

POLITECNICO DI TORINO  
Repository ISTITUZIONALE

Livelli ottimali di costo per i requisiti di prestazione energetica degli edifici.

*Original*

Livelli ottimali di costo per i requisiti di prestazione energetica degli edifici / Corrado, Vincenzo; Paduos, SIMONA ANGELA ALINA. - In: ENERGIA E DINTORNI. - STAMPA. - Marzo 2013(2013), pp. 30-34.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2518321 since:

*Publisher:*

EIOM

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# ENERGIA<sup>e</sup>DINTORNI



## IL CTI INFORMA

Rivista del Comitato Termotecnico Italiano - Energia e Ambiente

MARZO 2013

### EXPERT CONTROL

Minore consumo di gas, più comfort nell'ambiente



**Semplice da installare e usare:**

- facile da collegare con 2 fili
- navigazione intuitiva grazie all'ampio display retroilluminato
- controllo completo di tutti i componenti del sistema tramite protocollo di comunicazione ebus<sup>2</sup>
- programmazione della temperatura sia in sanitario che in riscaldamento
- visualizzazione dei kWh accumulati dal sistema solare
- report dei Kg di CO<sub>2</sub>, risparmiati utilizzando fonti rinnovabili.

**Comfort garantito:**

- unificazione dei parametri/logica di funzionamento/codici di errore tra solare termico e caldaie
- sonda d'ambiente modulante.

**Risparmio energetico:**

- fino al 35% con una caldaia a condensazione, funzione SRA, sonda esterna e pavimento radiante.

**Ne**  
NOVITÀ ebus<sup>2</sup>



© 2012 Chaffoteaux. Tutti i diritti sono riservati. Per informazioni sui prodotti e sui servizi, visitate il sito [www.chaffoteaux.it](http://www.chaffoteaux.it). Per informazioni sui prezzi, visitate il sito [www.chaffoteaux.com](http://www.chaffoteaux.com).



servizio clienti   
**199 176 060\***

[www.chaffoteaux.it](http://www.chaffoteaux.it)

 **Chaffoteaux**

- Contabilizzazione del calore
- Le nuove norme sul geotermico
- Livelli ottimali di costo per i requisiti di prestazione energetica degli edifici

Media partner di

**mCTER**

## Marzo 2013

**Direttore responsabile**  
Alessio Rampini

**Coordinamento tecnico**  
Comitato Termotecnico Italiano  
Energia e Ambiente

**Redazione**  
Dario Tortora (Coordinamento)  
Lucilla Luppino  
Valeria Tranchina  
Nadia Brioschi (Segreteria)

**Hanno collaborato  
a questo numero**

Vincenzo Corrado  
Giuliano Dall'O'  
Carla De Carolis  
Alessia Franzetti  
Renzo Marchesi  
Mattia Merlini  
Giovanni Murano  
Roberto Nidasio  
Simona Paduos  
Antonio Panvini  
Franco Soma

**Direzione, pubblicità,  
redazione e  
amministrazione**  
EIOM  
Viale Premuda, 2  
20129 Milano  
Tel. 02 55181842  
Fax 02 55184161

**STAMPA**  
Prontostampa - Via Redipuglia, 150  
24045 Fara Gera d'Adda (BG)



Via Scarlatti, 29  
20124 Milano  
Tel. 02 2662651  
Fax 02 26626550  
cti@cti2000.it  
www.cti2000.it

Il Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente (CTI), ente federato all'UNI per il settore termotecnico, elabora norme tecniche e altri documenti prenormativi (guide e raccomandazioni) a supporto della legislazione e del mercato grazie alla collaborazione di associazioni, singole imprese, enti ed organi pubblici.

**Editoriale** 5  
Le norme tecniche sono strategiche

**News e attualità** 6  
Il decreto sulla qualificazione dei certificatori energetici

Accordo di collaborazione tra USA e EU:  
sarà la normativa a favorire gli scambi tra i Paesi

Pompe di calore: definiti i criteri di calcolo dell'energia primaria

Ritratto dell'Ingegnere Augusto Colle:  
una persona che rimane dentro di noi

Energie rinnovabili: un ruolo di primo piano  
nel mercato energetico europeo

"Eco-Innovation": un programma su misura  
per Green Economy e PMI

**Dossier CTI** 14  
Contabilizzazione del calore

**Prodotti e Soluzioni** 20  
AN Camini  
Brugg Pipe Systems  
Mival  
Samsung Electronics  
Siamo Energia  
Tiemme

**Attività CTI** 26  
Gassificazione di biomassa ligno-cellulosica:  
Pronta una nuova Raccomandazione CTI

EPBD e pianificazione del lavoro nazionale  
Riunione congiunta GL CTI

Mirror Group del CEN/TC 371: avvio lavori

Le nuove norme sul geotermico:  
il successo del seminario CTI-RL

Livelli ottimali di costo per i requisiti  
di prestazione energetica degli edifici

**Attività normativa del CTI** 36

# Livelli ottimali di costo per i requisiti di prestazione energetica degli edifici

## Introduzione

La Direttiva Europea 2010/31/UE (EPBD recast) ha introdotto, a livello nazionale, un meccanismo di analisi comparativa con il proposito di determinare livelli ottimali di costo da utilizzare come metro per la formulazione di prescrizioni energetiche in ambito edilizio (EPBD recast art. 4.1 e 5).

Dato il grado di rilevanza dell'argomento, il 31 gennaio scorso il Ministero dello Sviluppo Economico, in collaborazione con ENEA e ECOFYS, ha organizzato un Workshop di presentazione della "Cost Optimal Methodology", cui ha partecipato anche il CTI con l'intervento del prof. Vincenzo Corrado, coordinatore del GL 102 e della d.ssa Paduos del Politecnico di Torino.

## Metodologia di calcolo dei livelli ottimali di costo

Il livello ottimale in funzione dei costi è definito come "il livello di prestazione energetica che conduce al costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato dell'edificio", tenendo conto dei costi di investimento legati all'energia, dei costi di manutenzione e di funzionamento (compresi i costi e i risparmi energetici, la tipologia edilizia interessata e gli utili derivanti dalla produzione di energia) e degli eventuali costi di smaltimento. In figura 1 si confrontano i risparmi energetici con i costi di installazione e manutenzione in funzione

del livello di efficienza energetica, in modo da individuare un intervallo di convenienza economica e una configurazione ottimale in termini di costi.

La EPBD recast richiede agli Stati Membri di riferire in merito al confronto tra i requisiti minimi di prestazione energetica e quelli calcolati in funzione del livello ottimale di costo. È la Commissione medesima a fornire il quadro metodologico comparativo alla base di tali elaborazioni da parte dei vari Stati Membri (EPBD recast, art 5 e Allegato III).

Il 21 marzo 2012 è stato pubblicato il Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012, che istituisce un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi. Il 19 aprile 2012 è seguita la pubblicazione delle Linee Guida, che includono informazioni volte ad aiutare gli Stati Membri ad applicare la metodologia a livello nazionale e consentire loro di:

- definire edifici di riferimento (sia residenziali che del terziario, sia esistenti che nuovi), rappresentativi del parco edilizio per funzionalità e condizioni climatiche;
  - definire le misure di efficienza energetica da valutarsi per gli edifici di riferimento; questi interventi possono essere estesi all'intero edificio o considerare solo un elemento o una combinazione di più elementi di esso;
  - sulla base delle metodologie di calcolo specificate nelle norme tecniche europee (CEN), valutare il fabbisogno di energia finale e primaria degli edifici di riferimento prima e dopo l'applicazione delle misure di efficienza energetica;
  - calcolare i costi delle misure di efficienza energetica applicate agli edifici di riferimento nel corso del previsto ciclo di vita economica, tenendo conto dei costi di investimento, di manutenzione e di esercizio, gli utili dalla produzione di energia e i costi di smaltimento.
- Utilizzando la metodologia comune, gli Stati Membri



identificano i livelli di costo ottimali per i requisiti minimi di prestazione energetica, per edifici nuovi od esistenti, o per parti di esso, e confrontano i risultati di questi calcoli con i requisiti minimi di rendimento energetico in vigore. Gli Stati Membri presentano le loro relazioni alla Commissione ad intervalli regolari di massimo cinque anni. Se il risultato dell'analisi comparativa effettuata mostra che i requisiti minimi di prestazione energetica in vigore sono molto meno efficienti di quelli scaturiti dall'analisi dei livelli di costo ottimale (scarto superiore al 15%), lo Stato Membro deve motivare questa differenza oppure elaborare un piano che definisca le misure appropriate da introdurre nella legislazione nazionale per ridurre significativamente il divario.

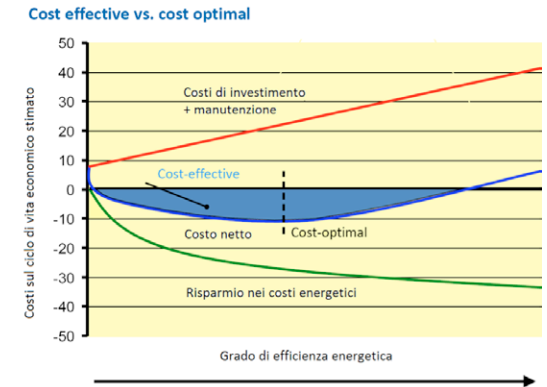
**La situazione italiana**

A livello italiano presso il Ministero dello Sviluppo Economico è stato istituito un gruppo di lavoro tecnico formato da CTI (Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente), ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) ed RSE (Ricerca Sistema Energetico), per l'attuazione della Direttiva 31/2010/EU. Sulla base di quanto stabilito dalla Commissione Europea, tale gruppo di lavoro si sta adoperando per la definizione e l'applicazione della metodologia comparativa da applicare ad edifici di riferimento su scala nazionale, al fine dell'ottenimento dei suddetti "cost-optimal levels".

**Edifici di riferimento**

Ai fini della metodologia comparativa, gli edifici di riferimento possono essere reali - esempi di edifici più diffusi all'interno di una data categoria - oppure virtuali (archetipi), vale a dire rappresentativi di una data categoria ma non realmente esistenti. Secondo le Linee Guida relative al Regolamento delegato (UE) N. 244/2012, si possono utilizzare le due diverse modalità a seconda del tipo di categoria di edificio e adattare anche cataloghi di banche dati esistenti degli edifici di riferimento, ispirandosi a lavori già realizzati, come ad esempio TABULA (Typology approach for building stock energy assessment).

Per ciascuna delle seguenti categorie vanno individuati almeno un edificio di riferimento per i nuovi edifici e



**FIGURA 1 - Convenienza economica e ottimizzazione dei costi nella progettazione energetica degli edifici**

due per quelli esistenti:

- abitazioni monofamiliari;
- condomini di appartamenti/multifamiliari;
- edifici uso uffici;
- altre categorie di edifici non residenziali per i quali esistono requisiti minimi specifici di rendimento (vedi elenco nell'allegato I punto 5 della direttiva 2010/31/UE).

All'interno del gruppo di lavoro italiano si è optato per la definizione di edifici virtuali (uno nuovo e due esistenti di diverse epoche), situati in due zone climatiche

**FIGURA 2 - Matrice degli edifici oggetto dell'applicazione della metodologia comparativa al caso italiano**

	NUOVO	ESISTENTE	
		1946-1976	1976-1990
ABITAZIONE MONOFAMILIARE			
PICCOLO CONDOMINIO			
GRANDE CONDOMINIO			
EDIFICIO AD USO UFFICIO			

Misura di efficienza energetica	Parametro	Simbolo
Isolamento termico delle pareti perimetrali	Trasmittanza termica (W/m <sup>2</sup> K)	$U_p$
Isolamento termico della copertura	Trasmittanza termica (W/m <sup>2</sup> K)	$U_r$
Isolamento termico del pavimento	Trasmittanza termica (W/m <sup>2</sup> K)	$U_f$
Isolamento termico dell'involucro trasparente	Trasmittanza termica (W/m <sup>2</sup> K)	$U_w$
Sistemi di schermatura solare	Fattore solare del sistema finestra	$g$
Macchina frigorifera ad alta efficienza	Indice di efficienza energetica in condizioni di progetto	$EER$
Sistemi solari termici	Percentuale di copertura dei consumi di ACS con impianti solari termici	%SOL
Sistemi fotovoltaico	Percentuale di copertura dei consumi (di energia primaria) con impianti fotovoltaici	%PV
Sistemi ad alta efficienza per la produzione di ACS	Rendimento del sistema al 100% del carico	$\eta_{gn}, P_n, W$
Generatore termico ad alta efficienza	Rendimento di generazione	$\eta_{gn}$
Sistema intelligente di regolazione	Rendimento di regolazione e controllo	$\eta_{ctr}$

**TABELLA 1 - Esempio di misure di efficienza energetica per edifici residenziali esistenti**

(B ed E, ai sensi del D.P.R. 412/93), per quattro tipologie edilizie (abitazione monofamiliare, piccolo condominio, grande condominio, edificio ad uso ufficio), per un totale di 24 edifici di riferimento.

Si farà riferimento al progetto TABULA per gli edifici residenziali esistenti, mentre per gli edifici residenziali nuovi e gli edifici ad ufficio si utilizzeranno tipologie definite da ENEA. La classificazione dei sistemi impiantistici è effettuata sulla base dei dati dell'indagine CRESME per ENEA in funzione della tipologia di alimentazione, del sistema di emissione dell'aria e del sistema di regolazione della temperatura per gli impianti di riscaldamento, mentre per quelli di climatizzazione estiva si è considerata la tipologia di impianto e il sistema di regolazione. In figura 2 si riporta la matrice degli edifici residenziali esistenti scelti come oggetto della valutazione.

### Misure di efficienza energetica

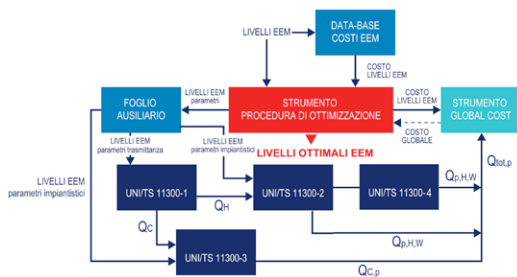
In base alla direttiva 2010/31/UE e al regolamento, gli Stati Membri sono tenuti a definire le misure di efficienza energetica (EEM) da applicare agli edifici di riferimento. Le misure soggette al calcolo riguardano i sistemi di fornitura energetica decentrati, la cogenerazione, il teleriscaldamento e il teleraffreddamento e le pompe di calore; inoltre misure basate sull'energia da fonti rinnovabili.

Al fine di prendere in considerazione l'interazione tra le differenti misure (ad esempio isolamento dell'involucro che incide sulla potenza e le dimensioni dei sistemi impiantistici) le misure dovrebbero essere combinate in pacchetti di misure e/o varianti, per creare sinergie volte ad ottenere risultati migliori (in termini di costi e prestazioni energetiche) rispetto a quelli ottenibili con misure singole.

L'elenco degli interventi di riqualificazione energetica considerati all'interno della metodologia comparativa sono stati suddivisi in diverse categorie, a seconda della tipologia edilizia di volta in volta considerata: edifici residenziali esistenti, edifici residenziali nuovi, edifici ad uso ufficio esistenti, edifici ad uso ufficio nuovi. A titolo di esempio si riportano in Tabella 1 gli interventi considerati per la categoria "edifici residenziali esistenti".

In merito a ciascuna categoria, per ogni intervento considerato si utilizzerà una scala di valori su più livelli (fino a 5), dei quali il secondo rappresenta la conformi-

**FIGURA 3 - La procedura di ottimizzazione**



tà alle attuali prescrizioni energetiche in vigore, il primo è peggiorativo, gli altri migliorativi. Se si prende per esempio in considerazione un intervento di riqualificazione energetica dell'involucro edilizio, il primo livello considera una soluzione peggiore dei limiti di legge, il secondo livello quello previsto dall'Allegato C del D. Lgs. 311/06, i successivi livelli considerano soluzioni migliorative. Per l'applicazione della procedura di ottimizzazione dei costi è necessario quindi definire:

- le misure di efficienza energetica;
- le opzioni di risparmio energetico;
- i costi degli interventi.

**Calcolo dei costi**

Il calcolo dei costi avviene secondo la UNI EN 15459, che fornisce un metodo di calcolo degli aspetti economici legati all'applicazione degli impianti di riscaldamento e di altri impianti tecnici che influenzano i consumi di energia dell'edificio. Secondo la UNI EN 15459 occorre prendere in considerazione le seguenti categorie di costo:

- iniziali d'investimento;
- annuali correnti (energetici, di manutenzione, di esercizio, aggiunti);
- straordinari di sostituzione (di componenti e sistemi).

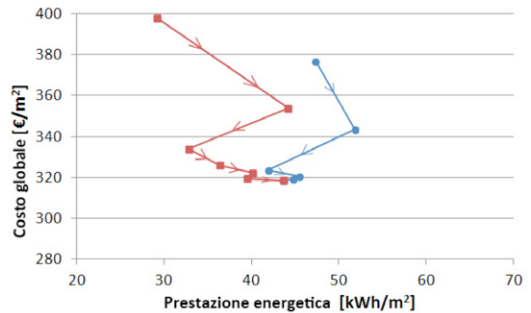
Per applicare la metodologia comparativa è necessario utilizzare banche dati contenenti i costi degli interventi e i costi energetici.

**Metodologia di calcolo**

L'obiettivo della procedura di calcolo è quello di determinare il fabbisogno globale annuo di energia in termini di energia primaria, includendo i seguenti servizi: riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda e illuminazione. Possono essere inclusi l'energia elettrica per gli elettrodomestici e i carichi per presa di corrente, ma non si tratta di una disposizione obbligatoria.

Si raccomanda agli Stati Membri di utilizzare le norme CEN per i calcoli della prestazione energetica. La norma UNI EN 15603:2008 fornisce uno schema generale per il calcolo energetico; tale procedura comprende le seguenti fasi:

1) calcolo del fabbisogno netto di energia termica per soddisfare i requisiti degli utenti. Ad esempio, in inverno



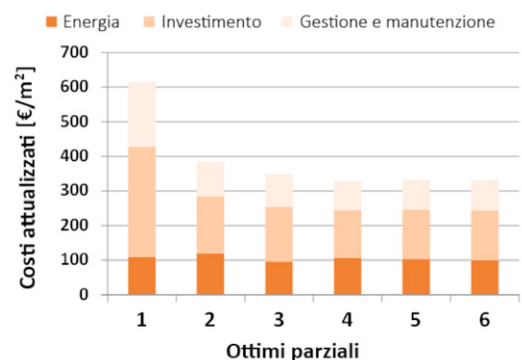
**FIGURA 4 - Percorso di ottimizzazione per due differenti scenari iniziali di efficienza energetica**

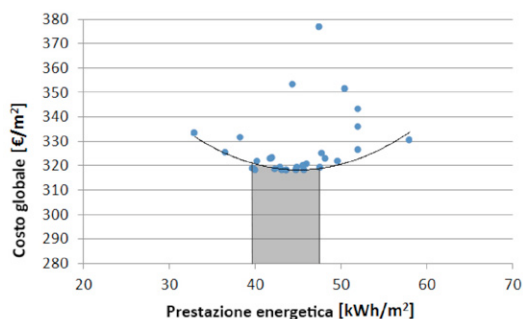
il fabbisogno energetico è calcolato come dispersione di energia termica per trasmissione attraverso l'involucro e per ventilazione meno i guadagni interni (da apparecchiature, sistemi di illuminazione e occupazione) e i guadagni «naturali» di energia (riscaldamento solare passivo);

2) sottrazione dell'energia termica da sorgenti rinnovabili generata e utilizzata in situ (ad esempio, da collettori solari);

3) calcolo del consumo di energia per ciascun uso finale (riscaldamento e raffreddamento di ambienti, acqua calda, illuminazione, ventilazione) e per ciascun vettore di energia (elettricità, combustibili), tenendo conto delle caratteristiche (efficacia stagionale) della produzione, della distribuzione, delle emissioni e dei sistemi di controllo;

**FIGURA 5 - Costi attualizzati dei successivi ottimi parziali in un processo di ottimizzazione**





**FIGURA 6 - Range del livello ottimale in funzione dei costi**

- 4) sottrazione dal consumo di elettricità dell'energia termica da sorgenti rinnovabili generata e utilizzata in situ (ad esempio, da pannelli fotovoltaici);
- 5) calcolo dell'energia fornita per ciascun vettore di energia come somma dei consumi di energia (non coperta dall'energia da fonti rinnovabili);
- 6) calcolo dell'energia primaria associata all'energia fornita (delivered) e all'energia esportata verso il mercato (exported), generata da sorgenti rinnovabili o da cogeneratori in situ;
- 7) calcolo dell'energia primaria netta come differenza tra quella associata all'energia fornita e quella associata all'energia esportata.

A livello nazionale il calcolo del fabbisogno di energia degli edifici di riferimento è condotto mediante le specifiche tecniche UNI/TS 11300.

### Procedura di ottimizzazione

Una volta definito il fabbisogno energetico degli edifici di riferimento si procede, mediante un calcolo iterativo, alla definizione del pacchetto di interventi che garantisce per quella specifica categoria edilizia il livello ottimale di costo, corrispondente cioè al massimo valore attuale netto dell'investimento.

La metodologia di ottimizzazione adottata considera opzioni discrete di efficienza energetica (per esempio, differenti livelli di isolamento termico), applicate una per volta al fine di ottenere per ogni passo del calcolo un nuovo parziale "edificio ottimizzato".

Si assume come punto di partenza del calcolo iterativo di ottimizzazione un pacchetto di riferimento di opzioni

energetiche efficienti; il valore attuale di ciascuna serie di opzioni energetiche efficienti è definita rispetto al set di riferimento.

In figura 3 si riporta un quadro riassuntivo della procedura di ottimizzazione adottata.

### Esempio di applicazione della metodologia

Nelle successive figure si riportano alcuni risultati ottenuti a seguito dell'applicazione della procedura di ottimizzazione al caso studio "edificio piccolo condominio esistente, 1946-1976" secondo la figura 2.

La figura 4 mostra il percorso di ottimizzazione tramite "ottimi parziali" per due differenti scenari di partenza: il percorso di sinistra è ottenuto partendo da un basso livello di efficienza energetica globale dell'edificio, mentre per lo scenario di destra si sono utilizzati i massimi livelli di efficienza energetica per ogni parametro prestazionale costituente il pacchetto di misure EEM considerato. I risultati mostrano come indipendentemente dal pacchetto, più o meno prestante, dal quale si avvia la procedura di ottimizzazione, i risultati convergono al medesimo valore di costo globale, con scarsi scostamenti in termini di corrispondente fabbisogno di energia primaria.

La figura 5 mostra i costi attualizzati (distinti per costo dell'energia, costo d'investimento iniziale e costi operativi e di manutenzione) dei sei ottimi parziali ottenuti dal processo di ottimizzazione, per lo scenario di destra di figura 4. Il sesto ottimo parziale corrisponde al livello ottimale finale.

Applicando differenti scenari iniziali al processo di ottimizzazione, si ottiene quanto riportato in figura 6: i punti più bassi corrispondono allo scenario per il quale si ottiene il minore costo globale (circa 300 euro/m²), mentre i corrispettivi valori di energia primaria costituiscono un "intervallo ottimale", che in questo caso specifico varia tra 40 e 47 kWh/m² anno.