

CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI: CONFRONTO FRA FABBISOGNI TEORICI E CONSUMI REALI DI ENERGIA PRIMARIA PER RISCALDAMENTO

Stefano Corgnati – stefano.corgnati@polito.it

Politecnico di Torino, Dipartimento di Energetica (DENER), Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino – Italy

Cinzia Maga – cinzia.maga@polito.it

Marco Filippi – marco.filippi@polito.it

Abstract. *Lo sviluppo di metodologie per la certificazione energetica degli edifici è in atto con diverse modalità negli Stati Membri della Comunità Europea alla luce di quanto stabilito dalla Direttiva Europea 2002/91/EC, del 16 Dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia. In Italia, in particolare, sono presenti alcune procedure per la valutazione del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento ambientale sia per edifici nuovi che esistenti.*

Nel 2003, è stato avviato un programma di ricerca per la raccolta, l'elaborazione e l'analisi dei consumi di energia primaria per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria e di energia elettrica che ha riguardato un campione di 50 edifici multifamiliari di edilizia pubblica popolare in Torino (Italia).

Il consumo reale di energia primaria per il riscaldamento è stato ottenuto dalla lettura delle bollette del combustibile (relative agli ultimi 10 anni), mentre il fabbisogno teorico è stato calcolato sia con la metodologia descritta dalla norma UNI EN 832, "Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali", sia con la procedura a valenza nazionale Consip per la stima del consumo energetico per riscaldamento in edifici esistenti.

I consumi reali e teorici sono stati confrontati al fine di ottenere informazioni utili alla definizione di una procedura per la certificazione energetica degli edifici esistenti, in tema di consumi per riscaldamento ambientale.

Parole chiave: fabbisogno di energia per riscaldamento, valutazioni energetiche, consumi di combustibile, edifici esistenti, edifici multifamiliari.

1. INTRODUZIONE

La Direttiva Europea 2002/91/CE, inerente la Certificazione Energetica degli edifici, traccia le linee guida che gli Stati Membri devono adottare per garantire i minimi requisiti di prestazione energetica degli edifici, sia esistenti che in costruzione. La certificazione energetica riguarda i consumi di energia ai fini del riscaldamento, della produzione di acqua calda sanitaria, del condizionamento dell'aria e dell'illuminazione. E' previsto che i consumi effettivi di ciascun edificio siano resi "visibili" (così come avviene già avviene, per esempio, per gli elettrodomestici): ogni edificio dovrà quindi essere munito di un attestato di certificazione energetica, messo a

disposizione del potenziale acquirente o locatario dell'immobile. Questo certificato dovrà contenere informazioni sui consumi attuali e raccomandazioni per il loro contenimento in relazione al rapporto costi/benefici dei possibili interventi.

La Direttiva ha demandato a ciascuno degli Stati Membri il compito di predisporre, entro il 2006, le procedure per la certificazione energetica degli edifici e diversi paesi comunitari hanno già condotto significative esperienze su questa tematica: tra i primi la Danimarca, i Paesi Bassi e la Francia.

Rimane aperto nella comunità tecnico scientifica il dibattito su quale sia il metodo più efficace da applicare per la valutazione dei fabbisogni energetici caratteristici di un edificio ai fini di una sua certificazione. In particolare per gli edifici esistenti, occorre stabilire se la certificazione energetica deve essere basata su un calcolo teorico dei fabbisogni energetici oppure sul valore reale (contabilizzato) dei consumi di energia, oppure su una formula semi-empirica basata su entrambi. In ogni caso, la certificazione energetica dovrà caratterizzare l'edificio attraverso un indice (numerico o alfabetico) credibile, cioè il più possibile rappresentativo del comportamento energetico reale dell'edificio.

Lo studio presentato in questo lavoro affronta proprio questa problematica, focalizzando l'attenzione sui consumi per riscaldamento di 50 edifici multifamiliari di edilizia pubblica popolare. Per questi sono stati calcolati e confrontati i fabbisogni di energia termica per riscaldamento applicando due diversi metodi di calcolo (norma UNI EN 832 e metodo Consip) disponibili in Italia. I risultati ottenuti dal calcolo teorico sono quindi confrontati con i consumi reali degli stessi edifici desunti dalle bollette degli ultimi 10 anni di esercizio.

2. FABBISOGNO DI ENERGIA TERMICA DA CALCOLO TEORICO

2.1 Fabbisogno di energia termica secondo la norma UNI EN 832

La UNI EN 832 "Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali" (UNI EN 832, 2001), elaborata dal CEN TC 89, fornisce un metodo di calcolo per la valutazione del fabbisogno di energia per il riscaldamento di un edificio residenziale o di una parte di esso basato su un bilancio energetico in regime stazionario.

La metodologia proposta dalla UNI EN 832 è stata impiegata nel presente lavoro per il calcolo del fabbisogno di energia termica (Q_h) per il riscaldamento ambientale, la cui formulazione è riportata in eq. (1). Il Q_h è stato calcolato assumendo costante il regime di mantenimento della temperatura dell'aria interna (senza attenuazione o spegnimento dell'impianto) per le 24 ore giornaliere.

$$Q_h = (Q_l) - \eta \cdot (Q_g) \quad (1)$$

Al fine di rendere confrontabili i risultati derivanti dal calcolo secondo UNI EN 832 e secondo metodo Consip che sarà descritto nel paragrafo successivo, una volta valutato il valore di Q_h è stata ricavata, attraverso l'espressione in eq. (2), l'energia termica fornita al sistema di produzione Q_p , dividendo Q_h per il prodotto dei rendimenti di regolazione (η_c), di emissione (η_e) e di distribuzione (η_d), assunti convenzionalmente pari a 0,98.

$$Q_p = \frac{Q_h}{\eta_c \cdot \eta_e \cdot \eta_d} \quad (2)$$

E' stato quindi valutata l'energia termica specifica fornita al sistema di produzione, Q_{ps} attraverso l'espressione in eq. (3).

$$Q_{ps} = \frac{Q_p}{V} \cdot h \quad (3)$$

Inoltre, al fine di caratterizzare anche le dispersioni termiche per trasmissione attraverso l'involucro edilizio, è stato calcolato il valore di coefficiente di dispersione volumica per trasmissione C_d (D.P.R. 26 agosto 1993 n. 412), secondo la formula in eq. (4). Tale valore è stato confrontato con quello derivante dal calcolo con metodo Consip.

$$C_d = \frac{\Phi_d}{(V \cdot \Delta_t)} \quad (4)$$

2.2 Fabbisogno di energia termica secondo la procedura CONSIP

Consip è una struttura governativa che fornisce consulenza, assistenza e soluzioni informatiche per l'innovazione nella Pubblica Amministrazione. Nel 2003 tale struttura ha emesso un bando di gara riguardante la fornitura del servizio di riscaldamento per gli edifici della Pubblica Amministrazione sparsi sul territorio nazionale (CONSIP, Disciplinare della gara, 2003). In tale bando il fabbisogno di energia per il riscaldamento è calcolato mediante un parametro definito Fabbisogno Termico (FT), che analogamente a Q_p rappresenta l'energia termica fornita al sistema di produzione. La sua espressione, secondo Consip, è riportata in eq. (5): FT tiene conto delle caratteristiche termofisiche dell'edificio, del regime di funzionamento dell'impianto e dell'andamento climatico sulla base dei gradi giorno reali:

$$FT = 0.024 \cdot \rho \cdot \varepsilon \cdot \left(C_d + C_v - \frac{a_p}{24} \cdot \frac{A}{\rho \cdot \varepsilon \cdot V \cdot GG_r} \cdot H_{tot} \right) \cdot V \cdot GG_r \quad (5)$$

Similmente a Q_p , il Fabbisogno Termico è stato reso specifico, come riportato in eq. (6), al fine di renderlo confrontabile con il parametro Q_{ps} :

$$FT_s = \frac{FT}{V} \cdot h \quad (6)$$

Rispetto al calcolo del Q_h e Q_p condotto, il procedimento di calcolo dell'FT considera:

- il funzionamento intermittente, attraverso il fattore ρ e le effettive ore di funzionamento H_{tot} dell'impianto di riscaldamento;
- il gradiente termico, attraverso il coefficiente correttivo ε dei gradi giorno reali (aumenta all'aumentare dell'altezza media dei locali);
- i gradi giorno reali della località;
- non viene esplicitato il coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti (infatti la formula di calcolo dell'FT appare come una semplice differenza fra dispersioni ed apporti).

Altro aspetto singolare del metodo di calcolo proposto da Consip è la formula adottata per il calcolo del coefficiente di dispersione termica per trasmissione, C_d , riportata in eq. (7). In questo caso la formulazione proposta prescinde dal significato fisico del C_d , e si basa su una correlazione lineare multipla (ottenuta su base statistica da un campione di edifici esaminati) tra il C_d stesso e una serie di grandezze geometriche e termofisiche proprie dell'edificio.

$$Cd = -1.3463 + 1.8436 \frac{S}{V} + 0.0956 U_w + 0.2225 U_p + 0.1386 U_s + 0.6494 \frac{S_e}{S} + 0.8075 \frac{S_{we}}{S_e} - 0.3315 \frac{S_{pe}}{S_e} \quad (7)$$

Inoltre il metodo Consip stabilisce che per gli edifici residenziali si faccia riferimento ad un numero di ricambi ora pari a 0.5 (uno stesso numero di ricambi è stato adottato per il calcolo secondo UNI EN 832), mentre per tutte le altre destinazioni d'uso (secondo la classificazione prevista dal DPR 412/93) viene determinato sulla base delle ore di riscaldamento giornaliero, sull'indice di affollamento dei locali riscaldati e sulla portata di aria esterna nei locali riscaldati durante le ore di riscaldamento (entrambi ricavabili da tabella sulla base della destinazione d'uso dell'immobile).

Un altro aspetto che differenzia il metodo Consip da quanto proposto dalla vigente norma UNI EN 832 è il calcolo della costante di tempo termica dell'edificio (si rimanda ai documenti di descrizione dei due metodi segnalati in bibliografia per i dettagli): si fa comunque rilevare che, per i casi esaminati nel presente studio, le due procedure di calcolo hanno portato a risultati confrontabili.

3. CONSUMI DI ENERGIA TERMICA DA BOLLETTA

Per circa 30 edifici (campione totale pari a 50 edifici) sono stati raccolti i consumi di combustibile da bolletta degli ultimi 10 anni. Tali edifici sono serviti alcuni da impianti a metano, autonomi o centralizzati, altri sono allacciati alla rete di teleriscaldamento (cfr. par. 4, figura 2). I consumi di combustibile da bolletta sono stati anzitutto depurati dai consumi per produzione di acqua calda sanitaria (nel presente lavoro non sono stati considerati i consumi per cucina): dall'analisi delle bollette è stato stimato che il riscaldamento rappresenta circa il 75% dei consumi annui per residenze del campione. Questo dato è emerso dai casi in cui le due componenti del consumo (riscaldamento e acqua calda sanitaria) erano facilmente scindibili (per esempio il caso di riscaldamento centralizzato e produzione di acqua calda sanitaria con caldaie autonome); questo risultato è stato poi esteso anche agli altri edifici. La sua congruenza è stata inoltre verificata applicando metodi di stima del consumo di combustibile per a.c.s.

I consumi di combustibile per riscaldamento [$m^3 CH_4$] da bollette sono stati convertiti nei corrispondenti valori di energia primaria, CE^* [kJ o kWh]; questi valori sono poi stati riferiti alle condizioni climatiche convenzionali del sito, come riportato in eq. (10):

$$CE = CE^* \cdot \left(\frac{GG_c}{GG_r} \right) \quad (10)$$

Per ciascun edificio è stato valutato un unico valore di CE, attraverso la media aritmetica dei consumi degli ultimi 10 anni. Il valore ottenuto è stato successivamente diviso per il volume lordo riscaldato V dell'edificio e moltiplicato per l'altezza di interpiano h dell'edificio, come riportato in eq. (11), in modo da esprimere il CE in termini specifici (CE_s [kWh/m²a]):

$$CE_s = \frac{CE}{V} \cdot h \quad (11)$$

Nello studio condotto, gli eventuali errori nella stima dei consumi reali di energia primaria possono essere dovuti a:

- errata stima dei consumi per produzione di acqua calda sanitaria, per i casi in cui questi non erano scindibili da quelli per riscaldamento
- mancata stima dei consumi di gas per cucine, dove presenti

- incompletezza dei dati (eventuale presenta di alloggi sfitti nell'arco temporale considerato)

4. DESCRIZIONE DEL CAMPIONE DI EDIFICI

Il campione di edifici è costituito da 50 edifici residenziali multipiano costruiti fra il 1920 e il 1990, localizzati in Torino e comuni limitrofi. I dati caratteristici del campione vengono riportati di seguito:

- Il volume lordo riscaldato (V) ha un valore medio di 11918 m³ (in un intervallo compreso fra 1.115 m³ a 52.352 m³) e la distribuzione in frequenza è riportata in figura 1 (sinistra);
- Il rapporto di forma (S/V) ha un valor medio di 0,4 m⁻¹ ed è compreso fra 0,2 e 0,55 m⁻¹;
- La trasmittanza termica media dell'involucro ha un valor medio di 1,7 W/m²°C e la distribuzione in frequenza è riportata in figura 1 (destra);
- Le tipologie di impianti per il riscaldamento sono caldaiette autonome a gas, caldaia centralizzata a gas, teleriscaldamento e sistemi autonomi con stufe (in figura 2 –sinistra- viene riportata la distribuzione percentuale di tali tipologie)
- Le tipologie di impianti per la produzione di acqua calda sanitaria sono caldaiette autonome a gas, caldaia centralizzata a gas, caldaia centralizzata a energia elettrica, boiler elettrico autonomo e boiler autonomo a gas/elettrico (in figura 2 –destra- viene riportata la distribuzione percentuale di tali tipologie)

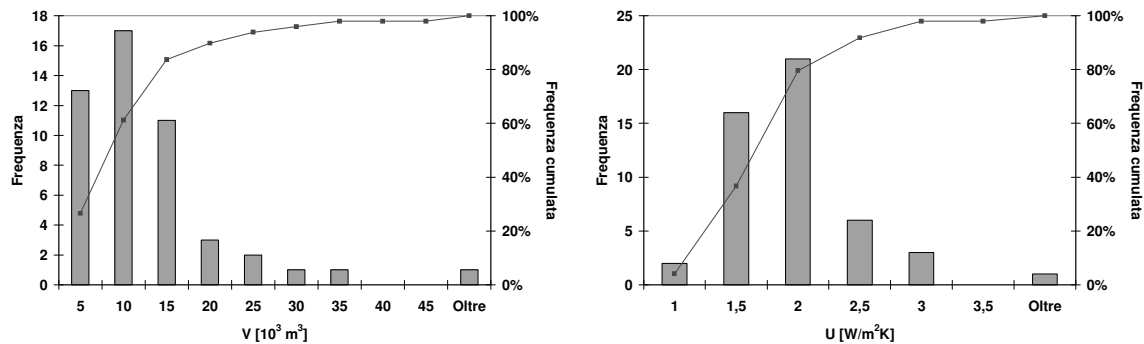


Figura 1- Distribuzione in frequenza del volume lordo riscaldato, V (sinistra) e della trasmittanza termica media dell'involucro edilizio, U (destra)

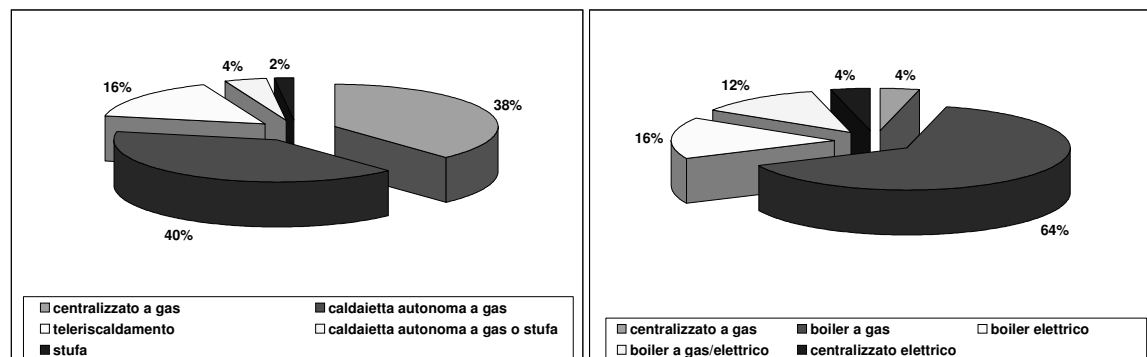


Figura 2- Distribuzione percentuale delle tipologie di impianto per riscaldamento (sinistra) e produzione di acqua calda sanitaria (destra)

5. RISULTATI

5.1 Confronto tra i fabbisogni di energia termica calcolati

Al fine di rendere confrontabili i valori di Q_{ps} (cfr. paragrafo 2.1) e di FT_s , il parametro FT_s è stato calcolato considerando un funzionamento continuo dell'impianto per 24 ore giornaliere (senza tenere quindi in considerazione l'intermittenza dell'impianto).

Inoltre, il confronto tra FT_s e Q_{ps} è stato condotto a parità di gradi giorno, adottando come input di calcolo i gradi giorno convenzionali del sito anche per FT_s .

È importante specificare che per il calcolo di FT (cfr. par. 2.2) si è assunto:

- S_e comprensiva della superficie equivalente dei solai verso sottotetto e verso vano cantina e delle pareti rivolte verso vano scala;
- S_{pe} comprensiva della superficie equivalente delle pareti rivolte verso vano scala.

La figura 3 illustra la correlazione esistente fra Q_{ps} e FT_s per tutti i 50 edifici del campione: la retta di correlazione dimostra che i due metodi portano a risultati confrontabili, con la differenza che il metodo Consip presenta generalmente valori di FT_s superiori a Q_{ps} , come dimostrato dal coefficiente angolare superiore all'unità. Ciò è facilmente visibile anche in figura 4 dove vengono riportati sottoforma di istogramma i valori assunti secondo le due metodologie di calcolo. La spezzata presente nel grafico mostra il valore dello scarto percentuale fra i due valori, assumendo come valore di riferimento quello calcolato secondo UNI EN 832.

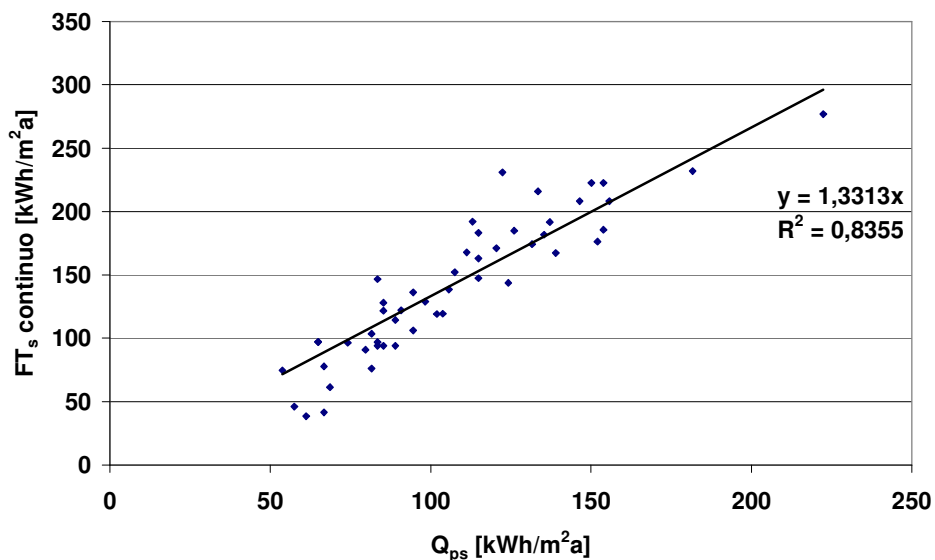


Figura 3- Correlazione fra l'energia termica specifica fornita al sistema di produzione calcolata secondo UNI EN 832, Q_{ps} , e secondo Consip, FT_s , considerando un funzionamento continuo dell'impianto

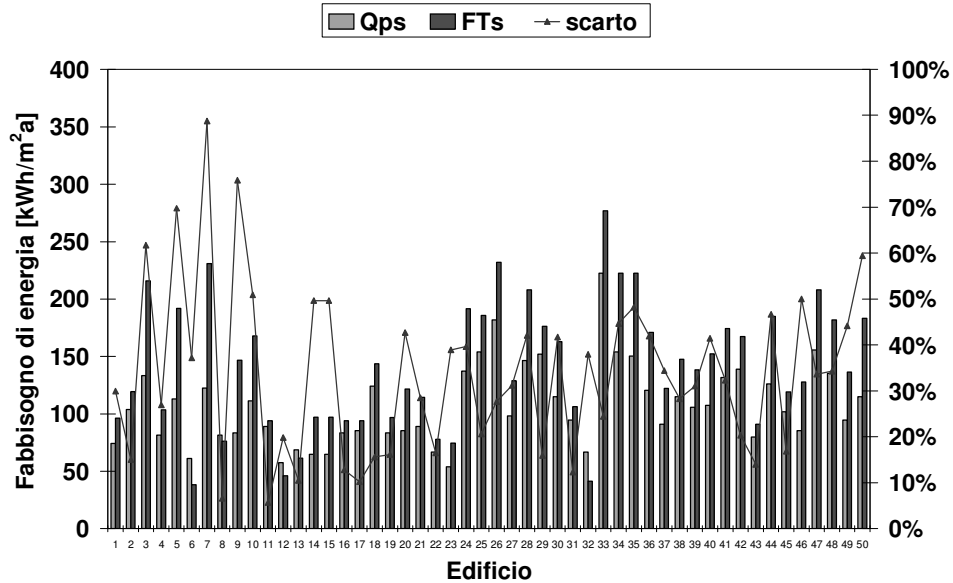


Figura 4- Confronto per gli edifici esaminati tra Q_{ps} e FT_s , calcolati considerando un funzionamento continuo dell'impianto, e scarto percentuale tra i risultati ottenuti

Lo scostamento esistente per ogni singolo edificio fra i valori di Q_{ps} e quelli di FT_s è in gran parte imputabile alla corrispondente differenza esistente fra i valori di C_d calcolati con le due differenti metodologie, come riportato in figura 6 (la spezzata presente nel grafico mostra il valore dello scarto percentuale fra i due valori, assumendo come valore di riferimento quello calcolato secondo la norma UNI EN 832).

Si può comunque osservare come sia maggiore lo scarto esistente fra valori di fabbisogno energetico calcolati secondo le due procedure rispetto a quello fra coefficienti di dispersione volumica.

Ciò può essere imputabile alle assunzioni teoriche sui rendimenti impiantistici o sugli apporti gratuiti. In particolare, nel calcolo di FT (cfr. eq. (5)), il peso della componente degli apporti gratuiti nel bilancio è in gran parte dovuto al valore assunto dal rapporto A/V dell'edificio, essendo gli altri termini pressoché costanti per tutti i casi.

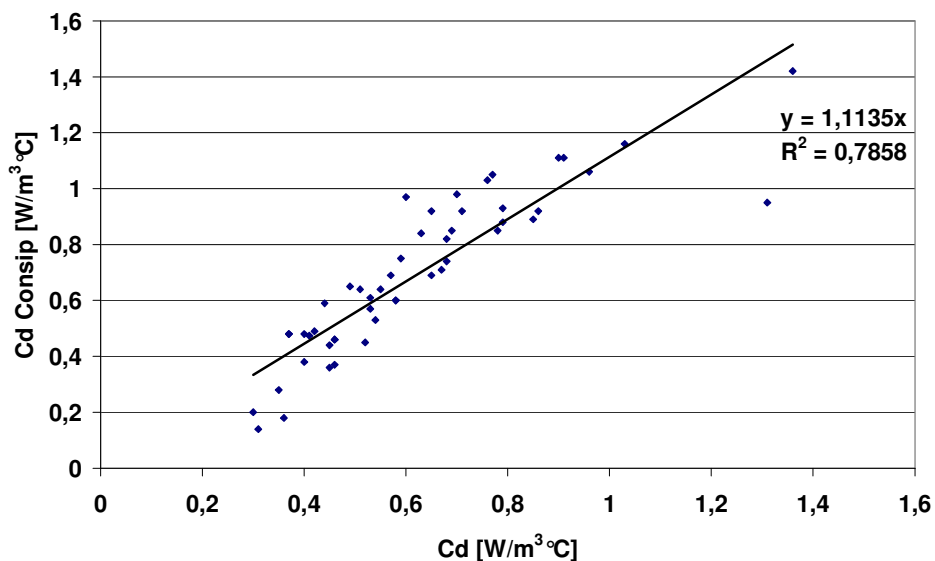


Figura 5- Correlazione fra coefficiente di dispersione volumica Cd calcolato attraverso le procedure UNI EN 832 e Consip

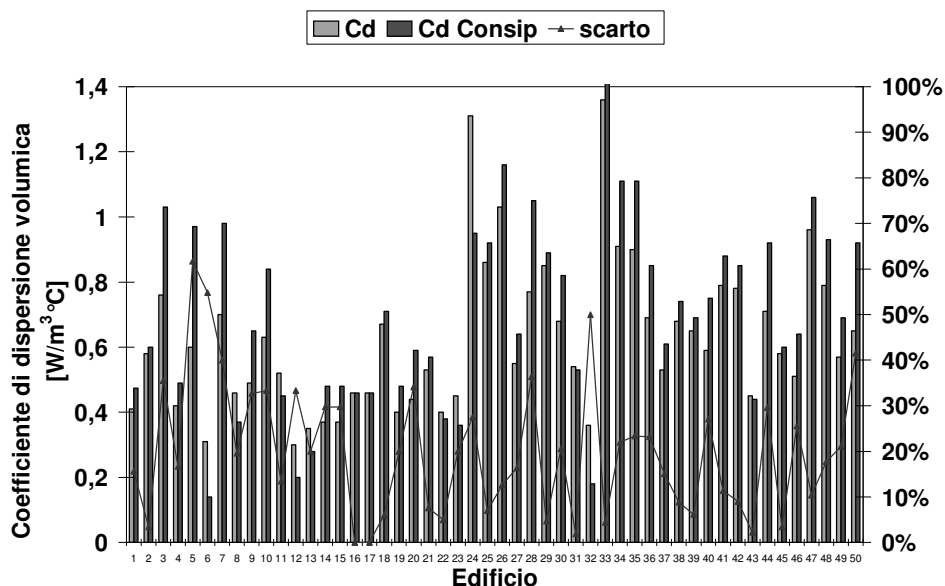


Figura 6- Confronto per gli edifici esaminati tra coefficiente di dispersione volumica Cd calcolato attraverso le procedure UNI EN 832 e Consip e scarto percentuale tra i risultati ottenuti

Un altro risultato interessante emerge dal confronto fra il valore di FT_s calcolato con funzionamento continuo dell'impianto e funzionamento intermittente (cfr. paragrafo seguente), riportato in figura 7: si può osservare come solo in alcuni casi il primo valore sia superiore al secondo.

Ciò è dovuto al fatto da un lato che gli edifici del campione presentano valori simili di coefficiente di intermittenza ρ , dipendente dalla costante di tempo termica dell'edificio, che assume per tutti i casi un valore prossimo all'unità, dall'altro che il peso degli apporti gratuiti nel determinare FT è proporzionale alle ore di funzionamento dell'impianto H_{tot} (cfr. eq (5)). Quindi,

con funzionamento intermittente, diminuiscono le ore di attivazione dell'impianto e conseguentemente il peso sul bilancio degli apporti gratuiti, portando talvolta al prevalere delle dispersioni nella risoluzione del bilancio termico.

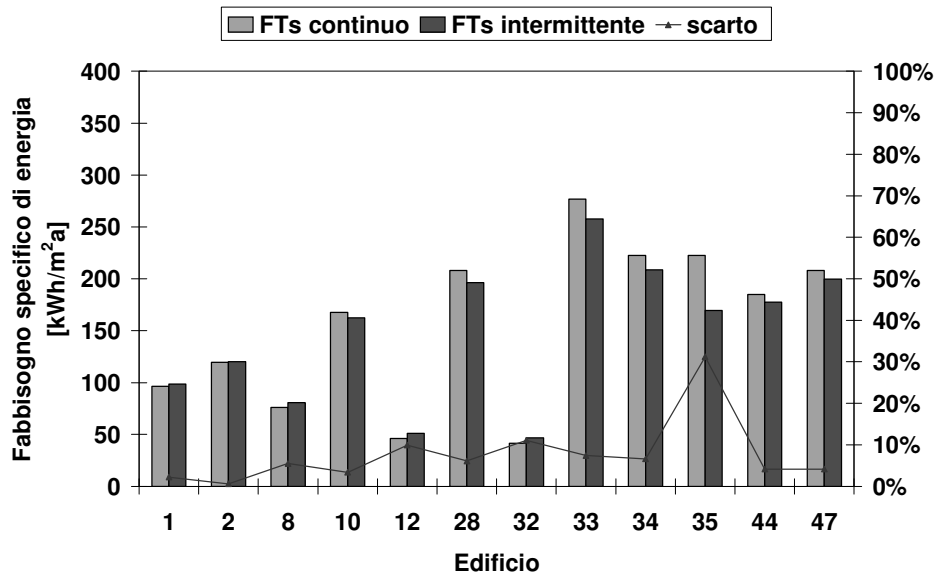


Figura 7- Confronto per gli edifici esaminati tra i valori di FT_s calcolati considerando un funzionamento continuo e intermittente dell'impianto, con scarto percentuale.

5.2 Confronto tra l'energia termica per riscaldamento calcolata e i consumi da bolletta

Sono stati confrontati i corrispondenti valori di FT_s e di CE_s , seppur nella consapevolezza che questi due rappresentino due grandezze differenti: il primo l'energia termica specifica fornita al sistema di produzione, il secondo il consumo specifico di energia primaria per riscaldamento. Tra le due grandezze, quindi, si "frappone" il rendimento di produzione del sistema di generazione del calore.

Inoltre, al fine di rendere congruenti i valori di CE_s e di FT_s , questi ultimi sono stati calcolati considerando un funzionamento intermittente dell'impianto, ossia una durata giornaliera di attivazione dell'impianto di 14 ore (coerentemente a quanto stabilito dal DPR 412/93, in relazione alla destinazione d'uso degli edifici del campione). In una fase successiva dello studio si prevede di estendere il confronto anche ai dati di Q_{ps} , calcolati tenendo conto dell'intermittenza.

La figura 8 illustra la correlazione esistente fra CE_s e FT_s , solamente per gli edifici del campione dotati di impianto di riscaldamento centralizzato (per gli impianti autonomi non si ha un preciso riferimento sulle ore di funzionamento): la retta di correlazione dimostra che FT_s calcolato con il metodo Consip risulta tendenzialmente superiore a CE_s da bolletta. Ciò è evidente anche in figura 9, in cui tali valori vengono riportati sottoforma di istogramma, con il relativo scarto. È opportuno segnalare che questa discrepanza tra valori calcolati e valori reali da bolletta risulterebbe ancor più mancata se FT_s fosse diviso per il rendimento di produzione del sistema di generazione del calore per riportare il suo valore a quello corrispondente di energia primaria.

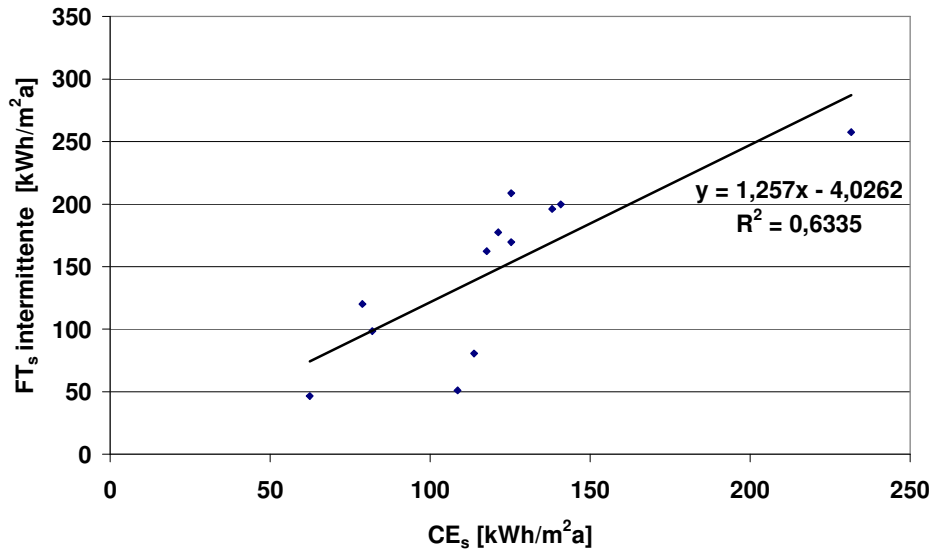


Figura 8- Correlazione fra il consumo specifico di energia primaria da bollette CE_s e l'energia termica specifica fornita al sistema di produzione FT_s calcolata considerando un funzionamento intermittente dell'impianto

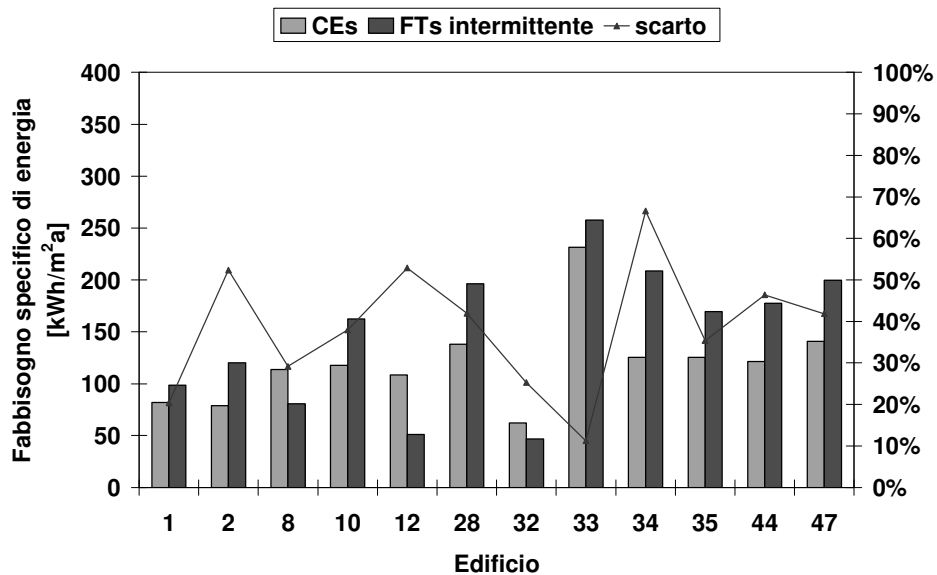


Figura 9- Confronto per gli edifici esaminati tra il consumo di energia primaria CE_s e l'energia termica specifica fornita al sistema di produzione FT_s , calcolato considerando un funzionamento intermittente dell'impianto

Le differenze riscontrabili fra i valori di FT_s e quelli di CE_s possono essere dovute da un lato ad un errore nella valutazione dei consumi di energia primaria (cfr. par. 3), dall'altro al fatto che nella realtà esistono variabili stocastiche legate all'utenza che possono influenzare significativamente i consumi (rispetto a quanto previsto a calcolo considerando una utenza standard): tra queste, i valori di ricambio d'aria, gli apporti interni di calore, la modalità di

gestione degli impianti (e conseguentemente i loro rendimenti) e il numero di ore di funzionamento.

6. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro, per un campione omogeneo di edifici multifamiliari in Torino, sono stati ricavati i valori di consumo di energia primaria da bollette (relative agli ultimi 10 anni) e di fabbisogno teorico di energia per il riscaldamento, calcolato attraverso la procedura descritta dalla norma UNI EN 832 e la procedura a valenza nazionale Consip.

I consumi reali e teorici sono stati confrontati al fine di ottenere informazioni utili alla definizione di una procedura per la caratterizzazione energetica degli edifici esistenti, in linea con quanto indicato dalla Direttiva Europea sulla Certificazione Energetica.

Attraverso il confronto con i risultati di calcolo ottenuti secondo la metodologia UNI EN 832, lo studio ha permesso di validare la procedura di calcolo proposta da Consip.

Dal confronto tra i valori da calcolo e quelli reali, si è inoltre verificato che i fabbisogni teorici sovrastimano tendenzialmente i consumi reali. Accade però talvolta che edifici con fabbisogni teorici contenuti rivelino invece consumi reali elevati a causa di comportamenti dell'utenza "anomali" (poco attenti dal punto di vista energetico), non prevedibili a calcolo dove si considera un'utenza di tipo standard.

Dallo studio condotto si può desumere come, per la caratterizzazione energetica di edifici esistenti, sia opportuno applicare due distinte procedure :

- una basata sull'analisi dei consumi storici;
- una basata su un metodo di calcolo che, seppur ispirato alla norma UNI EN 832, contenga i correttivi necessari per allineare i risultati del calcolo ai consumi reali.

Tabella 1. Simboli e unità di misura

Simbolo	Definizione	Unità di misura
A	Superficie lorda totale di tutti i piani calpestabili del volume lordo riscaldato	m ²
a _p	Apporti gratuiti globali	W/m ²
C	Capacità termica effettiva di una zona	J/K
Cd	Coefficiente di dispersione termica per trasmissione	W/m ³ °C
Cv	Coefficiente di dispersione termica per ventilazione	W/m ³ °C
CE	Consumo di energia primaria per riscaldamento riferito alle condizioni climatiche convenzionali del sito	J o kWh
CE*	Consumo di energia primaria per riscaldamento riferito alle condizioni climatiche reali del sito	J o kWh
CE _s	Consumo specifico di energia primaria per riscaldamento riferito alle condizioni climatiche convenzionali del sito	J/m ² o kWh/m ²
FT	Fabbisogno Termico, corrispondente all'energia termica fornita dal sistema di produzione	KWh
FT _s	Fabbisogno Termico specifico	KWh/m ²
GG _c	Gradi giorno convenzionali del sito	°Cd
GG _r	Gradi giorno reali del sito	°Cd
H	Coefficiente di coefficiente di dispersione termica	W/K
H _{tot}	Ore di servizio o di riscaldamento erogate	H
h	Altezza di interpiano dell'edificio	M
M	Massa areica del volume lordo riscaldato	Kg/m ²
n _p	Numero di piani del volume lordo riscaldato	-
Q _g	Quantità di energia termica da apporti gratuiti	J
Q _h	Fabbisogno di energia termica	J
Q _l	Quantità di energia termica dispersa	J
Q _p	Energia termica fornita dal sistema di produzione	J o kWh
Q _{ps}	Energia termica specifica fornita dal sistema di produzione	J/m ² o kWh/m ²
S	Superficie complessiva che racchiude il volume lordo riscaldato	m ²
S _e	Superficie esterna, a contatto con l'aria esterna, che delimita il volume lordo riscaldato	m ²
S _{pe}	Superficie esterna netta delle pareti verticali, a contatto con l'aria esterna, che delimita il volume lordo riscaldato	m ²
S _{we}	Superficie esterna delle componenti vetrate al lordo degli infissi	m ²
U _p	Trasmittanza media delle pareti esterne	W/m ² °C
U _s	Trasmittanza media dei solai esterni	W/m ² °C
U _w	Trasmittanza media dei serramenti esterni	W/m ² °C
V	Volume lordo riscaldato	m ³
ΔT	Differenza fra la temperatura interna e la temperatura esterna invernale di progetto	°C
ε	Coefficiente correttivo dei gradi giorno reali in funzione dell'altezza media dei locali	-
η	Fattore di utilizzazione per gli apporti	-
η _c	Rendimento di regolazione	-
η _d	Rendimento di distribuzione	-

η_e	Rendimento di emissione	-
η_p	Rendimento di produzione	-
ρ	Fattore correttivo di intermittenza dell'impianto termico	-
t	Costante di tempo	s
ϕ_d	Potenza termica dispersa per trasmissione attraverso l'involucro	W

7. BIBLIOGRAFIA

- Balaras, C.A., Droutsas, K., Argiriou, A.A., Asimakopoulos, D.N., 2000, EPIQR surveys of apartment buildings in Europe, in *Energy and Buildings*, 31:111-128.
- Bloem, J.J., Martin, S., 2001, A pseudo dynamic analysis tool for thermal certification of dwellings, in *Energy and Buildings*, 33:207-212
- Botsaris, P.N., Prebezas, S., 2004, A methodology for a thermal energy building audit, in *Building and Environment*, 39:195-199.
- CONSIP, 2003, Disciplina della gara a procedura aperta ai sensi del DLGS 358/92 e successive modifiche per la fornitura del Servizio Energia, allegato 6, Capitolato tecnico, Corrispettivo per la fornitura minima, pp. 38-48.
- Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n. 412, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.
- Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia
- UNI EN 832, 2001, Prestazione termica degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento. Edifici residenziali
- Westergren, K., Hogberg, H., Norlen, U., 1999, Monitoring energy consumption in single-family houses, in *Energy and buildings*, 29:247-257.
- Wittchen, K.B., Aggerholm, S., 2000, Calculation of building heating demand in EPIQR, in *Energy and Buildings*, 31:137-141.
- Zmeureanu, R., Fazio, P., Depani, S., Calla, R., 1999, Development of an energy rating system for existing houses, in *Energy and Buildings*, 29:107-119.

ENERGY CERTIFICATION OF EXISTING BUILDINGS: COMPARISON BETWEEN ACTUAL AND CALCULATED ENERGY DEMAND FOR SPACE HEATING

Abstract. *The improvement of methodologies for energy certification of buildings is made in different European countries due to the European Directive 2002/91/EC, 16 December 2002 concerning the energy performance certification of buildings. In Italy, in particular, there are many procedures for the estimation of primary energy demand for space heating both for new and existing buildings.*

In 2003 the collection and the elaboration of the data related to the energy demand for space heating, electrical uses and domestic hot water heating were tested for a sample of 50 multifamily existing buildings in Torino (Italy).

The actual amount of primary energy for space heating was drawn from the seasonal billed fuel consumptions (last 10 years); the calculated amount was carried out by the procedure described on the standard EN 832 "Thermal performance of buildings. Calculation of energy use for heating. Residential buildings" and by the national procedure Consip for heating energy consumption assessment.

These actual and calculated amounts were compared in order to obtain useful information for the development of a methodology for the energy certification of existing buildings.

Keywords: *Energy certification, Space heating energy demand, Fuel consumption, Existing buildings, Multifamily residential buildings*