,20 \cdot fo + 0,15 \cdot fp + 0,15 \cdot fc.$$

Allegato B

Considerando tutte le sezioni di censimento della Provincia di Torino, l'indicatore di fattibilità F ha un valor medio pari a 0,5 ed una deviazione standard di 0,08. Utilizzando questi due parametri statistici sono state costruite quattro classi di fattibilità:

- Classe 1. Inferiore alla media meno la deviazione standard: $F < 0,42$
- Classe 2. Compresa tra la media meno la deviazione standard e la media; $F = 0,42 - 0,50$
- Classe 3. Compresa tra la media e la media più la deviazione standard: $F = 0,50 - 0,58$
- Classe 4. Superiore alla media più la deviazione standard: $F > 0,58$.

In Figura B.3 sono rappresentate le percentuali di edifici ricadenti nelle quattro classi, per la Provincia di Torino e per il Comune di Torino. La classe prevalente è in entrambi i casi la classe media, seguita da quella alta. In Figura B.4 sono state rappresentate le classi di fattibilità per sezione di censimento. L'identificazione delle classi è finalizzata all'attribuzione di un set differenziato di interventi di riqualificazione energetica. Più elevata è la classe di fattibilità, maggiore è lo spettro di interventi realizzabili e quindi il potenziale di riduzione del fabbisogno energetico degli edifici residenziali. L'attribuzione dei pesi statistici non tiene in considerazione l'eventuale presenza di strumenti di incentivazione fiscale che favoriscono la realizzazione di alcuni degli interventi di seguito descritti, poiché l'analisi è finalizzata all'identificazione di obiettivi di risparmio energetico su base comunale di medio e di lungo periodo, non coerenti con politiche nazionali finora orientate alla stimolazione del mercato nel breve periodo.

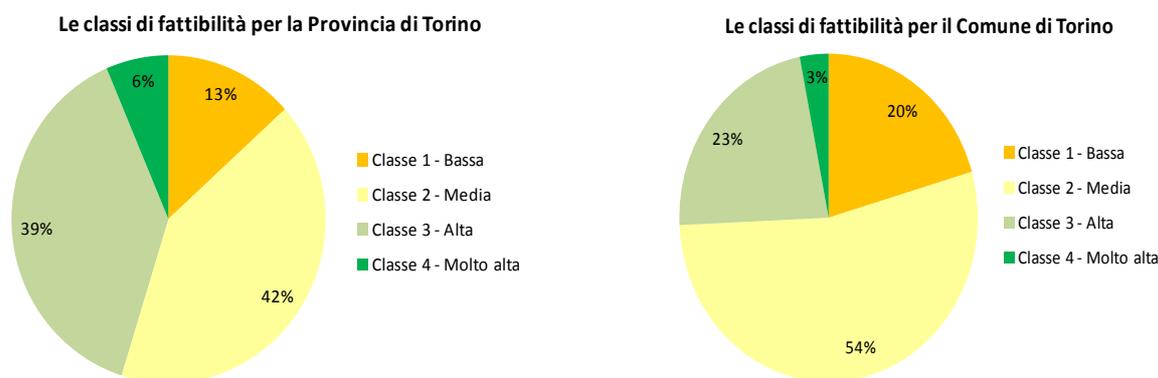


Figura B.3 - Percentuale di edifici per classi di fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica

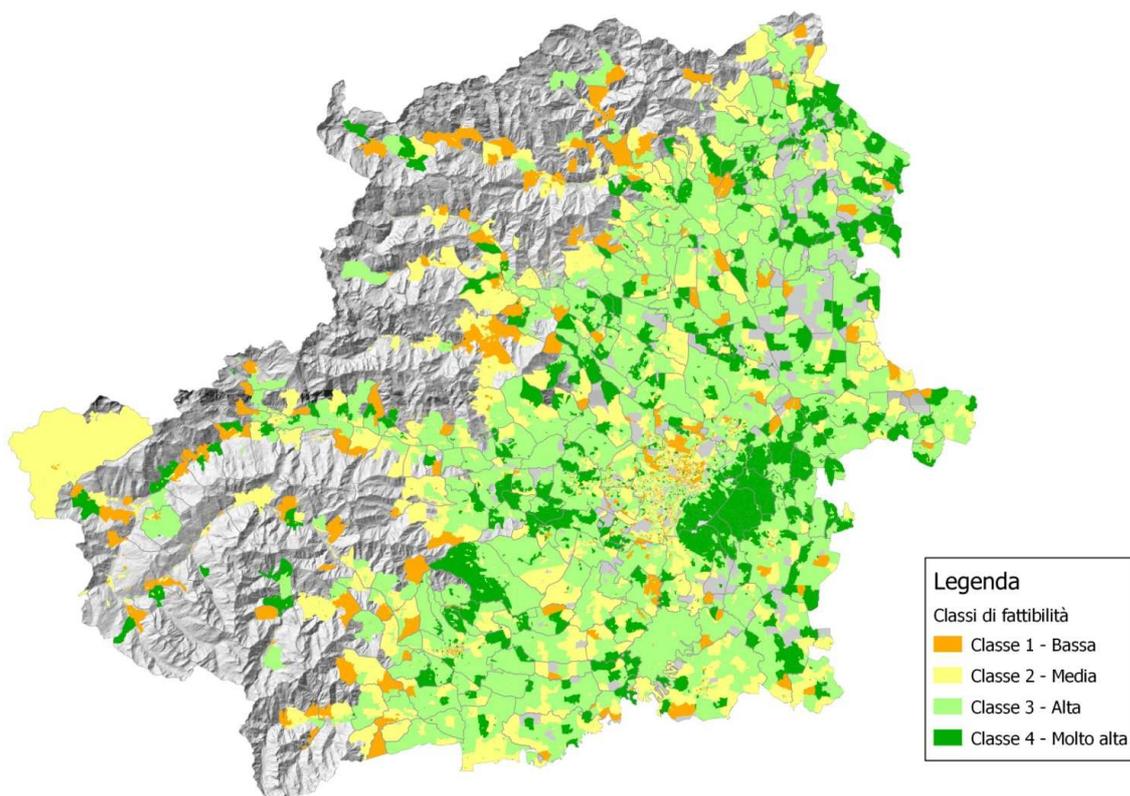


Figura B.4- La fattibilità degli interventi di riqualificazione energetica negli edifici residenziali

Gli interventi di riqualificazione energetica

Per ogni classe di fattibilità è stato individuato un set di interventi realizzabili, riportati in Tabella B.5. La scelta degli interventi è legata alle analisi condotte da ENEA in seguito all'introduzione della detrazione fiscale del 55% ed alla quantificazione delle domande di riqualificazione energetica raccolte contestualmente. Gli interventi rappresentano le principali modalità di riduzione del fabbisogno termico degli edifici, sia sul lato involucro (isolamento solaio, sottotetto e pareti verticali, sostituzione infissi), sia sul lato impianti (sostituzione della caldaia). Questi interventi non esauriscono ovviamente lo spettro delle soluzioni adottabili.

E' stata prevista la sola sostituzione degli infissi per la classe di fattibilità più bassa, per poi proseguire anche con la sostituzione della caldaia (classe 2). La classe 3 aggiunge anche l'isolamento termico della copertura e del solaio inferiore dell'edificio, mentre gli edifici ricadenti nella classe 4 eseguiranno una riqualificazione globale.

Si assume che tutti gli edifici residenziali ricadenti all'interno di una certa sezione di censimento, caratterizzata dall'applicazione di una delle quattro classi riportate in Figura B.5, sosterranno nel breve-medio o nel lungo periodo gli interventi di riqualificazione previsti. Ciò significa che gli interventi verranno realizzati in modo graduale. Queste assunzioni non intendono determinare in

modo automatico quali e quanti interventi saranno effettuati per sezione di censimento, bensì aspirano ad identificare su base territoriale obiettivi di risparmio energetico, anche in funzione del comportamento dei decisori finali, i cittadini.

Classe 1 ($F < 0,42$)	Sostituzione infissi	
Classe 2 ($0,42 \leq F < 0,5$)	Sostituzione infissi	+ Sostituzione caldaia
Classe 3 ($0,5 \leq F \leq 0,58$)	Sostituzione infissi	+ Isolamento sottotetto e solaio
Classe 4 ($F > 0,58$)	Sostituzione infissi	+ Isolamento sottotetto e solaio
	+ Sostituzione caldaia	+ Isolamento pareti verticali

Tabella B.5- Gli interventi di riqualificazione energetica associati alle quattro classi di fattibilità

L'effetto localizzativo

L'applicazione dell'indicatore di fattibilità dipende anche da alcune caratteristiche del territorio: le aree servite dalla rete del teleriscaldamento ed i centri storici. In entrambi questi ambiti gli interventi realizzabili sono limitati, rispetto a quelli indicati in Tabella B.5, per differenti ragioni. Nel caso delle aree teleriscaldate, non essendovi una caldaia condominiale bensì uno scambiatore di calore, non si potrà intervenire con la sostituzione della caldaia. Per i centri storici, invece, la limitazione consiste nella possibilità che sull'edificio insistano alcuni vincoli architettonici tali da rendere difficile la realizzazione di una cappottatura esterna dell'involucro edilizio.

In questo lavoro, per semplificazione, si è supposto che la stessa limitazione degli interventi realizzabili venga applicata a tutti gli edifici di una zona, nonostante nella pratica possano sussistere casistiche differenti. A titolo esemplificativo, un edificio localizzato all'interno di un'area teleriscaldata, potrebbe non essere allacciato alla rete; oppure, un edificio localizzato nel centro storico potrebbe non essere sottoposto a vincoli di alcun tipo.

In Figura B.6 si riporta un esempio dell'estensione dei centri storici e delle aree servite dal teleriscaldamento o teleriscaldabili nell'area metropolitana torinese.

Il fattore localizzativo incide in modo decisivo sugli interventi realizzabili: circa il 17% degli edifici residenziali della Provincia di Torino ricade all'interno di centri storici, mentre il 22% rientra in un ambito teleriscaldato o teleriscaldabile. In quest'ultimo caso, è molto forte l'incidenza del teleriscaldamento nell'area metropolitana torinese, che serve o servirà il 65% della popolazione complessiva della Provincia.

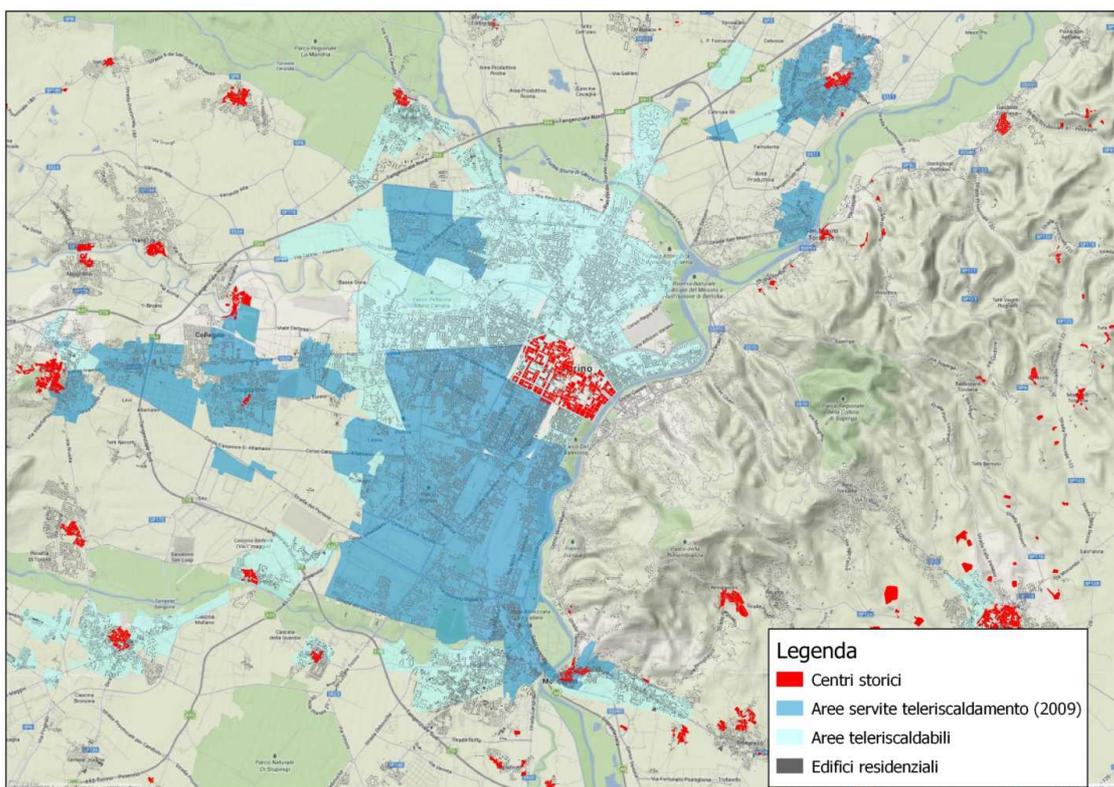


Figura B.6 - Identificazione dei centri storici e delle aree servite dal teleriscaldamento e teleriscaldabili nell'area metropolitana torinese (2009)

Il fattore localizzativo incide sull'applicazione degli interventi della Tabella B.5. Nel caso delle aree teleriscaldate, l'impossibilità di sostituire la caldaia determina la decadenza della classe 2 (sostituita dalla classe 1 e dalla classe 3) e la limitazione degli interventi della classe 4 (*). Nel caso di edifici ricadenti all'interno dei centri storici, la tendenziale difficoltà nel realizzare la cappottatura si traduce operativamente nella limitazione degli interventi della classe 4 (**). Infine, se l'edificio rientra sia all'interno del centro storico che nell'area teleriscaldata, le classi di fattibilità diventano solo 2, decadendo sia la classe 2, che la classe 4.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Classi di fattibilità	bassa	Media	Alta	molto alta
Intervallo iniziale	< 0,42	0,42-0,50	0,50-0,58	> 0,58
Teleriscaldamento	< 0,46	-	0,46-0,58	> 0,58*
Centri storici	< 0,42	0,42-0,50	0,46-0,58	> 0,58**
Centri storici e teleriscaldamento	< 0,46	-	≥ 0,46	-

Tabella B.7- Campo di variabilità dell'indicatore di fattibilità per individuare le quattro classi di fattibilità(*senza la sostituzione della caldaia, ** senza isolamento pareti verticali)

Valutazione del risparmio energetico

La valutazione del risparmio energetico conseguente all'applicazione degli interventi di riqualificazione sul parco edilizio esistente della Provincia di Torino è stata effettuata con riferimento ai dati di consumo reale, ottenuti dalle bollette energetiche ed a calcoli realizzati su alcuni edifici-tipo, rappresentativi di due tipologie costruttive, gli edifici uni-bifamiliari, con $S/V > 0,71$ (Tabella B.10) e gli edifici plurifamiliari, con $S/V \leq 0,71$ (Tabella B.9). Si è assunto, inoltre, che solo gli edifici plurifamiliari potessero essere allacciati alla rete del teleriscaldamento (Tabella B.8), risultando sconveniente da un punto di vista economico l'allaccio di edifici di piccole dimensioni. La distinzione della tipologia degli edifici in funzione del fattore di forma è ovviamente semplificativa ma trae spunto da alcune analisi già presenti in letteratura.

Le misure di riqualificazione energetica sono state calibrate in funzione dei requisiti che gli edifici devono soddisfare per poter accedere agli incentivi nazionali o regionali previsti dalle recenti disposizioni legislative. In particolare, a seguito dell'intervento di coibentazione termica, si ipotizza di conseguire i seguenti valori di trasmittanza termica U delle strutture edilizie:

- coperture: $U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- solai: $U = 0.23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- pareti verticali: $U = 0.23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;
- infissi: $U = 1.50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Il risparmio energetico conseguente alla coibentazione dell'involucro è stato quantificato in funzione dei valori di riferimento caratterizzanti ciascuna epoca di costruzione e legati da un lato alle tecniche costruttive e ai materiali utilizzati e dall'altro alle regolamentazioni vigenti, nel tempo sempre più stringenti. Per quanto riguarda invece la sostituzione della caldaia, si è ipotizzato un rendimento globale medio stagionale dell'impianto pari all'80% (in quanto si cambia la sola caldaia ma i restanti sottosistemi impiantistici rimangono quelli esistenti). In questo caso il risparmio energetico è conseguente al progressivo efficientamento della stessa caldaia, che consente di incrementare la quota di energia utile trasferita al fluido termovettore a parità di energia immessa.

Nelle tabelle successive è stata riportata la sintesi dei risparmi termici conseguibili considerando l'applicazione del fattore localizzativo.

% di risparmio EPgl ottenibile			
Epoca di costruzione	S/V ≤ 0.71 (TELERISCALDAMENTO)		
	Classe 1	Classe 3	Classe 4*
Fino al 1918	16,1%	32,5%	53,9%
Dal 1919 al 1945	16,1%	32,5%	53,9%
Dal 1946 al 1960	16,1%	26,8%	49,7%
Dal 1961 al 1970	16,1%	26,8%	49,7%
Dal 1971 al 1980	16,1%	26,8%	49,7%
Dal 1981 al 1990	6,5%	26,8%	49,7%
Dal 1991 al 2005	6,5%	11,9%	41,5%

Figura B.8- I risparmi ottenibili negli edifici plurifamiliari allacciati al teleriscaldamento (* senza la sostituzione della caldaia)

% di risparmio EPgl ottenibile					
Epoca di costruzione	S/V ≤ 0.71 (CALDAIA)				
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4 - centro storico**	Classe 4
Fino al 1918	17,7%	36,8%	39,4%	52,0%	70,0%
Dal 1919 al 1945	17,7%	36,8%	39,4%	52,0%	70,0%
Dal 1946 al 1960	17,7%	36,8%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1961 al 1970	17,7%	36,8%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1971 al 1980	17,7%	36,8%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1981 al 1990	6,0%	23,2%	32,2%	45,8%	65,2%
Dal 1991 al 2005	6,0%	23,2%	15,7%	27,9%	53,5%

Figura B.9- I risparmi ottenibili negli edifici plurifamiliari con caldaia (senza isolamento pareti verticali)**

% di risparmio EPgl ottenibile				
Epoca di costruzione	S/V > 0.71 (CALDAIA)			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Fino al 1918	16,5%	27,2%	63,4%	89,2%
Dal 1919 al 1945	16,5%	27,2%	63,4%	89,2%
Dal 1946 al 1960	16,5%	27,2%	55,4%	82,3%
Dal 1961 al 1970	16,5%	27,2%	55,4%	82,3%
Dal 1971 al 1980	16,5%	27,2%	55,4%	82,3%
Dal 1981 al 1990	24,8%	33,3%	55,4%	82,3%
Dal 1991 al 2005	24,8%	33,3%	52,4%	73,4%

Figura B.10- I risparmi ottenibili negli edifici mono e bi-familiari con caldaia

I risultati finali

Ciascun edificio residenziale della Provincia è stato parametrizzato in funzione della sua appartenenza o meno ad aree teleriscaldate o a centri storici (fattori localizzativi), della sezione del censimento corrispondente (fattore di fattibilità), del suo fattore di forma (calcolato con l'ausilio del software GIS) e dell'epoca di costruzione. Incrociando queste variabili, a ciascun edificio è stato attribuito il potenziale risparmio raggiungibile nel breve-medio e nel lungo periodo.

In Figura B.11 vengono rappresentati i risultati a scala di edificio: caratteristiche tipologiche, geometriche ed indicatori energetici. Il sistema informativo geografico open source utilizzato (QGIS Lisboa 1.8.0) consente infatti di elaborare valutazioni in campo energetico a scala provinciale, urbana, di quartiere o di edificio.

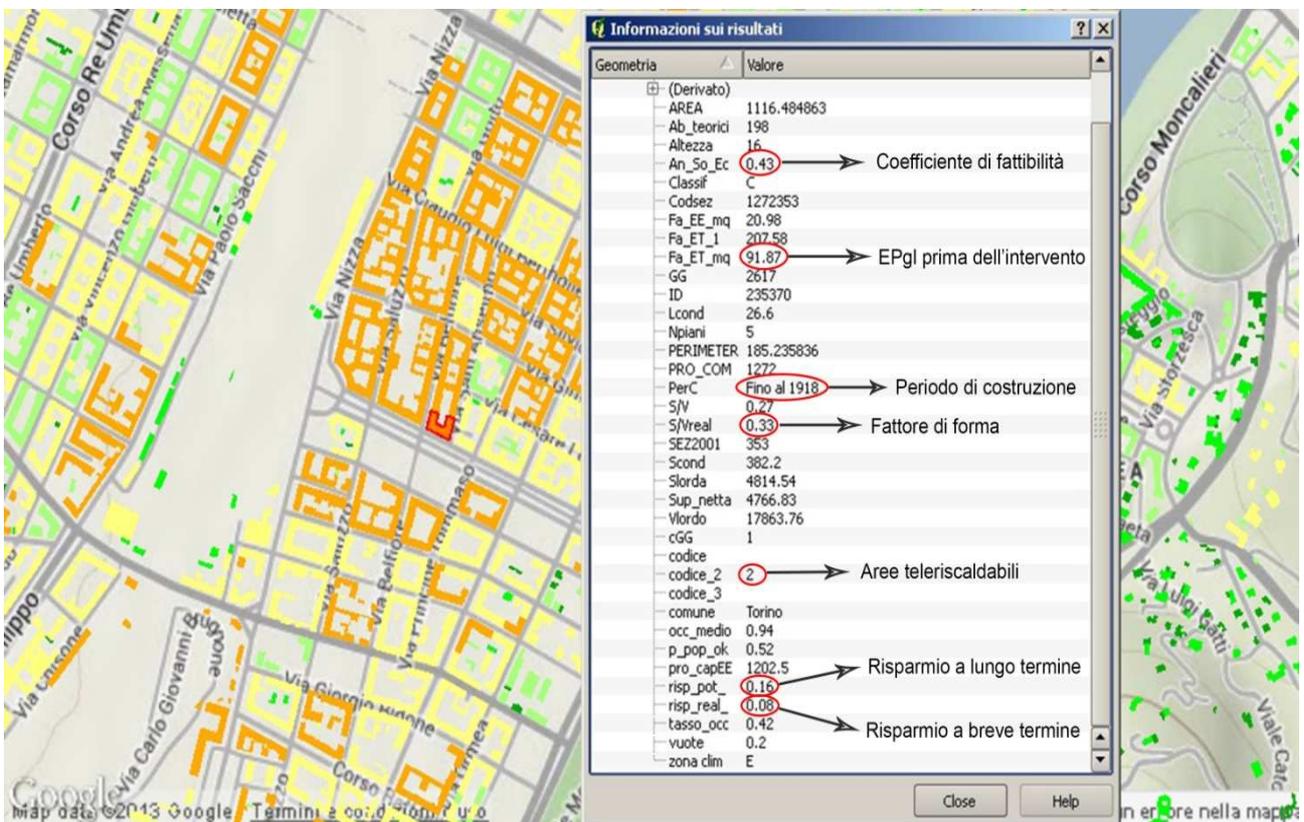


Figura B.11- Le informazioni tipologiche, geometriche e gli indicatori energetici (QGIS)