

Emergenza ambientale, dipendenza energetica e sostenibilità economica dei costi dell'energia. Tre aspetti di uno stesso problema, quello della qualità energetica degli edifici che nell'Ue assorbono circa il 40% dell'energia'.

Investire sulla qualità energetica degli edifici conviene. Conviene anche senza toccare aspetti ambientali che comunque rappresentano un'emergenza che non può essere trascurata, conviene anche senza il bisogno di parlare di esternalità e dei costi veri dell'energia che sono diversi rispetto a quelli di mercato. Conviene anche all'interno di una logica strettamente economica: da una parte i maggiori investimenti, dall'altra i risparmi nella gestione.

Ma quali sono i meccanismi che possono rimuovere quelle barriere che nascondono l'interesse ad investire sulla qualità energetica? Riferimenti legislativi più rigorosi che però non sono sufficienti. Ci poniamo ora il problema della qualità energetica degli edifici dimenticandoci che quelle poche regole che ci sono non vengono applicate. La legge 10/91, ad esempio. Quanti comuni riescono ad effettuare un minimo di verifica? Pochi, molto pochi, e così nemmeno quella qualità energetica di base viene garantita. Ben vengano allora azioni di accompagnamento e incentivazioni a chi costruisce edifici di qualità, se l'utilizzo di questi finanziamenti almeno attiva quei minimi meccanismi di controllo che rimangono lettera morta.

E se l'interesse ad investire sulla qualità energetica nascesse proprio all'interno del settore edilizio e la qualità energetica diventasse proprio l'elemento che fa la differenza? Questo è forse il nodo da sciogliere: non una qualità imposta ma una qualità voluta e dichiarata, una qualità che diventa fattore di maggiore appetibilità sul mercato, non una qualità nascosta ma una qualità esposta attraverso una targa energetica ben visibile. In questo articolo sono riportati i risultati di uno studio condotto da Arpa Lombardia per conto della Regione, il cui scopo era quello di definire, all'interno del contesto lombardo, le diverse soglie della qualità e gli investimenti richiesti per raggiungerla. I risultati ottenuti sono incoraggianti: per gli edifici normali, ossia quelli che normalmente vengono messi sul mercato, la qualità può essere raggiunta con maggio-

Quanto costano gli edifici sostenibili

Uno studio commissionato dalla Regione Lombardia sulla relazione tra risparmi di gestione e investimenti correlati e un risultato incoraggiante: costruire sostenibile non alza i prezzi delle case

Sergio Zabot, Giuliano Dall'O'





Classe	Fabbisogno di Calore kWh/m2 anno
Classe A	≤ 30
Classe B	≤ 50
Classe C	≤ 70
Classe D	≤ 90
Classe E	≤ 120
Classe F	≤ 160
Classe G	≥ 160

Classificazione degli edifici in funzione del fabbisogno di calore.

Sopra: Dresda superisolamento a cappotto.

Nella pagina a fianco: il certificato Casa Clima informa il consumatore, attraverso una rappresentazione semplificata, sul fabbisogno energetico di una casa. Viene rilasciato nella provincia di Bolzano.

Caratteristiche tecniche e prestazionali degli edifici considerati per il calcolo parametrico.

ri costi che influiscono poco sul prezzo di vendita degli immobili.

Impostazione metodologica dello studio

L'analisi si focalizza su una serie di edifici residenziali e nelle valutazioni seguenti si andranno a confrontare i diversi effetti degli interventi sull'involucro edilizio rispetto un edificio campione costruito secondo le regole attualmente vigenti.

Si sono considerate quattro tipologie edilizie che sono significative in ambito lombardo:

- edificio a torre di 8 piani (composto da 32 appartamenti);
- edificio in linea di 4 piani (composto da 16 appartamenti);
- villetta pluri-familiare o a schiera (composta da 6 appartamenti);
- villetta monofamiliare.

È stata definita una classificazione in sette classi in base al fabbisogno di calore, cioè il calore che deve essere fornito all'ambiente riscaldato per mantenere la temperatura di progetto dello spazio riscaldato².

La classificazione rispecchia l'orientamento comunitario prevalente di adottare uno schema unitario mutuato dalla classificazione degli elettrodomestici, peraltro già adottata in Austria e dalla Provincia Autonoma di Bolzano per la certificazione "Casa Clima"³.

Essa prevede le classi di fabbisogno di calore riportate nella tabella a fianco.

I limiti entro i quali le classi si muovono sono

riferiti al solo fabbisogno di calore del solo involucro edilizio, escludendo quindi il contributo dell'impianto.

Il fabbisogno di calore nella normativa vigente (UNI 10379 e UNI 10344) viene altresì definito come fabbisogno energetico utile, ovvero la quantità di energia termica richiesta da ogni singola zona termica per garantire le condizioni interne prefissate⁴.

Caratteristiche degli edifici campione

Per il confronto parametrico si sono considerate quattro tipologie edilizie comuni per le quali si forniscono nel seguito le caratteristiche più salienti:

- edificio a torre con pianta quadrata e composto da otto piani fuori terra e tre piani interrati adibiti ad uso di box e cantine; ogni piano è suddiviso in quattro appartamenti con superficie lorda media di circa 126 m²;
- edificio in linea con pianta rettangolare ed è composto da tre piani fuori terra e un piano interrato adibito a box e cantine; ogni piano è suddiviso in quattro appartamenti, con una superficie media di circa 102 m². La disposizione dei locali è rispettosa di alcune teorie bioclimatiche in quanto: i locali di soggiorno a sud con terrazzo nella zona soggiorno garantiscono l'ingresso della radiazione solare, e quindi il suo contributo energetico, nei mesi invernali e in quelli estivi garantisce un ombreggiamento delle superfici vetrate esposte; locali di servizio e corpi scale esposti a nord. La copertura dell'edificio è piana.
- villette a schiera. L'edificio preso in esame è il tipico edificio residenziale ed è composto da sei villette monofamiliari. Ogni villetta è suddivisa in tre livelli così composti: un piano interrato, in cui sono ubicati una taverna ed un box. La superficie media riscaldata è di circa 143 m². La disposizione dei locali è rispettosa di alcune teorie bioclimatiche; in particolare i locali di soggiorno sono disposti a sud con il terrazzo che garantisce l'ingresso della radiazione solare, e quindi il suo contributo energetico, nei mesi invernali, mentre in quelli estivi garantisce un ombreggiamento delle superfici vetrate esposte. La copertura dell'edificio è a falda con tegole e sottotetto non praticabile e non riscaldato;
- villetta monofamiliare. L'edificio preso in esame è un tipico edificio residenziale ed è rappresentato da una villetta monofamiliare, composta da un piano interrato, in cui sono ubicate una taverna ed un box, e da due piani fuori

Tipologia edificio	A torre	In linea	A schiera	Villetta
Monof.				
Volume lordo riscaldato V (m ³)	13.321	5.755	3.238	588
Superficie interna che delimita il volume S (m ²)	4.325	2.932	2.093	437
Superficie vetrata (m ²)	415	270	66	16
Rapporto S/V (m-1)	0,32	0,51	0,65	0,78
Superficie netta riscaldata (m ²)	3.431	1.631	863	149
Superficie copertura (m ²)	505	480	484	81
Cd reale (W/m ² K)	0,40	0,52	0,61	0,69
Fabbisogno di calore involucro (kWh/m ² anno)	90,5	101,6	132,4	144,9



terra per un totale di 185 m². La disposizione dei locali è rispettosa di alcune teorie bioclimatiche: locali di soggiorno a sud con terrazzo nella zona soggiorno che garantisce l'ingresso della radiazione solare, e quindi il suo contributo energetico, nei mesi invernali e in quelli estivi garantisce un ombreggiamento delle superfici vetrate esposte; locali di servizio e corpi scale esposti a nord. La copertura dell'edificio è a falda con sottotetto non praticabile e non riscaldato.

Le caratteristiche tecniche e prestazionali delle tipologie edilizie considerate sono riportate nella tabella a pag. 149.

La valutazione delle prestazioni termiche invernali

La valutazione degli edifici è stata articolata in due fasi.

La prima fase ha riguardato la costruzione del caso base per le quattro tipologie edilizie sopra descritte, in accordo con la normativa attualmente in vigore. Si è quindi effettuata una progettazione di massima di quattro edifici aventi un fabbisogno energetico normalizzato pari al limite superiore delle verifiche della Legge 10/91, in modo cioè da identificare quattro strutture che rispondano ai requisiti minimi della normativa italiana.

L'edificio a torre e quello in linea presentano una struttura a pilastri in c.a. e tamponamenti in mattoni forati 12+8 cm, con intercapedine d'aria e polistirene isolante. Le coperture sono composte da una soletta mista da 16 cm in laterizio e nervatura in c.a.

Le strutture della villetta a schiera e della villetta singola sono in mattoni pieni faccia a vista con polistirene isolante. I tetti sono a falda su una soletta da 20+6 cm. I serramenti usati nel caso base per ciascuna struttura sono in legno e vetro camera 4-12-4.

Le quattro tipologie edilizie sono state poi classificate, sulla base del solo fabbisogno di calore

riferito all'involucro facendo riferimento allo schema CasaClima. La villetta monofamiliare e la villetta schiera risultano essere in Classe F, mentre l'edificio a torre e l'edificio in linea rientrano nella Classe E.

La seconda fase dell'analisi è consistita nell'analizzare interventi sull'involucro edilizio, che permettessero un miglioramento del comportamento termofisico degli edifici in esame, e di valutare il miglioramento del valore del fabbisogno di calore dell'involucro. Gli interventi simulati in questo studio erano inerenti all'isolamento delle pareti e alle superfici vetrate. Partendo dalle strutture sopra descritte nelle varie tipologie edilizie, sono state adottate le correzioni sotto elencate, in base all'obiettivo che si voleva perseguire, ovvero alla classe di efficienza energetica che si voleva raggiungere:

- inserimento dell'isolamento termico in sostituzione dell'intercapedine d'aria;
- aumento dello spessore dell'isolante;
- sostituzione dell'isolante con un altro tipo con prestazioni termiche migliori ovvero con un coefficiente di dispersione termica minore;
- sostituzione dei componenti vetrati con vetri camera più efficienti.

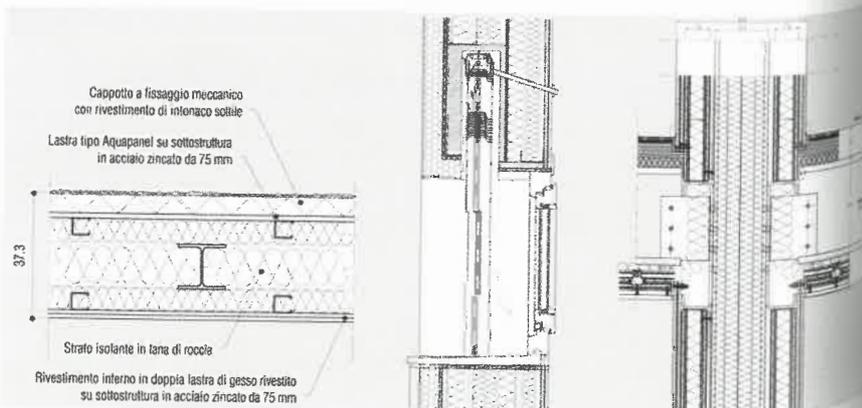
Per questa seconda fase dell'analisi si è ricorso al foglio di calcolo adottato dalla Provincia Autonoma di Bolzano per CasaClima che è stato adattato ai dati climatici di Milano; esso segue le linee guida dettate dalla normativa Europea UNI EN 832 che ha sostituito a livello nazionale la UNI 10344. I risultati delle simulazioni dei casi base per le quattro tipologie edilizie considerate sono riportati sempre nella tabella a pag. 149.

Valutazione tecnico-economica degli interventi

Per valutare i sovraccosti degli interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici considerati si sono effettuate delle simulazioni migliorando via via il livello di coi-

In alto il fronte nord della prima abitazione italiana conforme allo standard Passivhaus realizzata a Chignolo D'Isola.

Sotto, dettaglio delle chiusure (immagini per cortesia Vanoncini).



Interventi di isolamento dell'involucro necessari per raggiungere le diverse classi di fabbisogno termico partendo dal caso base (edifici in linea).

Subsistemi edilizi	Tipologia di Tamponamenti	L. 10/91	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
Pilastro	Trasmittanza (W/m ² K)	0,81	0,83	0,67	0,67	0,2
	Spessore Isolante (cm)	3	2	4	4	16
Muratura Esterna	Trasmittanza (W/m ² K)	1,2	1,2	0,45	0,27	0,19
	Spessore Isolante (cm)	0,5	0,5	6	12	16
Muratura Vano Scale	Trasmittanza (W/m ² K)	0,64	0,64	0,49	0,36	0,2
	Spessore Isolante (cm)	4	4	6	9	16
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza (W/m ² K)	0,63	0,63	0,63	0,48	0,2
	Spessore Isolante (cm)	4	4	4	6	16
Copertura piana	Trasmittanza (W/m ² K)	0,64	0,64	0,48	0,36	0,2
	Spessore Isolante (cm)	4	4	6	9	16
Serramenti	Trasmittanza (W/m ² K)	3,02	3,02	3,02	1,33	1,17
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4) con krypton	Telaio legno vetro camera (4-12-4) con xenon			

bentazione con l'obiettivo di raggiungere le diverse soglie di qualità energetica (da quella base corrispondente agli edifici a norma legge 10 fino alla classe A). Le due tabelle in questa pagina riportano le caratteristiche tecniche degli involucri rispettivamente per l'edificio in linea e per la villetta a schiera.

Il passaggio da una classe all'altra comporta evidentemente un miglioramento delle caratteristiche dell'isolamento termico delle pareti che definiscono l'involucro compresi i serramenti. Confrontando le due tabelle si può osservare come per la tipologia "villette a schiera" risulti più difficile raggiungere livelli più elevati di qualità energetica, essendo maggiore il rapporto tra la superficie disperdente ed il volume riscaldato. Se consideriamo a titolo di esempio le murature esterne, per raggiungere la classe A nelle villette a schiera occorrono 28 cm di isolante mentre per la tipologia edificio in linea ne bastano 16. Per quanto riguarda i materiali iso-

lanti impiegati per la coibentazione delle pareti è stato previsto l'impiego di polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 kg/m³ fino alla classe B e polistirene estruso sinterizzato (XPS) da 25 kg/m³ per la classe A. Per quanto riguarda i serramenti, per la classe B si sono utilizzati telai in legno con vetri-camera (4-12-4) semplici, con all'interno dell'intercapedine aria, krypton e xenon in funzione delle necessità. L'analisi economica considera i costi aggiuntivi relativi ai diversi interventi necessari per raggiungere le Classi obiettivo, partendo dalla situazione di base (edificio L.10/91).

Il costo relativi ai singoli elementi edilizi sono stati desunti dal listino della Camera di Commercio Industria e Artigianato di Milano⁵ oppure direttamente dalle aziende. Si è partiti da un costo base di costruzione di circa 1.000 [€/m²], mentre per quanto concerne l'aspetto economico e le prestazioni degli isolanti si è fatto riferimento all'ANIT - Associazione

Interventi di isolamento dell'involucro necessari per raggiungere le diverse classi di fabbisogno termico partendo dal caso base (villette a schiera).

Subsistemi edilizi	Tipologia di Tamponamenti	L. 10/91	Classe E	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
Muratura Esterna	Trasmittanza (W/m ² K)	0,99	0,67	0,4	0,29	0,2	0,12
	Spessore Isolante (cm)	2	4	8	12	16	28
Tetto a Falda	Trasmittanza (W/m ² K)	0,85	0,6	0,46	0,27	0,2	0,12
	Spessore Isolante (cm)	2	4	6	12	16	28
Parete verso box cantinato	Trasmittanza (W/m ² K)	1,79	1,79	0,64	0,49	0,22	0,15
	Spessore Isolante (cm)	0	0	4	6	14	22
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza (W/m ² K)	1,03	1,03	1,03	0,45	0,22	0,13
	Spessore Isolante (cm)	1	1	1	6	16	26
Parete verso Terreno	Trasmittanza (W/m ² K)	0,75	0,54	0,43	0,26	0,2	0,13
	Spessore Isolante (cm)	2	4	6	12	16	26
Basamento su terreno	Trasmittanza (W/m ² K)	1,27	1,27	1,27	0,92	0,92	0,61
	Spessore Isolante (cm)	1	1	1	2	2	4
Serramenti	Trasmittanza (W/m ² K)	3,02	3,02	3,02	3,02	1,29	1,13
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4) con krypton	Telaio legno vetro camera (4-12-4) con xenon				

Nazionale per L'isolamento Termico e Acustico che ha fornito i dati relativi.

Nella tabella a pagina a fianco sono riassunti i dati più evidenti dell'analisi tecnico-economica e, quindi, i sovra-costi globali, espressi in percentuale sul valore base di costruzione di 1.000 €/m², necessari per portare tutte e quattro le tipologie dalla qualità base, definita dalla legge 10/91, alle diverse classi di fabbisogno energetico.

I dati puntuali ricavati per via analitica hanno consentito di elaborare delle curve, riportate nel diagramma a fianco, che evidenziano come i sovraccosti aumentino bruscamente quando ci si avvicina alla classe massima. Negli stessi grafici è evidente l'influenza del rapporto superficie disperdente/volume riscaldato e la conseguente penalizzazione che caratterizza le tipologie meno compatte.

La classificazione della qualità energetica degli edifici

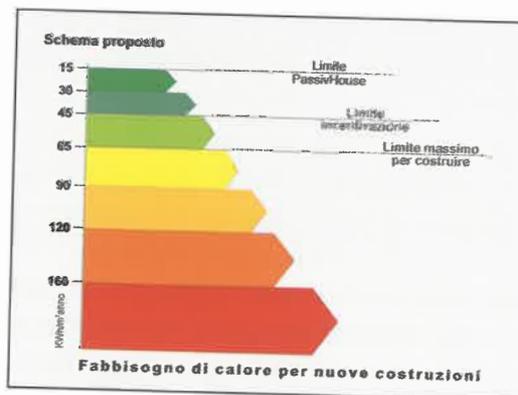
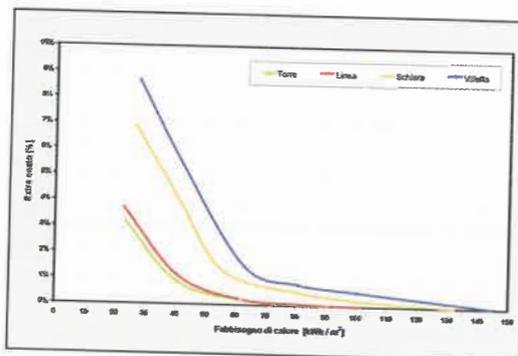
Obiettivo dello studio era quello di definire dei criteri per identificare gli edifici caratterizzati da un'alta qualità energetica e la finalità quella di promuovere una innovazione, sia di processo sia di prodotto, che porti progressivamente i sistemi edificio-impianto a produrre dividendi multipli in termini di minori consumi, minori costi, minore impatti ambientali e che allo stesso tempo possano rappresentare delle opportunità concrete di sviluppo di tutto il mondo progettuale e imprenditoriale, assai vasto, che ruota intorno all'edilizia in genere.

Due sono gli aspetti fondamentali che si manifestano nell'affrontare l'oggetto "casa" dal punto di vista energetico: l'aspetto edilizio, ovvero l'involucro abitativo e l'aspetto impiantistico.

Nella prassi tradizionale questi due aspetti sono nettamente separati e, anche se non mancano esempi di approcci integrati, la realizzazione dell'involucro edilizio rimane prevalentemente un oggetto fortemente artigianale, mentre gli impianti tecnici sono dominio di processi e prodotti fortemente industrializzati.

Di fatto e soprattutto per quanto riguarda l'edilizia residenziale, i Comuni di norma approvano degli schemi architeturali, riguardanti piante, facciate e volumetrie, ma entrano marginalmente nel merito degli aspetti impiantistici di dettaglio, nonostante quanto previsto dal DPR 412/93.

Da qui la necessità di discernere dal punto di vista "certificatorio" quello che attiene all'edi-



Andamento fabbisogni di calore/extracosti. Dal grafico si evidenzia la penalizzazione delle tipologie edilizie meno compatte nelle quali è maggiore il rapporto tra superficie disperdente dell'involucro e volume riscaldato. Sotto, definizione di nuovi standard per la qualità edilizia e limiti per l'erogazione di incentivi.

ficio e alla sua qualità dal punto di vista energetico, quindi le prestazioni dell'involucro edilizio nel minimizzare le perdite di calore nel periodo invernale e limitare il surriscaldamento nel periodo estivo, e quello che attiene all'efficienza degli impianti tecnologici nel trasformare l'energia primaria, tipicamente i combustibili o l'energia elettrica in comfort abitativo e servizi vari, quali acqua calda, illuminazione, uso cucina, ecc..

Si è ritenuto utile quindi, in modo pragmatico, individuare un indicatore di qualità dell'involucro edilizio che consenta di classificare gli edifici in base al fabbisogno di calore necessario a mantenere le condizioni di comfort prefissate. L'indicatore è espresso in unità termofisiche: (kWh/m² anno), che rappresentano la quantità di calore annuale necessaria a mantenere in condizioni di comfort termico un metro quadrato di superficie calpestabile.

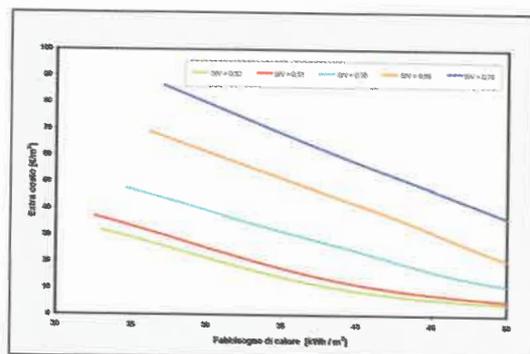
La scelta di utilizzare la superficie calpestabile nasce dal fatto che comunemente gli edifici sono commercializzati sulla base delle superfici e quindi tale unità è di uso comune. D'altra parte i Paesi che già adottano sistemi di etichettatura energetica degli edifici utilizzano questo indicatore.

Per quanto riguarda la scala di riferimento, l'ampiezza della scala e i limiti inferiori e superiori di ciascuna classe, essi sono stati mutuati dal sistema introdotto dalla Provincia di Bolzano che peraltro riprende gli orientamenti prevalenti in sede comunitaria. Peraltro in tutti i pae-

Tabella riassuntiva di confronto tra riduzione dei fabbisogni di calore ed extracosti.

Classe	Fabbisogno di calore [kWh / m2 anno]	Riduzione [kWh/m2 anno]	Riduzione [%]	Extracosto Totale [%]
Edificio a Torre				
E - L.10/91	90,5			
D	80,1	10,4	11%	0,1%
C	61,7	28,8	32%	0,2%
B	40,3	50,3	56%	0,9%
A	23,1	67,5	75%	3%
Edificio in Linea				
E - L.10/91	101,6			
D	80,3	21,3	21%	0,1%
C	60,4	41,2	41%	0,2%
B	40,4	61,2	60%	1,1%
A	22,6	79,0	78%	3,7%
Villetta a Schiera				
F - L.10/91	132,4			
E	104,4	28,0	21%	0,2%
D	80,6	51,8	39%	0,5%
C	55,9	76,5	58%	1,3%
B	41,3	91,1	69%	3,9%
A	26,2	106,2	80%	6,9%
Villetta Monofamiliare				
F - L.10/91	144,9			
E	99,9	44,9	31%	0,5%
D	80,6	64,3	44%	0,9%
C	62,5	82,3	57%	1,5%
B	41,8	103,1	71%	5,4%
A	27,1	117,8	81%	8,6%

Fabbisogni di calore ed extracosti per unità di superficie utile abitabile per diversi valori di rapporti s/v (superficie disperdente/volume riscaldato).



si europei è ormai largamente diffusa l'etichettatura a sette scalini che identifica sette Classi da A a G con una colorazione molto efficace che va dal Verde (bassi consumi) al Rosso (alti consumi). Si propone pertanto di introdurre una classificazione degli edifici secondo l'entità del fabbisogno di calore degli involucri edilizi in quanto ciò permette di caratterizzarne l'efficienza termofisica indipendentemente dalle soluzioni impiantistiche che verranno poi scelte. Per quanto riguarda gli aspetti impiantistici, si propone poi di introdurre un secondo indicatore, espresso sempre in termini di (kWh/m² anno), che utilizzi la stessa scala ma che rappresenti l'equivalente del consumo di energia primaria. Questo secondo indicatore consente di apprezzare l'efficienza del sistema impiantistico e di valorizzare eventuali nuove tecnologie energetiche quali caldaie a condensazione, pompe di calore, impianti solari, ecc.. D'altra parte la casa, intesa come involucro edi-

lizio, è un bene che rimane inalterato per parecchi decenni, mentre gli impianti tecnici possono essere sostituiti o aggiornati in lassi di tempo molto inferiori, per cui si ritiene utile esprimere la "bontà" del sistema edificio-impianto con due indicatori correlati e per cui l'aggiornamento del secondo (efficienza impianto) non necessariamente implica l'aggiornamento del primo (efficienza involucro).

L'incentivazione della qualità energetica degli edifici

Una volta adottata una scala di riferimento per la qualità dell'involucro, sorge la necessità di individuare e fissare da una parte dei limiti superiori di fabbisogno di calore per le nuove costruzioni e dall'altra individuare dei limiti al di sotto dei quali promuovere e incentivare comportamenti più virtuosi, ovvero fissare i limiti di fabbisogno di calore al disotto dei quali l'edificio sia classificabile come edificio ad alta qualità energetica. D'altra parte, l'introduzione di una etichettatura obbligatoria, peraltro già prevista dalla L.10/91 e ribadita dalla Direttiva europea, potrà dare impulso ad un nuovo modo di progettare e di costruire e quindi già nel breve periodo, assorbire gli extracosti stessi.

segue a pagina 224

Sergio Zobot è ingegnere presso l'Arpa Lombardia, Giuliano Dall'O' è Direttore della Rete Punti Energia della Regione Lombardia

1 I contenuti di questo articolo sono tratti dallo studio "Elaborazione di Standard di Qualità per gli Edifici ad Alta Qualità Energetica" condotto da Arpa Lombardia con i contributi di Sergio Zobot, Dino Montalbetti e Marco De Min di Arpa Lombardia, Giuliano Dall'O' e Luca Piterà di Punti Energia, Sergio Mammì e Valeria Erba di ANIT.
2 UNI EN 832:2001 "Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento."
3 Le iniziative della Provincia Autonoma di Bolzano: <http://www.casaclima.info>.
4 UNI 10379 - Riscaldamento degli edifici; Fabbisogno energetico normalizzato - Metodo di calcolo e verifica.
5 CCIAA di Milano, "Prezzi informativi delle opere edili in Milano, 2003 trimestre aprile-giugno."