

Livelli ottimali in funzione dei costi dei requisiti energetici ed edifici di riferimento

*Original*

Livelli ottimali in funzione dei costi dei requisiti energetici ed edifici di riferimento / Corrado, Vincenzo; Paduos, SIMONA ANGELA ALINA. - In: INGEGNERITORINO. - STAMPA. - 2:(2012), pp. 36-41.

*Availability:*

This version is available at: 11583/2503444 since:

*Publisher:*

Ordine degli Ingegneri della provincia di Torino

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

openAccess

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)

# INGEGNERITORINO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI TORINO

2  
2012



Spedizione in abb. postale Poste Italiane - 70% - DC - D.C.I. - Torino

Rivista di aggiornamento tecnico scientifico

Editore



ORDINE DEGLI  
**INGEGNERI**  
DELLA PROVINCIA DI  
**TORINO**

Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Torino  
via Giovanni Giolitti, 1 - 10123 Torino  
Tel. 011 562 24 68 - Fax 011 562 13 96  
www.ordingt torino.it  
e-mail: ordine.ingegneri@ordingt torino.it

**Direttore Responsabile**  
Remo Giulio Vaudano

**Direttore Tecnico Scientifico**  
Alessandra Comoglio

**Direttore Coordinamento Redazione**  
Raffaele De Donno

**Comitato Redazionale**  
Vincenzo Corrado  
Vera Fogliato  
Fulvio Giani  
Dolores Piermatteo  
Cosimo Valente

**Segreteria di Redazione**  
Vanda Gedda  
Gesua Calandra

**Amministrazione e Redazione**  
Via Giolitti, 1 - 10123 Torino  
Tel. 011.5622468  
Fax 011.5621396  
redazione.ingegneritorino@ordingt torino.it  
www.ordingt torino.it  
Codice Fiscale 80089290011

**Consulenza Editoriale**  
Daniele Milano

**Progetto Grafico**  
Glebb & Metzger - Torino

**Pubblicità**  
Ap Srl  
Strada Rigolino 1 bis - 10024 Moncalieri  
Tel. 011.6615469  
Fax 011.6615184  
marketing@apsrl.com

**Stampa**  
Stamperia Artistica Nazionale S.p.A.  
Trofarello (To)

Autorizzazione del Tribunale  
n. 881 del 18 gennaio 1954

**In copertina:**  
Un'immagine della mostra  
*Fare gli italiani* presso le OGR di Torino  
(foto di Mattia Boero)



# SOMMARIO

- **SPECIALE ASSEMBLEA GENERALE** 34 **IKEA SEMPRE PIÙ MADE IN ITALY**  
*Daniele Milano*
- 2 **ASSEMBLEA GENERALE DEL 27 MARZO 2012: LA RELAZIONE DEL PRESIDENTE**  
*Remo Giulio Vaudano*
- **EVENTI**
- 10 **INGEGNERI, ARCHITETTI, LAVORI PUBBLICI**  
*Stefano Zingaro*
- 14 **LA CERTIFICAZIONE EN9100 PER LE AZIENDE DEL SETTORE AEROSPAZIALE**  
*Corrado Scapellato*
- 18 **AVIAZIONE ULTRALEGGERA AVANZATA: IL DPR 133**  
*Giovanni Zippo*
- 20 **SFIDE SULLA NEVE**  
*Paolo Gallo*
- 22 **DICONO DI NOI**
- **ATTUALITÀ**
- 24 **CHI SONO I GIOVANI INGEGNERI IN PIEMONTE?**  
*Commissione Giovani Ingegneri e nuovi servizi per gli Iscritti Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino*
- 26 **AGGIORNAMENTI DI QUALITÀ**  
*Ugo Micoli*
- 30 **IL CANTIERE DEL GRATTACIELO INTESA SANPAOLO**  
*R. Guala, V. Turini*
- **APPROFONDIMENTO TECNICO**
- 36 **LIVELLI OTTIMALI IN FUNZIONE DEI COSTI DEI REQUISITI ENERGETICI ED EDIFICI DI RIFERIMENTO**  
*V. Corrado, S. Paduos*
- **CURIOSITÀ**
- 42 **FARE GLI ITALIANI: ATTO SECONDO**  
*Daniele Milano*
- 44 **GLI UTILIZZI CIVILI DEI VELIVOLI A PILOTAGGIO REMOTO**  
*Marco Cantavenna*
- **FONDAZIONE**
- 48 **UN INGEGNERE HA SEMPRE UN POSTO IN PRIMA FILA**  
*Alessio Toneguzzo*
- 50 **OFFERTA FORMATIVA**

# LIVELLI OTTIMALI IN FUNZIONE DEI COSTI DEI REQUISITI ENERGETICI ED EDIFICI DI RIFERIMENTO

## DALLA EPBD RECAST AL CASO ITALIA



**VINCENZO CORRADO**  
Professore al Politecnico di Torino  
- Dipartimento Energia

### LA EPBD RECAST

In ambito europeo i principi relativi al miglioramento della prestazione energetica degli edifici sono definiti nella direttiva 2002/91/CE, meglio conosciuta come EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*). L'EPBD è stata riformulata attraverso la direttiva 2012/31/UE, nota come EPBD recast.

Tra i vari chiarimenti e prescrizioni, la 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.

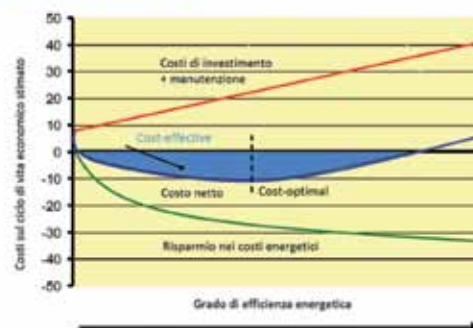
La EPBD recast impone agli Stati Membri che i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici o delle unità immobiliari siano definiti in un'ottica di raggiungimento dei livelli ottimali di costo; gli Stati Membri devono inoltre prendere le misure necessarie per garantire che i requisiti minimi di rendimento energetico siano fissati per gli elementi dell'involucro edilizio che abbiano un impatto significativo sulle prestazioni energetiche nel momento in cui vengano ad essere oggetto di intervento, al fine del raggiungimento dei medesimi livelli ottimali di costo (EPBD recast art. 4.1 e 14).

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", dove il costo più basso è determinato 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. Ogni Stato Membro determinerà la durata del ciclo di vita economico dell'elemento considerato dell'intero edificio. In figura 1 si

1

Cost effective vs. cost optimal



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 arrivare all'ottimizzazione dei costi nella progettazione energetica degli edifici.

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).



**SIMONA PADUOS**  
Assegnista di Ricerca  
al Politecnico di Torino  
- Dipartimento Energia

## METODOLOGIA DI CALCOLO DEI LIVELLI OTTIMALI DI COSTO

Il 21 marzo 2012 è stato pubblicato il Regolamento delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012, che integra la direttiva 2010/31/UE istituendo 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 (Orientamenti della Commissione) che accompagna il suddetto Regolamento. Le linee guida includono informazioni che dovrebbero 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 (ovvero il valore attuale netto) 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.

Con la metodologia fornita dalla Commissione Europea, la valutazione dei dati di ingresso (come condizioni climatiche, costi di investimento, ecc..) e il calcolo dei risultati vengono effettuati a livello nazionale, da ciascuno degli Stati Membri. Tuttavia informazioni come le stime a lungo termine dei prezzi dell'energia

sono fornite dalla Commissione Europea.

Utilizzando questa 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 essi, e confrontano i risultati di questi calcoli con i requisiti minimi di rendimento energetico in vigore. Gli Stati Membri sono invitati a riferire alla Commissione tutti i dati e le ipotesi utilizzati per il calcolo, e i risultati dei calcoli.

Gli Stati Membri devono presentare le loro relazioni alla Commissione ad intervalli regolari di massimo cinque anni, con la prima relazione prevista per il Giugno 2012. 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. Nel caso in cui il divario non possa essere giustificato, lo Stato Membro deve elaborare un piano che delinei le misure appropriate da introdurre nei successivi regolamenti energetici per ridurre significativamente il divario. La Commissione pubblicherà una relazione sui progressi compiuti dagli Stati Membri riguardante i livelli ottimali di costo dei requisiti minimi di prestazione energetica.

Ogni governo nazionale dovrà collaborare con i soggetti interessati sul loro mercato al fine di raccogliere dati relativi ai costi di costruzione e alle offerte standard più recenti da parte di imprese edili. Questi dati di mercato reali su edifici e su parti di questo, in combinazione con l'uso di database esistenti di costi, dovrebbero essere la base del calcolo del costo globale.

La collaborazione con il settore privato sarà essenziale in ciascuno Stato Membro, sia per ottenere i dati relativi ai costi, ma anche per stabilire le giuste misure di efficienza energetica, nonché quelle basate sulle fonti energetiche rinnovabili, e dei vari pacchetti di interventi combinati tra loro.

Gli Stati Membri devono stabilire i loro requisiti minimi di rendimento energetico degli edifici e di elementi di essi che rispettino la metodologia del costo ottimale:

1

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

- entro il 9 gennaio 2013 per gli edifici occupati da enti pubblici;
- dal 9 luglio 2013 per gli altri edifici.

Tuttavia, a partire dal 30 giugno 2012, gli Stati Membri devono comunicare alla Commissione tutti i dati e le ipotesi utilizzati per i calcoli ed i risultati di questi calcoli. La relazione contiene i principali fattori di conversione di energia applicata, i risultati dei calcoli a livello macroeconomico e finanziario, l'analisi di sensibilità e l'evoluzione e l'andamento dei prezzi dell'energia e del carbone assunti nei calcoli.

È noto da informazioni raccolte nell'autunno 2010, che gli Stati Membri si sono approcciati in maniere differenti alla fissazione di standard minimi di rendimento energetico: 18 paesi su 21 hanno effettuato valutazioni di requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici; i restanti 3 hanno dichiarato di non averlo ancora fatto; dei paesi che hanno effettuato le valutazioni, 12 hanno riferito che hanno effettuato valutazioni economiche per la definizione dei requisiti energetici per i nuovi edifici, e di questi, 9 hanno incluso nella valutazione anche gli edifici esistenti. Per quanto riguarda le valutazioni economiche, un numero simile di paesi ha segnalato di effettuare valutazioni finanziarie; solo 8 paesi hanno segnalato altri tipi di valutazione costi-benefici, di cui 2 erano esplicitamente per l'abbattimento del carbonio.

### 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), 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 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 di calcolo del livello ottimale in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica, 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 comunque realmente esistenti. Secondo le linee guida in riferimento 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* («Approccio tipologico per la valutazione energetica del parco immobiliare») e ASIEPI.

TABULA è un progetto nell'ambito del programma *Intelligent Energy Europe* (IEE) finalizzato a creare una struttura armonizzata sulla tipologia edilizia in Europa. La classificazione del parco edilizio residenziale è basata sulla definizione di "edifici tipo" nazionali, in funzione del periodo di costruzione, della geometria e delle condizioni climatiche. Ogni tipologia edilizia è caratterizzata da dimensioni, fattori di forma, proprietà termo-fisiche (es. trasmittanza termica dei componenti), efficienza degli impianti di riscaldamento ed altri indicatori energetici. Un obiettivo fondamentale del progetto è quello di stimare il consumo di energia del parco edilizio nazionale e, di conseguenza, di prevedere il potenziale impatto delle misure di efficienza ener-

getica, al fine di selezionare le strategie efficaci per la riqualificazione degli edifici esistenti.

Il progetto ASIEPI (*Assessment and Improvement of the EPBD Impact*) si è posto l'obiettivo di sviluppare e testare uno strumento di comparazione tra gli Stati Membri circa l'applicazione delle prescrizioni energetiche minime introdotte con la EPBD. Il progetto ha raccolto un campione di edifici residenziali di riferimento ed ha ideato una metodologia di comparazione dei livelli richiesti di prestazioni energetiche, nonché uno strumento Excel di ausilio.

Secondo quanto previsto dal Regolamento, per ciascuna delle seguenti categorie vanno individuati almeno un edificio di riferimento per i nuovi edifici e 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 quindi optato per la definizione di edifici virtuali (uno nuovo e due esistenti di diverse epoche), situati in due zone climatiche (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.

Come banca dati si farà riferimento al progetto TABULA per gli edifici residenziali della zona climatica E, mentre per gli edifici ad ufficio si utilizzeranno le 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.

A titolo di esempio si riporta in figura 2 la matrice della Tipologia Edilizia della zona climatica E italiana elaborata dal Politecnico di Torino nell'ambito del progetto TABULA.

### 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 da applicare agli edifici di riferimento definiti. Le misure soggette al calcolo devono riguardare 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), queste 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 nella tabella in figura 3 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 (tipicamente 5), dei quali il secondo rappresenta la conformità 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'in-

2

		CLASSE DI DIMENSIONE EDILIZIA			
Area climatica media		CASE MONOFAMILIARI	CASE A SCHIERA	EDIFICI MULTIFAMILIARI	BLOCCHI DI APPARTAMENTI
CLASSE DI EPOCA DI COSTRUZIONE	1 Fino al 1900				
	2 1901-1920				
	3 1921-1945				
	4 1946-1960				
	5 1961-1975				
	6 1976-1990				
	7 1991-2005				
	8 Dopo il 2005				

volucro edilizio, il primo livello considera un valore di trasmittanza termica superiore a quanto prescritto dall'Allegato C del D. Lgs. 311/06, il secondo livello esattamente quello previsto dalla legislazione per la zona climatica considerata, 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 costi:

- 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 anche dati contenenti i costi degli interventi e i costi energetici, operazione per la quale è prevista una stretta collaborazione tra RSE, ENEA e MSE.

### Metodologia di calcolo

L'obiettivo della procedura di calcolo è quello

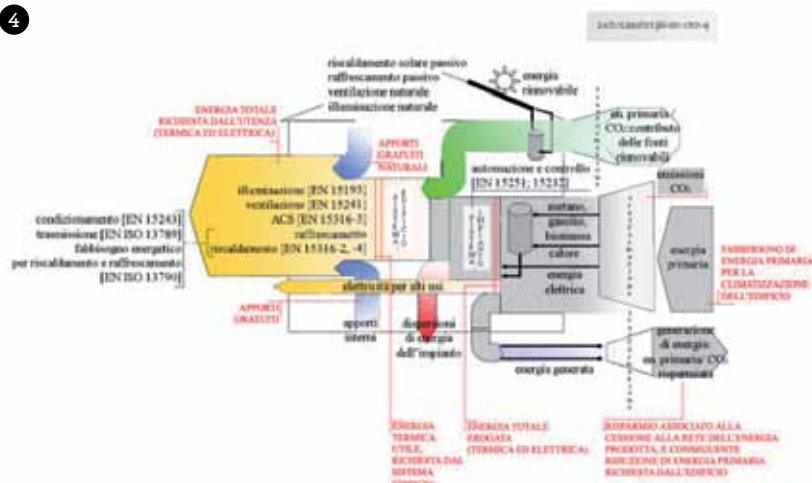
2

Matrice della Tipologia Edilizia della zona climatica E italiana (tratto dalla Building Typology Brochure - Italy, progetto TABULA)

3

N.	MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	PARAMETRO	SIMBOLO
1	Isolamento termico delle pareti perimetrali	Trasmittanza termica (W/m2K)	Up
2	Isolamento termico della copertura	Trasmittanza termica (W/m2K)	Ur
3	Isolamento termico del pavimento	Trasmittanza termica (W/m2K)	Uf
4	Isolamento termico dell'involucro trasparente	Trasmittanza termica (W/m2K)	Uw
5	Sistemi di schermatura solare	Fattore solare del sistema finestra	g
6	Macchina frigorifera ad alta efficienza	Indice di efficienza energetica in condizioni di progetto	EER
7	Sistemi solari termici	Percentuale di copertura dei consumi di ACS con impianti solari termici	%SOL
8	Sistemi fotovoltaici	Percentuale di copertura dei consumi (di energia primaria) con impianti fotovoltaici	%PV
9	Sistemi ad alta efficienza per la produzione di ACS	Rendimento del sistema al 100% del carico	$\eta_{gn,Pn,W}$
10	Generatore termico ad alta efficienza	Rendimento di generazione	$\eta_{gn}$
11	Sistema intelligente di regolazione	Rendimento di regolazione e controllo	$\eta_{ctr}$

4



di determinare il fabbisogno globale annuo di energia in termini di energia primaria, che include il fabbisogno di energia a fini riscaldamento, raffreddamento, 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 che procede secondo il diagramma di flusso mostrato in figura 4. La procedura comprende le seguenti fasi:

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



- re di energia (elettricità, combustibili), tenendo conto delle caratteristiche (efficacia stagionale) della produzione, della distribuzione, delle emissioni e dei sistemi di controllo;
- 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*), ad esempio generata da sorgenti rinnovabili o da cogeneratori in situ, utilizzando i fattori nazionali di conversione;
  - 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 verrà condotto mediante una doppia metodologia: secondo le specifiche tecniche UNI/TS 11300 e secondo una metodologia di tipo dinamico semplificato, sulla base della norma UNI EN ISO 13790, opportunamente integrata per determinare i rendimenti degli impianti.

### 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.

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.

### BIBLIOGRAFIA

Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD recast).

Commissione Europea. *Regolamento Delegato (UE) N. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo 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.*

Commissione Europea. *Orientamenti che accompagnano il regolamento delegato (UE) n. 244/2012 del 16 gennaio 2012 della Commissione che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per calcolare livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi.* 19 Aprile 2012.

European Council for an Energy Efficient Economy. *Cost optimal building performance requirements Calculation methodology for reporting on national energy performance requirements on the basis of cost optimality within the framework of the EPBD.* Stockholm. Maggio 2011.

EEB. *Harmonized Cost Optimal Metho-*

*dologies for the Energy Performance in Buildings Directive - EEB Principles to Calculate Minimum Energy Performance Requirements in Buildings.* Brussels. Aprile 2010.

BPIE. *Cost Optimality. Discussing methodology and challenges within the recast Energy Performance of Buildings Directive.* Settembre 2010.

Concerted Action. *Cost optimal levels for energy performance requirements - The Concerted Action's input to the Framework Methodology.* Maggio 2011.

Wittchen K.B. Thomsen K.E. *Implementation of the cost optimal methodology according to the EPBD recast.* REHVA Journal. Marzo. 2012.

Corrado V. et al. *Building Typology Brochure - Italy. Fascicolo sulla Tipologia Edilizia Italiana.* Torino: Politecnico di Torino. Dicembre 2011.

UNI EN 15459. *Prestazione energetica degli edifici. Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici.* Luglio 2008.

UNI EN 15603. *Prestazione energetica degli edifici. Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica.* Luglio 2008.

UNI CEN/TR 15615. *Spiegazione della relazione generale tra le varie norme europee e la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD). Documento riassuntivo.* Settembre 2008.

3

Esempio di misure di efficienza energetica per edifici residenziali esistenti

4

Schema di calcolo della prestazione energetica secondo la normativa tecnica europea