

# Domotica e Building Automation come contributo all'efficienza energetica

Filomena d'Arcangelo\*

Nell'articolo si affrontano gli aspetti normativi e metodologici, procedure di calcolo per la misurazione delle prestazioni energetiche degli edifici.

La difficoltà, che si è riscontrata negli anni passati, di "misurare" l'effettivo risparmio energetico ottenibile tramite la gestione integrata delle diverse funzioni che è possibile automatizzare e "governare" in modo intelligente, all'interno degli edifici, ha fatto sì che i sistemi cosiddetti evoluti non fossero considerati decisivi per il raggiungimento degli obiettivi, fissati dalla Comunità Europea, di risparmio dei consumi di energia del 20% al 2020.

Eppure i sistemi di automazione - BACS/HBES (BACS: Building Automation and Control System; HBES: Home and Building Electronic System) - consentono concretamente di massimizzare l'efficienza energetica degli impianti dell'edificio, in relazione alle condizioni ambientali esterne e ai differenti e variabili scenari di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti dell'edificio stesso, fornendo nel contempo i massimi livelli di comfort, sicurezza e qualità. La semplice possibilità di regolare in modo automatico l'impianto di illuminazione o di termoregolazione, in base all'effettiva presenza, o assenza, di persone in un contesto abitativo o lavorativo, comporta concrete riduzioni del consumo energetico.

A tal proposito, citiamo come, per una delle utenze più energivore della Provincia Autonoma di Trento, ossia il MART (Museo di Arte Moderna e Contemporanea di Trento e Rovereto), con un consumo che nel 2006 si aggirava intorno ai 2,3 GWh, si è osservata una sensibile riduzione dei consumi globali di energia elettrica, a seguito dell'introduzione di un sistema di automazione, integrato con l'impianto elettrico esistente, pari al 28.5% su media annua. Complessivamente è stata evitata l'emissione di 354 ton di CO<sub>2</sub>, che corrispondono alle emissioni prodotte da oltre 100 autoveicoli all'anno.

## Misurare le prestazioni energetiche

La problematica della misurazione dell'impatto della Home & Building Automation sulle prestazioni energetiche degli edifici è stata affrontata a livello normativo europeo e ne è scaturita la norma EN 15232, "Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici", pubblicata nel 2007.

In ambito Federazione ANIE - Federazione Nazionale Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche - l'Associazione CSI (Componenti e Sistemi per Impianti) ha condotto uno studio approfondito che, basandosi sui fattori di efficienza pubblicati nella norma sopra citata, definisce una metodologia per la stima dell'influenza dei sistemi di Automazione e Gestione Tecnica degli Edifici (BACS/HBES) sulle prestazioni energetiche degli stessi, che consente di valutare, in fase di progettazione e verifica energetica dello stabile, il risparmio introdotto dall'applicazione di diversi gradi di automazione agli impianti tecnologici.

Nell'analisi viene messo in evidenza come l'impiego dei sistemi di BA (Building Automation) è in grado di ridurre i consumi energetici in generale e principalmente i più importanti, che riguardano riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda ed illuminazione, sia nei nuovi, sia negli edifici esistenti.

La determinazione quantitativa dell'efficienza e del risparmio energetico introdotto dall'applicazione dei sistemi BACS/HBES a diverse tipologie di edifici nuovi o esistenti è stata affrontata da esperti europei in sede normativa (CEN/CENELEC), con consistenti statistiche e simulazioni eseguite in campo. Il lavoro si è tradotto in alcune norme della serie EN15000, EN12000 ed EN13000, che trattano principalmente:

- Riscaldamento (BACS/HBES);
- Raffrescamento (BACS/HBES);
- Ventilazione (BACS/HBES);
- Produzione di acqua calda (BACS/HBES);
- Illuminazione (BACS/HBES);
- Controllo tapparelle/luminosità ambienti (BACS/HBES);
- Centralizzazione e controllo integrato delle diverse applicazioni (TBM);
- Diagnostica (TBM);
- Rilevamento consumi/miglioramento dei parametri di automazione (TBM).

La normativa stabilisce, inoltre, le azioni riguardanti gli enti coinvolti nell'attività di miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici ed in particolare:

- Proprietari, architetti e progettisti edili/elettrici per la definizione delle funzioni di automazione;
- Autorità pubbliche per la definizione dei requisiti minimi di automazione riguardanti l'efficienza energetica;

- Autorità pubbliche e ispettori per la definizione delle procedure di valutazione e verifica;
- Autorità pubbliche per la definizione e verifica delle procedure di calcolo dell'efficienza energetica;
- Progettisti elettrici e programmatori di automazione per la definizione dei componenti hardware, del software e delle procedure di verifica delle prestazioni energetiche dell'impianto BACS/HBES.

## Le Classi di efficienza

Allo scopo di valutare l'efficienza energetica degli edifici sono state stabilite Classi di efficienza, corrispondenti al livello di automazione installato.

- **Classe D "NON ENERGY EFFICIENT"** (NON ENERGETICAMENTE EFFICIENTE): comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione, non efficienti dal punto di vista energetico;

- **Classe C "STANDARD"** (RIFERIMENTO): corrisponde agli impianti dotati di sistemi BACS/HBES ed è considerata la classe di riferimento;

- **Classe B "ADVANCED"** (AVANZATO): comprende gli impianti BACS/HBES dotati anche di TBM (Technical Building Management: Gestione degli impianti tecnici di edificio) per il controllo centralizzato;

- **Classe A "HIGH ENERGY PERFORMANCE"** (ALTA PRESTAZIONE ENERGETICA): come la Classe B ma con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto.

## LISTA DELLE FUNZIONI E INDIVIDUAZIONE DELLE CLASSI DI PRESTAZIONE

Le funzioni che caratterizzano e individuano ogni Classe di efficienza energetica sono indicate nelle tabelle seguenti, che riportano alcuni estratti della tabella originaria, presente nella EN15232.

### CONTROLLO AUTOMATICO

Definizione delle Classi							
Residenziale				Non Residenziale			
D	C	B	A	D	C	B	A

CONTROLLO RISCALDAMENTO								
CONTROLLO DI GENERAZIONE								
<i>Il sistema di controllo è installato sul terminale o nel relativo ambiente; per il caso 1 il sistema può controllare diversi ambienti</i>								
0	Nessun controllo automatico							
1	Controllo automatico centrale							
2	Controllo automatico di ogni ambiente con valvole termostatiche o regolatore elettronico							
3	Controllo automatico di ogni ambiente con comunicazione tra i regolatori e verso il BACS							
4	Controllo integrato di ogni locale con gestione di richiesta (es. per occupazione, qualità dell'aria, etc.)							
CONTROLLO TEMPERATURA ACQUA NELLA RETE DISTRIBUZIONE (MANDATA E RITORNO)								
<i>Funzioni simili possono essere applicate al riscaldamento elettrico</i>								
0	Nessun controllo automatico							
1	Compensazione con temperatura esterna							
2	Controllo temperatura interna							
CONTROLLO DELLE POMPE DI DISTRIBUZIONE								
<i>Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione</i>								
0	Nessun controllo automatico							
1	Controllo On-Off							
2	Controllo pompa a velocità variabile con Δp costante							
3	Controllo pompa a velocità variabile con Δp proporzionale							
CONTROLLO INTERMITTENTE DELLA GENERAZIONE E/O DISTRIBUZIONE								
<i>Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione</i>								
0	Nessun controllo automatico							
1	Controllo automatico con programma orario fisso							
2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato							
CONTROLLO DEL GENERATORE								
0	Temperatura costante							
1	Temperatura variabile in dipendenza da quella esterna							
2	Temperatura variabile in dipendenza dal carico							
<i>Controllo sequenziale di differenti generatori</i>								
0	Priorità basate solo sui carichi							
1	Priorità basate sui carichi e sulle potenze dei generatori							
2	Priorità basate sull'efficienza dei generatori (vedere altre norme)							

		Definizione delle Classi							
		Residenziale				Non Residenziale			
		D	C	B	A	D	C	B	A
<b>CONTROLLO DELLA VENTILAZIONE E DEL CONDIZIONAMENTO</b>									
<b>CONTROLLO MANDATA ARIA IN AMBIENTE</b>									
0	Nessun controllo								
1	Controllo manuale								
2	Controllo a tempo								
3	Controllo a presenza								
4	Controllo a richiesta								
<b>CONTROLLO MANDATA ARIA NELL'UNITÀ TRATTAMENTO ARIA</b>									
0	Nessun controllo								
1	Controllo On/Off a tempo								
2	Controllo automatico di flusso o pressione								
<b>CONTROLLO SBRINAMENTO SCAMBIATORE DI CALORE</b>									
0	Senza controllo di sbrinamento								
1	Con controllo di sbrinamento								
<b>CONTROLLO SURRISCALDAMENTO SCAMBIATORE DI CALORE</b>									
0	Senza controllo di surriscaldamento								
1	Con controllo di surriscaldamento								
<b>RAFFRESCAMENTO MECCANICO GRATUITO</b>									
0	Nessun controllo								
1	Raffrescamento notturno								
2	Raffrescamento gratuito (free cooling)								
3	Controllo con ricircolo e miscelazione aria interna-esterna								
<b>CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DI MANDATA</b>									
0	Nessun controllo								
1	Set point costante								
2	Set point dipendente dalla temperatura esterna								
3	Set point dipendente dal carico								
<b>CONTROLLO UMITÀ</b>									
0	Nessun controllo								
1	Limitazione umidità dell'aria di mandata								
2	Controllo dell'umidità dell'aria di mandata								
3	Controllo dell'umidità dell'aria ambiente o di ripresa								
<b>CONTROLLO ILLUMINAZIONE</b>									
<b>CONTROLLO PRESENZA</b>									
0	Interruttore manuale								
1	Interruttore manuale + segnale estinzione graduale automatica								
2	Rilevamento presenza Auto-On / Dimmer								
3	Rilevamento presenza Auto-On / Auto-Off								
4	Rilevamento presenza Manuale-On / Dimmer								
5	Rilevamento presenza Manuale -On / Auto-Off								
<b>CONTROLLO LUCE DIURNA</b>									
0	Manuale								
1	Automatico								
<b>CONTROLLO SCHERMATURE SOLARI (ES. TAPParelLE, TENDE, FACCIATE ATTIVE...)</b>									
0	Completamente manuale								
1	Motorizzato con azionamento manuale								
2	Motorizzato con azionamento automatico								
3	Controllo combinato luce/tapparelle/HVAC								
<b>CONTROLLO CON SISTEMI DOMOTICI E DI AUTOMAZIONE DELL'EDIFICIO</b>									
0	Nessuna funzione di controllo centralizzato con sistemi domotici Nessuna funzione di controllo centralizzato con sistemi di automazione degli edifici								
1	Controllo centralizzato configurato per l'utente: es. programmi a tempo, valori di riferimento (set-point) ...								
2	Controllo centralizzato ottimizzato: es. controlli auto-adattativi, valori di riferimento (set point), taratura								
<b>GESTIONE IMPIANTI TECNICI DI EDIFICIO (TBM)</b>									
<b>RILEVAMENTO GUASTI, DIAGNOSTICA E FORNITURA DEL SUPPORTO TECNICO</b>									
0	No								
1	Sì								
<b>RAPPORTO RIGUARDANTE CONSUMI ENERGETICI, CONDIZIONI INTERNE E POSSIBILITÀ DI MIGLIORAMENTO</b>									
0	No								
1	Sì								

Come si può notare, la classe C richiede la realizzazione delle funzioni minime di BA; la classe B richiede funzioni di BA più alcune specifiche funzioni aggiuntive alla Classe C (ad es. i controllori di stanza devono essere in grado di comunicare con il controllo centrale di edificio); la Classe A richiede funzioni di TBM più alcune specifiche funzioni aggiuntive alla Classe B.

### Due procedure di calcolo

Sono state studiate due diverse procedure di calcolo dell'efficienza dei sistemi BACS/HBES e TMB:

- Calcolo dettagliato, utilizzato solo quando il sistema è completamente noto, cioè quando sono già state stabilite tutte le funzioni di controllo/comando/gestione e l'impianto energetico è conosciuto. Il Calcolo dettagliato può essere utilizzato anche in fase di verifica.

- Calcolo basato su fattori di efficienza "BAC factors", utilizzato per effettuare una stima di massima nella fase iniziale di progetto/predisposizione dell'edificio e del sistema di controllo e gestione dell'energia.

Il metodo BAC factors verrà utilizzato in una fase precedente all'impiego del Calcolo dettagliato e quest'ultimo servirà a regolare le funzioni dell'impianto per renderle, con approssimazioni successive, il più possibili aderenti alle previsioni effettuate con il metodo BAC factors.

Per quanto concerne il "Calcolo Dettagliato" sono previste cinque diverse tipologie di calcolo:

1 - metodo diretto, basato sulla simulazione dell'impianto in conformità alla EN 13790 "Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling";

2 - metodo basato sul modo di funzionamento, che considera sequenzialmente i diversi stati di ogni singola applicazione (riscaldamento, illuminazione etc.) e per ogni stato determina il consumo energetico, ottenendo per somma il consumo totale di ogni applicazione;

3 - metodo basato sul funzionamento a tempo, che considera le durate di funzionamento Totale / Escluso / Parziale dei dispositivi, ottenendo un coefficiente di risparmio che caratterizza la funzione considerata;

4 - metodo basato sulla temperatura di stanza, che considera l'influenza della precisione di regolazione della temperatura (bassa isteresi) nel calcolo del risparmio energetico;

5 - metodo dei coefficienti di correzione, utilizzato quando il controllo automatico agisce in modo combinato su diversi fattori, come ad esempio effetti della presenza di persone, valore di temperatura, tempo di funzionamento.

Il metodo basato sui "Fattori di Efficienza", in breve BAC Factor, permette di valutare in modo semplice l'impatto dell'applicazione dei BACS/HBES sull'ammontare di energia utilizzata dagli edifici nell'arco di un anno, con particolare riferimento alle applicazioni a maggior consumo. L'influenza dell'applicazione di funzioni automatiche a diversi tipi di edifici (fattore di efficienza energetica BAC/HBES) è stato ricavato confrontando il consumo annuale di energia di un locale standardizzato di riferimento con quello introdotto nello stesso locale nelle stesse condizioni (tempi di occupazione, profilo d'utente, tempo atmosferico, esposizione solare, conduttanza termica, dimensioni, superfici radianti) dall'applicazione di diversi livelli funzionali (A, B, C) dell'automazione BACS/HBES.

### L'efficienza energetica con l'automazione BACS/HBES

Le cifre presentate dalle tabelle seguenti, indicate come rapporto tra i consumi dell'ambiente BACS/HBES e quello STANDARD, sono state ricavate da misurazioni e calcoli eseguiti su un grande numero di edifici di diversa tipologia, in locali con diverse condizioni al contorno e danno evidenza del valore di risparmio che si ottiene applicando l'automazione BACS/HBES.

Le tipologie di edificio, di locale, le loro Classi di automazione ed i relativi fattori di efficienza energetica per riscaldamento e raffrescamento sono presentati dalle tabelle seguenti (direttamente tratte dalla EN15232):

### Fattori di efficienza BAC/TMB per il riscaldamento ed il raffrescamento, $f_{BAC,HC}$ negli edifici non residenziali

Edifici non residenziali	Fattori di efficienza BAC , $f_{BAC,HC}$			
	D	C	B	A
	Non energeticamente efficiente	Riferimento Standard	Avanzato	Alte prestazioni energetiche
Uffici	1,51	1	0,80	0,70
Sale di lettura	1,24	1	0,75	0,50 (*)
Scuole e simili	1,20	1	0,88	0,80
Ospedali	1,31	1	0,91	0,86
Hotel	1,31	1	0,75	0,68
Ristoranti	1,23	1	0,77	0,68
Centri commerciali e Negozi	1,56	1	0,73	0,60 (*)

(\*) valore dipendente dalla ventilazione richiesta

### Fattori di efficienza BAC/TMB per il riscaldamento ed il raffrescamento, $f_{BAC,HC}$ negli edifici residenziali

Edifici residenziali	Fattori di efficienza BAC , $f_{BAC,HC}$			
	D	C	B	A
	Non energeticamente efficiente	Riferimento Standard	Avanzato	Alte prestazioni energetiche
- Appartamenti - Abitazioni singole - altri residenziali	1,10	1	0,88	0,81

Si noti come rispetto ad un ambiente a requisiti minimi C, l'automazione del riscaldamento realizza:

- per un Hotel con automazione di Classe- A il risparmio del  $(1 - 0,68/1) \cdot 100 = 32\%$ ;

- per un Hotel con automazione di Classe- B il risparmio del  $(1 - 0,75/1) \cdot 100 = 25\%$ ;

- per una Residenza con automazione di Classe- A il risparmio del  $(1 - 0,81/1) \cdot 100 = 19\%$ ;

- per una Residenza con automazione di Classe- B il risparmio del  $(1 - 0,88/1) \cdot 100 = 12\%$ .

Riscaldamento / Raffrescamento in Edifici non Residenziali									
Tipologia Edificio / Locale	Classi e Fattori di efficienza BAC/HBES				Risparmio adottando le Classi B e A al posto di C o D				
	D	C	B	A	Risparmio B/C	Risparmio B/D	Risparmio A/C	Risparmio A/D	Risparmio A/D
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzata	Alta Efficienza					
Uffici	1,51	1,00	0,80	0,70	20%	47%	30%	54%	
Sale di lettura	1,24	1,00	0,75	0,50	25%	40%	50%	60%	
Scuole	1,20	1,00	0,88	0,80	12%	27%	20%	33%	
Ospedali	1,31	1,00	0,91	0,86	9%	31%	14%	34%	
Hotel	1,31	1,00	0,75	0,68	25%	43%	32%	48%	
Ristoranti	1,23	1,00	0,77	0,68	23%	37%	32%	45%	
Negozi / Grossisti	1,56	1,00	0,73	0,60	27%	53%	40%	62%	
Riscaldamento / Raffrescamento in Edifici Residenziali									
Case monofamiliari									
Appartamenti in condominio	1,10	1,00	0,88	0,81	12%	20%	19%	26%	
Atri residenziali									

Le percentuali di risparmio aumentano considerevolmente se il confronto viene fatto con la Classe D, priva di automazione.

### Legenda

La colonna denominata :

- **Risparmio B/C** indica il risparmio percentuale ottenuto adottando la Classe B invece della C;
- **Risparmio B/D** indica il risparmio percentuale ottenuto adottando la Classe B invece della D;
- **Risparmio A/C** indica il risparmio percentuale ottenuto adottando la Classe A invece della C;
- **Risparmio A/D** indica il risparmio percentuale ottenuto adottando la Classe A invece della D.

Allo stesso modo sono stati definiti i fattori di risparmio per il consumo di energia elettrica  $f_{BAC,el}$

### Fattori di efficienza BAC/TMB sul consumo di energia elettrica, $f_{BAC,el}$ negli edifici non residenziali

Edifici non residenziali	Fattori di efficienza BAC , $f_{BAC,el}$			
	D	C	B	A
	Non energeticamente efficiente	Riferimento Standard	Avanzato	Alte prestazioni energetiche
Uffici	1,10	1	0,93	0,87
Sale di lettura	1,06	1	0,94	0,89
Scuole e simili	1,07	1	0,93	0,86
Ospedali	1,05	1	0,98	0,96
Hotel	1,07	1	0,95	0,90
Ristoranti	1,04	1	0,96	0,92
Centri commerciali e Negozi	1,08	1	0,95	0,91
Altri :				
- edifici per lo sport		1		
- magazzini				
- edifici industriali				
...				

### Fattori di efficienza BAC/TMB sul consumo di energia elettrica, $f_{BAC,el}$ negli edifici residenziali

Edifici residenziali	Fattori di efficienza BAC , $f_{BAC,el}$			
	D	C	B	A
	Non energeticamente efficiente	Riferimento Standard	Avanzato	Alte prestazioni energetiche
- Appartamenti				
- Abitazioni singole				
- altri residenziali	1,08	1	0,93	0,92

Energia Elettrica in Edifici non residenziali									
Tipologia Edificio / Locale	Classi e Fattori di efficienza BAC/HBES				Risparmio applicando le Classi B e A al posto di C o D				
	D	C	B	A	Risparmio B/C	Risparmio B/D	Risparmio A/C	Risparmio A/D	Risparmio A/D
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzata	Alta Efficienza					
Uffici	1,10	1,00	0,80	0,70	20%	27%	30%	36%	
Sale di lettura	1,06	1,00	0,75	0,50	25%	29%	50%	53%	
Scuole	1,07	1,00	0,88	0,80	12%	18%	20%	25%	
Ospedali	1,05	1,00	0,91	0,86	9%	13%	14%	18%	
Hotel	1,07	1,00	0,85	0,68	15%	21%	32%	36%	
Ristoranti	1,04	1,00	0,77	0,68	23%	26%	32%	35%	
Negozi / Grossisti	1,08	1,00	0,73	0,60	27%	32%	40%	44%	
Energia Elettrica in Edifici Residenziali									
Case monofamiliari									
Appartamenti in condominio	1,08	1,00	0,93	0,92	7%	14%	8%	15%	
Atri residenziali									

## Conclusioni

Appare chiaro che, ai fini di ridurre il fabbisogno energetico globale degli edifici e le conseguenti emissioni di CO<sub>2</sub>, è indispensabile che tutti gli impianti elettrici e tecnologici, sia nuovi sia già esistenti, siano dotati di opportuni dispositivi o sistemi di controllo, regolazione e automazione, che consentano lo scambio di informazioni tra i vari impianti, con lo scopo di aumentarne le prestazioni funzionali, la sicurezza e la continuità di esercizio. L'impiego esteso dei sistemi BACS / HBES, aggiungendo comfort e sicurezza alle prestazioni dei sistemi tradizionali, educa parallelamente ad apprezzare ed apprendere i criteri di risparmio energetico e di rispetto dell'ambiente, correggendo le cattive abitudini dell'utente. L'efficienza di gestione dei sistemi tecnologici di edificio si traduce quindi in risparmio energetico e miglioramento dell'ambiente in piena conformità alle più condivise direttive nazionali ed internazionali.

\* L'ing. Filomena D'Arcangelo è Coordinatore Task Force Efficienza Energetica ANIE e Coordinatore Comitato Interassociativo Homevolution ANIE.