



Energia

Come eseguire correttamente la "diagnosi" su edifici esistenti

■ di Enrico Baresi, *direttore generale* e Christian Canzi, *settore Energia - Cautha Solutions S.r.l.*

La "diagnosi" energetica dell'immobile (da non confondere con la "certificazione") è uno studio, eseguito su uno stabile esistente, che, attraverso una serie di analisi teoriche e verifiche sul campo, permette di definire lo stato dell'arte energetico, le principali voci di consumo, le componenti della struttura o degli impianti che presentano fenomeni di criticità o di vetustà e le possibili soluzioni correttive con i relativi costi in termini di tempo e risorse da investire. Nell'articolo viene descritta una diagnosi standard, suddivisa per fasi.

Esistono molteplici motivi che inducono a considerare necessario ridurre i consumi energetici a livello generale. I primi e più evidenti sono di natura ambientale ed economica. Il problema dei cambiamenti climatici causati dall'immissione in atmosfera di sostanze inquinanti (e gli accordi internazionali stipulati per porvi rimedio) impongono una drastica riduzione dell'utilizzo dei combustibili fossili, principali cause di tale inquinamento. In aggiunta a questo, il costante aumento dei costi di approvvigionamento di detti combustibili, dovuto alla loro sempre meno facile reperibilità, rende indispensabile, tanto per i governi nazionali, quanto per le utenze domestiche, gli enti pubblici e le imprese, l'attuazione di soluzioni finalizzate a ottenere un taglio delle bollette energetiche.

In Italia i consumi collegati all'edilizia (dalla costruzione alla gestione degli edifici) ammontano a circa il 45% del totale della necessità nazionale. In particolare, si evidenzia uno scarso livello delle prestazioni energetiche delle costruzioni, che sono spesso caratterizzate da alti consumi e basso *comfort* abitativo e/o di utilizzo.

Sulla base di queste premesse, appare evidente come, intervenendo nel settore dell'edilizia, si possano ottenere ottimi risultati in termini di riduzione del fabbisogno energetico e, di conseguenza, di benefici ambientali e di risparmio economico.

In Italia sono stati emanati alcuni provvedimenti che hanno permesso al sistema dell'edilizia di intraprendere la strada del miglioramento del-

la propria efficienza energetica, in particolare attraverso l'introduzione di *standard* minimi cui sono obbligate a sottostare le nuove costruzioni.

A queste norme si affiancano quelle che hanno introdotto l'obbligatorietà della **certificazione energetica** degli edifici, che rappresenta uno strumento importantissimo di trasparenza del mercato edilizio e di aumento della consapevolezza da parte di chi acquista o prende in affitto un immobile.

Dal momento che la maggior parte del parco edifici italiano è costituito da strutture che hanno più di dieci anni, è evidente che la necessità di migliorare la qualità energetica del proprio stabile riguarda un grande numero di soggetti, sia pubblici sia privati.

Le domande più spesso poste da chi ha intenzione di ridurre i consumi energetici del proprio edificio riguardano:

- quali interventi realizzare per ottenere i migliori risultati;
- quali costi ci si deve aspettare di dover affrontare;
- quali benefici si possono attendere dalla riqualificazione energetica;
- quali incentivi pubblici o privati sono messi a disposizione di chi intende intervenire in ambito energetico su di un edificio.

Per essere in grado di fornire risposte esaurienti a tali quesiti, risulta di fondamentale importanza possedere una solida base di informazioni relative alle condizioni di partenza dell'edificio su cui si vuole eseguire una ristrutturazione energetica. In altri termini, occorre eseguire la **diagnosi energetica** dell'immobile. Questo termine indica convenzionalmente uno studio, eseguito su uno stabile esistente, che, attraverso una serie di analisi teoriche e verifiche sul campo, permette di definire:

- lo stato dell'arte energetico;
- le principali voci di consumo;
- le componenti della struttura o degli impianti che presentino fenomeni di criticità o di vetustà;
- le possibili soluzioni correttive e i loro costi in termini di tempo e risorse da investire.

I livelli di dettaglio della diagnosi possono essere molteplici, in relazione alla tipologia di edificio, al suo utilizzo e alla disponibilità di risorse da investire.

È possibile partire da un *audit* energetico "leggero", che prende in considerazione le spese energetiche ricavandole dalle bollette e compie una descrizione delle caratteristiche generali dell'involucro e degli impianti, per fornire un primo, indispensabile, quadro conoscitivo di base e arrivare a misurazioni dirette in sito con strumenti appositi (termoflussimetri, termocamere

ecc.) nonché al monitoraggio delle prestazioni energetiche.

I requisiti di una diagnosi energetica

Mentre per la *certificazione* energetica degli edifici (con cui la *diagnosi* spesso viene confusa) esiste una precisa normativa nazionale (D.Lgs. n. 192/2005 e successive integrazioni e modificazioni) e, in alcuni casi, regionale (un esempio su tutti, la delibera della giunta regionale della Lombardia 26 giugno 2007, n. 5018) che fissa le regole secondo cui deve essere eseguita l'attività, la **diagnosi energetica** non vive una situazione analoga. Il quadro di riferimento è, infatti, quello generico composto dalle leggi in tema di "energia" (legge n. 10/1991, direttiva europea 2002/91/CE, D.Lgs. n. 192/2005 e successive integrazioni e modificazioni, solo per citare alcuni esempi) e dalla normativa tecnica di settore (norme UNI).

Quello che, tuttavia, è fondamentale è che **lo studio diagnostico riporti tutti gli elementi che permettano di renderlo utilizzabile ai fini di avere una corretta conoscenza delle caratteristiche energetiche dell'edificio**, dei suoi punti di forza e di debolezza e di potere e, di conseguenza, decidere dove, quando e in che modo intervenire, in un'ottica di obiettivi da raggiungere con una minimizzazione dei costi e una massimizzazione dei risultati.

Gli elementi necessari per una diagnosi energetica

Affinché possa essere efficace come strumento di pianificazione e programmazione degli interventi, la diagnosi energetica deve partire dai consumi energetici dell'edificio. È, quindi, necessario eseguire una raccolta di tutte le bollette energetiche (elettricità e gas o gasolio) degli ultimi tre/quattro anni, in modo da poter verificare l'andamento e la di-

stribuzione dei consumi e calcolare la loro media annuale.

Contemporaneamente a questa attività devono essere raccolti i dati relativi all'edificio e agli impianti a suo servizio. In particolare **devono essere indicati**:

- i dati geografici e climatici della zona dove ha sede l'immobile;
- la destinazione d'uso;
- i dati generali (superficie utile, volume, tipologia costruttiva dell'involucro);
- l'orientamento nello spazio;
- le modalità dell'utilizzo cui è effettivamente adibito lo stabile;
- le caratteristiche dimensionali di ognuna delle varie componenti dell'involucro (pareti verticali, coperture orizzontali, basamento, superfici vetrate), con riferimenti ai loro orientamenti secondo i punti cardinali;
- la trasmittanza di ciascuno dei componenti dell'involucro sopra elencati;
- le caratteristiche degli impianti di generazione e di distribuzione del calore, con particolare riferimento agli aspetti prestazionali (rendimento) e di utilizzo (nell'arco della giornata, della settimana e della stagione);
- le caratteristiche degli impianti di produzione dell'acqua calda sanitaria, con particolare riferimento agli aspetti prestazionali (rendimento) e di utilizzo (nell'arco della giornata, della settimana e della stagione);
- i carichi elettrici e i dati relativi al loro assorbimento elettrico e al loro utilizzo (nell'arco della giornata, della settimana e della stagione);
- l'eventuale presenza di impianti che utilizzino fonti energetiche rinnovabili.

Devono essere, inoltre, allegate le planimetrie dello stabile.

Utilizzando opportuni **modelli di calcolo** che tengano conto della normativa di settore e delle caratteri-

stiche prestazionali di materiali e tecnologie, è possibile ricavare una descrizione delle caratteristiche energetiche dell'edificio.

Se è impostato sulla base di procedure operative e normativa relativa alla certificazione energetica degli edifici, il programma utilizzato fornirà anche un'indicazione della classificazione energetica dell'involucro e del sistema involucro-impianto, esprimendo la condizione dell'immobile, dal punto di vista del fabbisogno energetico, in modo chiaro e facilmente confrontabile con quello di altre realtà certificate.

La conoscenza delle condizioni in cui si trova l'edificio dal punto di vista energetico dovrebbe rappresentare il punto di partenza per l'organizzazione di qualunque intervento di riqualificazione in tal senso.

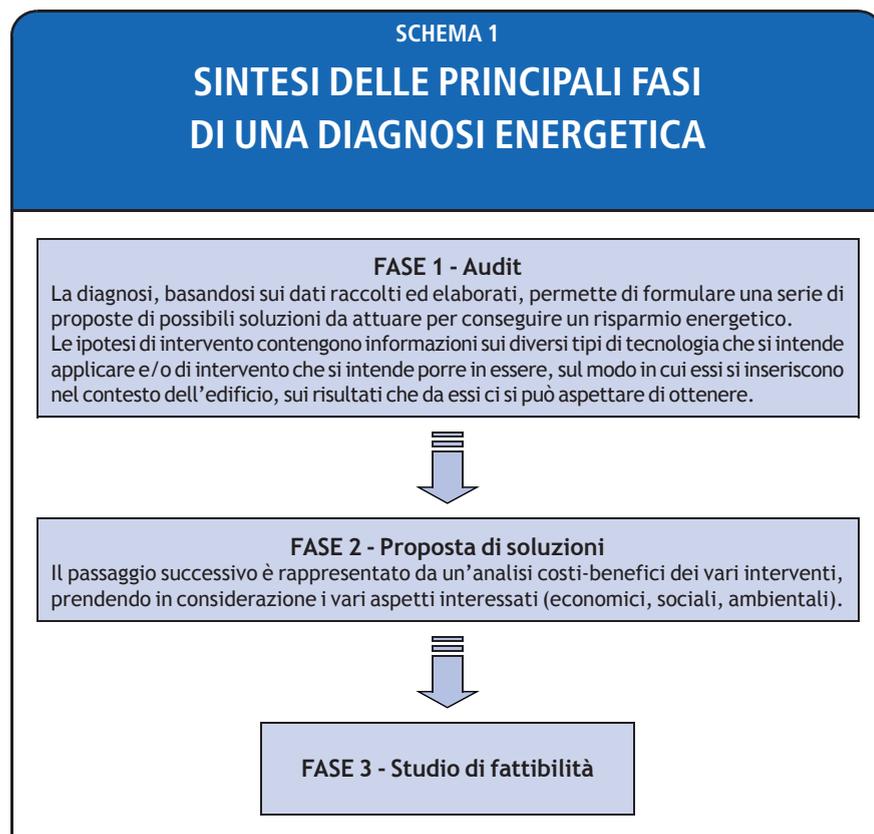
Fase operativa - attuazione della diagnosi energetica

FASE 1: AUDIT

Sottofase 1a) Come si realizza

Una diagnosi energetica non consta solo nell'individuazione dei dati relativi ai consumi o alle modalità di utilizzo delle diverse fonti di energia, ma identifica tutti i soggetti coinvolti nel raggiungimento di questi consumi, non sempre fisici, ma spesso strutturali e impiantistici; questo studio, infatti, prevede non solo la scelta del *target* di maggiore interesse (edifici, impianti, aree comunali, siti produttivi ecc., da analizzare) in accordo con l'ente o l'organizzazione che hanno richiesto l'intervento, ma anche uno studio sulla corretta gestione sia delle risorse utilizzate sia sulle opportunità a disposizione per migliorare il rapporto necessità-consumi.

Un resoconto di analisi prevede, oltre che la descrizione dei siti con relativa scheda uniforme per tutti, una valutazione anche economica



della situazione e indicazioni su possibili interventi applicabili per migliorare tale rapporto specificando in termini qualitativi e, per quanto possibile, quantitativi, tempi e costi necessari per recuperare le risorse investite.

Sottofase 1b) Che dati occorre rilevare

Inizialmente è necessario conoscere i **criteri** che l'ente o l'organizzazione intendono utilizzare per selezionare le strutture da classificare e successivamente da monitorare; di seguito alcuni possibili criteri:

- edifici a maggior consumo complessivo;
- edifici su cui vengono riscontrate anomalie tra i consumi e potenze presunte e quelli registrati dai contatori;
- edifici su cui non siano mai stati compiuti interventi di manutenzione ma per cui è prevista una loro messa in sicurezza;

- edifici con impianti termici a bassi rendimenti di combustione, su cui si stanno programmando interventi di miglioramento o sostituzione impiantistica;
- edifici su cui è possibile attuare semplici soluzioni tecnologiche in grado di offrire una resa energetica superiore con bassi costi di investimento;
- edifici a elevato consumo di acqua calda sanitaria in cui l'utilizzo di fonti rinnovabili sarebbe una soluzione per abbattere costi elevati e adeguare contemporaneamente impianti a basso rendimento;
- particolari interessi da parte dell'ente a intervenire su strutture "tipo" da utilizzare come esempio o prova per successivi interventi a più ampio spettro.

Una volta scelti i criteri, anche in base alla disponibilità di tipologie specifiche di strutture cui adottarli, per effettuare una diagnosi si procede con l'approntamento dei dati re-

lativi alle strutture scelte come quelli di seguito riportati:

- **dati necessari all'identificazione dell'edificio** (nome, indirizzo, comune e provincia di appartenenza), provvedendo a reperire le relative piante, prospetti e sezioni necessarie al calcolo metrico e strutturale;
- **identificazione dei referenti** (nominativi, uffici tecnici, uffici amministrativi ecc.) cui richiedere successivamente le informazioni di dettaglio relative a ogni struttura di loro competenza come:
 - nomi degli enti/organizzazioni che gestiscono per conto dei committenti, l'energia elettrica e termica;
 - nomi degli enti/organizzazioni che effettuano gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria;
 - fatture relative alle fonti energetiche utilizzate ed emesse dagli enti gestori delle stesse;
- **dati generali:**
 - anno di costruzione;
 - contesto territoriale (climatologia, zonizzazione);
 - dimensioni (superfici e volumi);
 - consumi termici;
 - consumi elettrici;
 - tipologia e descrizione della struttura portante;
 - tipologia e descrizione degli elementi finestrati;
 - colorazione e rivestimenti delle facciate;
 - presenza e tipologia dell'impianto idrosanitario;
 - presenza e tipologia dell'impianto di riscaldamento;
 - presenza e tipologia dell'impianto elettrico;
 - presenza e tipologia dell'impianto a gas;
 - altri impianti presenti;
 - ristrutturazioni importanti eseguite;
 - dimensioni lineari in pianta;
 - superficie netta della pavimentazione;

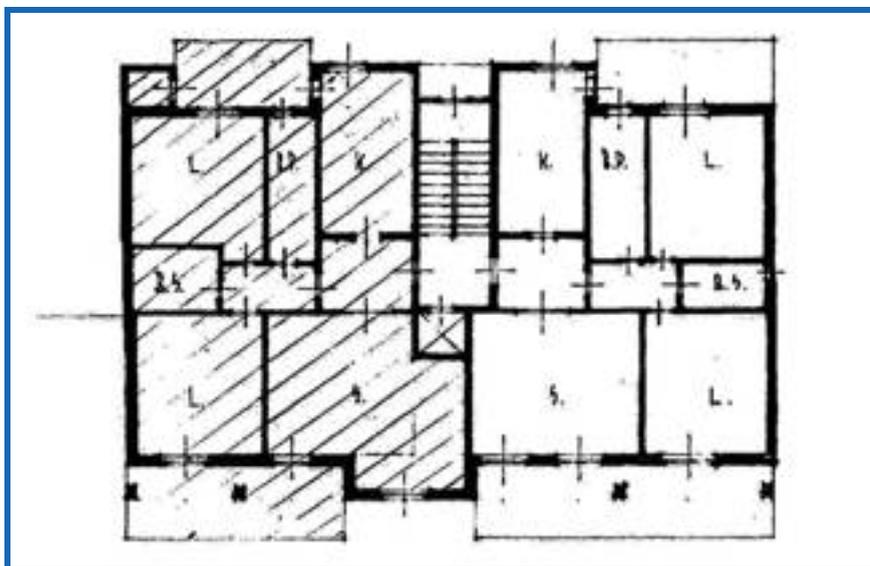


▲ **Figura 1** - Esempio di prospetto di edificio

- **destinazione d'uso dell'edificio e dei locali** interni (se diversa da quella prevista);
- **dati relativi agli edifici confinanti** che indichino:
 - dimensioni;
 - destinazione d'uso;
- **altre informazioni utili** a fornire una valutazione sullo stato dei fatti:
 - danni strutturali causati da umi-

dità, infiltrazioni, usura degli impianti o delle pareti;

- **finalità degli impianti presenti** (riscaldamento, riscaldamento e ACS - acqua calda sanitaria);
- **tipologia e condizioni dell'impianto di climatizzazione invernale** e dati relativi (pompe di calore, impianti di riscaldamento):
 - caldaia, caldaia elettrica, stufa, pompa di calore a gas o elettrica, teleriscaldamento, altro;
 - corretto dimensionamento del generatore (potenza termica) e dell'impianto termico, in base agli effettivi carichi termici dell'edificio;
 - tipologia di combustibile utilizzato (indicando anche i costi per kWh);
 - condizione della centrale e dell'impianto di distribuzione termici (parti visibili);
 - rendimento del generatore (che dipende dal rendimento della combustione, dispersioni di calore, recupero del calore contenuto nei fumi);
 - modalità di utilizzo e regolazione dell'impianto (orari, termoregolazione).
- **tipologia e condizioni dell'impianto ACS** e dati relativi:



▲ **Figura 2** - Esempio di pianta del piano tipo con indicate le destinazioni d'uso dei locali



▲ Foto 1 - Impianto di riscaldamento: esempio di targa identificativa della caldaia

▲ Foto 2 - Impianto di riscaldamento: esempio di quadro di regolazione

- tipologia di generatore (*boiler*, solare termico, altro);
- utilizzo di un impianto solare termico (tipologia di collettore, inclinazione, superficie captante);
- tipologia e condizioni dell'**impianto di climatizzazione estiva** (pompe di calore o refrigeratori) e dati relativi:
 - tipologia di impianto (refrigeratore, pompa di calore, gruppi frigoriferi ad alta efficienza, climatizzatore inverter, altro) indicando se a compressione o ad assorbimento;
 - potenza refrigerante (Btu/h) dell'impianto;
- dati relativi all'utilizzo di **energia elettrica** e del **progetto illuminotecnico attuato**:
 - sfruttamento della rete elettrica o di impianto fotovoltaico;
 - condizioni dell'impianto e posizionamento dei quadri elettrici posizionandoli nelle piante dell'edificio;
 - caratteristiche della presenza di un eventuale impianto fotovoltaico;
 - dati relativi all'impianto di illuminazione che devono tenere conto di:
 - ⇒ compito visivo da svolgere in un dato ambiente;
 - ⇒ qualità e gradazione della luce;
 - ⇒ condizioni ed efficienza energetica dei corpi illuminanti;

- ⇒ presenza di sistemi di controllo automatici.
- dati relativi alla **ventilazione**, indicandone la tipologia e se:
 - naturale con o senza serramenti a tenuta;
 - in presenza di recuperatori di calore;
 - con ventilazione meccanica controllata (quantità di aria ricambiata e rendimento medio) e, quindi, se:
 - ⇒ a semplice flusso autoregolabile;
 - ⇒ a semplice flusso igroregolabile;
 - ⇒ a doppio flusso con recuperatore di calore statico;
- modalità di utilizzo di **acqua** a scopo *civile* o di *lavorazione* indicando:
 - acqua di produzione: modalità di regolazione del flusso;
 - acqua uso civile: se esistono modalità di recupero (tramite serbatoi o cisterne).

Sottofase 1c) Misurazioni sul campo

Una volta identificate tutte le informazioni utili all'elaborazione di una relazione di *audit*, si procede con l'uscita sul campo necessaria sia per raccogliere tutte le informazioni mancanti sia per verificare quelle non opportunamente documentate in precedenza, utilizzando anche adeguati strumenti di misura.

Durante questa fase, l'ente o l'organizzazione committenti devono fornire un referente che abbia sia le conoscenze sia i poteri di richiedere le informazioni necessarie a recuperare tutti i dati utili all'*audit* e che accompagni e supporti il personale ispettivo nella sua indagine.

Difatti, soprattutto per quanto riguarda gli enti pubblici, un responsabile tecnico o amministrativo è quasi indispensabile per interfacciarsi con gli enti gestori e di manutenzione cui la stessa amministrazione pubblica ha affidato le proprie risorse.

FASE 2: PROPOSTA DI SOLUZIONI

Esistono sul mercato diversi prodotti e tecnologie che possono essere impiegati al fine di contenere i consumi energetici dei nostri edifici.

L'utilizzo di ciascuno di essi rappresenta un investimento in termini sia di tempo dedicato sia, soprattutto, economici, generando, inoltre, aspettative sui risultati da ottenere. A ogni problema è necessario dare risposta utilizzando la soluzione più opportuna; non tutti gli edifici hanno, infatti, lo stesso genere di problemi. Inoltre, in realtà diverse, spesso sussistono condizioni specifiche che impongono di applicare soluzioni differenti a inconvenienti simili. Da ogni singola tipologia di intervento è lecito attendersi



▲ Foto 3 - Impianto di riscaldamento: esempio di bruciatore



▲ Foto 4 - Esempio di valutazione delle parti visibili dell'impianto

determinati benefici (in termini di aumento del *comfort*, di diminuzione dei consumi, di riduzione delle emissioni inquinanti ecc.), che variano a seconda del sito dove essa viene applicata.

È di assoluta rilevanza, quindi, avere la **capacità di saper scegliere quali interventi realizzare per ottenere una risposta adeguata alle proprie aspettative**, spendendo il meno possibile.

Eseguire un buon *audit* energetico rappresenta il primo passo per creare le condizioni che consentano un buon investimento.

Una volta note le caratteristiche dell'edificio dal punto di vista energetico, le sue criticità e i suoi eventuali punti di forza, è possibile inserire all'interno della diagnosi energetica la formulazione di alcune proposte di intervento, con lo scopo di porre rimedio agli elementi di debolezza, quantificando il miglioramento ottenibile sotto il profilo energetico.

Un **costante aggiornamento sulle tecnologie** messe a disposizione dal mercato aiuta a elaborare la proposta più corretta alle specifiche necessità.

A seguire sono descritte le possibili tipologie di intervento di cui tenere conto nel caso in cui si debba intervenire sui consumi per la climatizzazione invernale.

Sottofase 2a) Interventi finalizzati alla riduzione delle dispersioni termiche dell'involucro

Se l'**involucro dell'edificio** (pareti verticali, serramenti, coperture orizzontali, solai contro terra) si caratterizza per scarsi livelli prestazionali, i consumi energetici aumentano a causa delle chiusure che trattengono male il calore prodotto dai sistemi di generazione e quello ottenuto dagli apporti gratuiti (radiazione solare, calore prodotto dagli occupanti, da macchinari, elettrodomestici ecc.), costringendo a incrementare l'apporto fornito dai primi. In questi casi, è opportuno agire per eliminare o limitare, per quanto possibile, i difetti prestazionali dell'involucro, cioè, in sostanza, aumentare il valore della **trasmissione** dei suoi componenti ed eliminare i ponti termici.

La **trasmissione termica** (indicata con **U**) è una grandezza che rappresenta la quantità di calore che fluisce attraverso un m² di parete, per ogni grado di differenza fra la superficie interna e quella esterna. La sua unità di misura è il W/m²K.

La trasmissione è determinata dall'inverso della somma delle resistenze termiche dei vari strati da cui è composta la parete.

La **resistenza termica** (indicata con **R**) è definita dal rapporto s/λ , dove s rappresenta lo spessore dello strato

e λ la conduttività termica caratteristica del materiale che costituisce lo strato stesso.

La **conduttività termica** viene definita come la quantità di calore che, in un secondo, passa attraverso un m² di materiale avente spessore di un metro, in presenza di una differenza di temperatura pari a un grado Kelvin fra superficie interna e superficie esterna. La sua unità di misura è W/mK.

A bassi valori di trasmittanza corrispondono basse dispersioni, quindi bassi consumi energetici.

Appare evidente come il sistema che permette di abbassare i valori di trasmittanza dell'involucro sia quello di applicare a esso dell'opportuno materiale isolante.

Per quanto concerne i **muri perimetrali**, l'isolante può essere applicato sulla facciata esterna, nell'intercapedine o all'esterno. L'isolamento dell'intercapedine, salvo alcuni casi particolari (insufflaggio o iniezione di materiale), che non sempre danno effetti durevoli, è praticabile solo nel caso di nuova costruzione della parete.

In caso di **riqualificazione energetica di un edificio esistente** è, di fatto, possibile operare solo mediante isolamento dall'esterno (il cosiddetto cappotto) o dall'interno (in questo caso si parla di controparete). Dal punto di vista dell'effetto sulla riduzione delle dispersioni, le due



▲ Foto 5 - Esempio di impianto ACS - (boiler individuale)

soluzioni sono equivalenti, dal momento che, in una sommatoria di resistenze, la posizione di ciascuna di esse all'interno dello strato è indifferente.

Il vantaggio dell'utilizzo della **con-troparete** deriva dal fatto che essa permette di non agire sulla facciata, il che può essere utile nel caso di edifici sottoposti a vincolo architettonico.

Il vantaggio del **cappotto** risiede nel fatto che esso permette di non ridurre il volume degli ambienti interni e consente di eliminare i ponti termici ed evitare la formazione di condense interstiziali e muffe.

Si ha un **ponte termico** in corrispondenza di una giunzione tra elementi della struttura edilizia aventi coefficienti di trasmissione diversi; questo accade:

- nelle zone d'angolo tra due pareti esterne;
- in corrispondenza di serramenti;
- in quelle parti della struttura dove si inseriscono elementi caratterizzati da conduttività termica più elevata rispetto all'intorno;
- tra muro esterno e pavimento.

Nel caso ci si trovi in corrispondenza di un ponte termico, ai fini del risparmio energetico e del mantenimento del **comfort** abitativo, esso va eliminato attraverso opportune tecniche di coibentazione.

Mentre l'**isolamento** dei **solai** risulta

conveniente solo nel caso essi si trovino sopra un porticato, isolare correttamente il **tetto** consente di ridurre di molto i consumi energetici di un edificio e di aumentarne la qualità abitativa. Le tecniche di isolamento sono molteplici,

a seconda dalla tipologia di copertura e di materiali (piana o a falda, in legno o laterocemento ecc.); in ogni caso, è necessario provvedere a un'adeguata impermeabilizzazione e all'applicazione di una barriera al vapore o alla creazione di un'intercapedine aerata per consentire la ventilazione ed evitare formazione di condense.

Nel caso si debba intervenire su di un **sottotetto** non abitabile, si può eventualmente pensare di isolare solo il pavimento di quest'ultimo, in quanto rappresenta l'unica componente a diretto contatto con gli ambienti abitati sottostanti. Al contrario, in presenza di un sottotetto praticabile diventa necessario operare direttamente sulla copertura.

Una componente molto importante dell'involucro sono i **serramenti**. Le superfici vetrate, se le aperture sono correttamente orientate, possono favorire apporti gratuiti di energia sotto forma di illuminazione naturale e di energia termica. In particolare, quest'ultima deve essere sfruttata al massimo d'inverno, mentre nei mesi estivi è necessario prevedere l'utilizzo di sistemi di schermatura solare per evitare l'eccessivo surriscaldamento degli ambienti.

Al fine di trattenere il calore, la qualità dei serramenti occupa un ruolo molto rilevante. Negli ultimi anni si è verificato un forte sviluppo tecno-

logico in questo settore, che ha portato a differenziare molto le tipologie di prodotto e i materiali.

Il vetro ha una **conducibilità** pari a circa 1 W/mK; quindi, come materiale, non può essere considerato un conduttore. Dal momento, però, che nella realizzazione di serramenti esso viene utilizzato in lastre sottili, la sua resistenza termica diventa trascurabile (4-6 mm di spessore, resistenza 0,04-0,06 m²K/W), diventando, quindi, causa di dispersioni. Per ridurre queste ultime si fa ricorso alle cosiddette **vetrocamere**, che consistono in una coppia di lastre fra le quali è posta un'intercapedine contenente un gas a bassa conducibilità (argon, kripton, xenon, aria). Le vetrocamere possono, inoltre, essere accompagnate da infissi costruiti con materiali e tecniche che ne aumentano l'isolamento. A titolo di esempio, una **finestra doppio vetro con taglio termico** prevede:

1. guarnizione centrale;
2. entrata dell'aria in pressione;
3. camera di compensazione;
4. fori di drenaggio per l'acqua;
5. guarnizione interna supplementare
6. camera per l'alloggiamento degli accessori di chiusura e movimentazione.

Gli aspetti principali di cui tener conto per valutare l'efficienza energetica di un serramento sono:

- la tenuta termica del vetro;
- quella del telaio e dell'anta;
- il grado di permeabilità all'aria.

L'insieme di vetro e telaio devono avere prestazioni tali da consentire di non far uscire il calore durante la stagione fredda ed essere costruiti in modo da limitare al massimo le infiltrazioni d'aria (un'eccessiva tenuta all'aria può causare insalubrità degli ambienti e formazione di condense e muffe, a cui è opportuno provvedere prevedendo la realizzazione di un sistema di ventilazione forzata).

Oltre al serramento, è necessario porre molta attenzione all'isolamento del cassonetto, che altrimenti rappresenta una forte dispersione, e utilizzare sistemi di oscuramento (avvolgibili, persiane, tende parasole ecc.) che, oltre a fungere da schermi solari nella stagione estiva, in alcuni casi, possono fornire anche un contributo a trattenere il calore in inverno.

Il D.Lgs. n. 192/2005 (e successive integrazioni e modificazioni) fissa i limiti di trasmittanza termica del sistema vetro-infisso che devono essere rispettati sul territorio nazionale in caso di nuova edificazione e di ristrutturazione. In alcune regioni sono poi state approvate leggi regionali che pongono limiti più restrittivi.

I **risparmi per riscaldamento** derivanti dall'utilizzo di serramenti energeticamente efficienti variano mediamente da 10% a 35%, in base all'incidenza delle componenti finestrate sul totale della superficie dell'involucro, alla loro disposizione e al loro orientamento.

Sottofase 2b) Interventi finalizzati alla riduzione dei consumi dell'impianto di climatizzazione invernale

Se l'edificio è servito da un impianto di riscaldamento scarsamente efficiente, può risultare conveniente investire nella sua riqualificazione.

Il **rendimento globale medio stagionale** dell'impianto di climatizzazione invernale (η_g) è definito come il rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, compresa l'energia elettrica; questo dato si ottiene tramite il prodotto dei rendimenti parziali delle varie componenti del sistema (il D.Lgs. 192/05 e succ. integr. e modif., nonché apposite norme UNI fissano le definizioni tecniche, gli ambiti di applicazione e le regole concernenti il rendimento degli impianti termici degli edifici).

In sintesi:

$$\eta_g = \eta_p \times \eta_c \times \eta_d \times \eta_e$$

dove:

- η_p è il rendimento di produzione medio stagionale, ovvero il rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione e il fabbisogno di energia primaria;
- η_c è il **rendimento di regolazione medio stagionale**, ovvero il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con il sistema di regolazione reale;
- η_d è il **rendimento di distribuzione medio stagionale**, ovvero il rapporto tra il fabbisogno energetico utile reale delle zone e l'energia termica fornita dal sistema di produzione;
- η_e è il **rendimento di emissione medio stagionale**, ovvero il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura perfettamente uniforme ed eguale nei vari ambienti e quello richiesto dal sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna.

Se la fase di *auditing* della diagnosi energetica riesce a determinare con sufficiente precisione quali sono le componenti del sistema che presentano le prestazioni peggiori, diventa possibile intervenire in modo mirato, andando a migliorare, per quanto possibile il relativo rendimento.

Il **generatore di calore** è l'elemento centrale del sistema. È bene che la sua scelta avvenga in base al corretto dimensionamento (potenza termica) che tenga conto degli effettivi carichi termici dell'edificio, evitando sovradimensionamenti che pos-

sano causare condizioni di lavoro non ottimali, con conseguente riduzione dell'efficienza; in alcuni casi, può risultare efficace realizzare una parzializzazione del carico termico su diverse caldaie, ciascuna di potenza termica pari a una frazione della potenza massima che l'edificio può richiedere nelle peggiori condizioni.

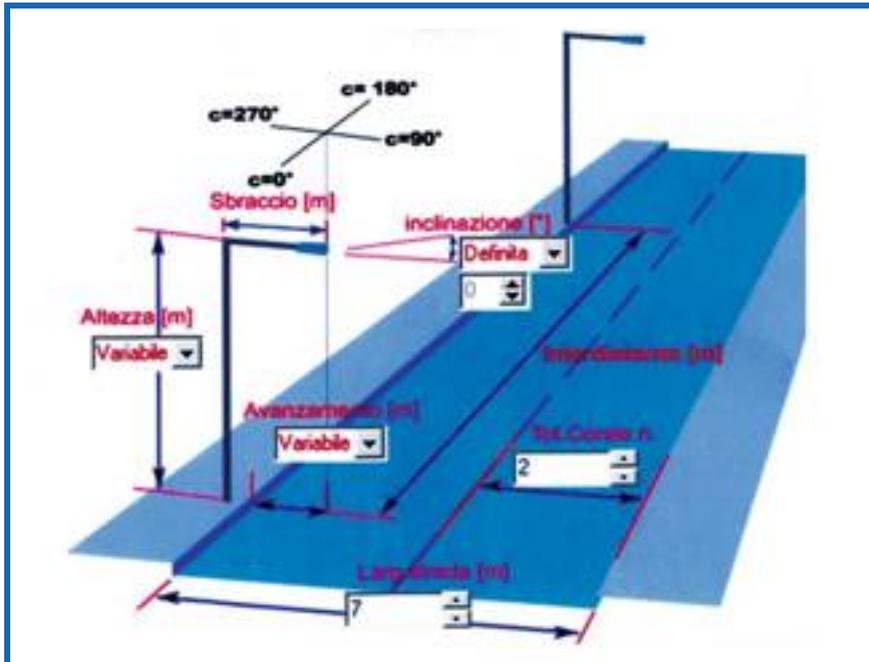
In ogni caso è sempre **consigliabile l'uso del gas metano come combustibile** (le emissioni di inquinanti su scala locale e di gas serra sono ridotte rispetto a gasolio e carbone).

Le caldaie a maggior rendimento sono quelle a condensazione (recuperano il calore latente del vapore presente nei fumi di scarico), con rendimenti tra il 103% e il 110%, che richiedono l'integrazione con un sistema di distribuzione a bassa temperatura (pavimenti radianti).

Un buon impianto generazione deve, comunque, essere accompagnato da un **buon sistema di regolazione**, da uno di distribuzione che limiti le dispersioni, nonché da dispositivi di emissione (radiatori, ventilconvettori, superfici radianti) di qualità.

L'uso di sistemi a bassa temperatura (superfici radianti) consente di sfruttare al massimo i vantaggi in termini di rendimento offerti dalle caldaie a condensazione - ed eventualmente di integrare l'impianto con dei collettori solari termici - per supportare con energia solare una parte del fabbisogno termico per il riscaldamento.

In aggiunta a questi interventi, risulta sempre conveniente intervenire sui **consumi idrici** applicando a docce e rubinetti appositi **erogatori a basso flusso** e **rompigetto aerati**; questi sono dispositivi che, a costi che oscillano da pochi a qualche decina di euro al pezzo, consentono di ridurre dal 20 al 50% il consumo di **acqua sanitaria** (e i conseguenti costi energetici per il suo riscaldamento), mantenendo inalterato il *comfort*.



▲ Figura 3 - Esempio di progetto illuminotecnico

Sottofase 2c) Interventi finalizzati alla riduzione dei consumi per la climatizzazione estiva

I consumi energetici (elettricità) per il raffrescamento estivo sono, negli ultimi anni, in costante crescita in Italia.

Su edifici in nuova costruzione è possibile prevedere soluzioni progettuali che, agendo sia sulla forma e orientamento dell'immobile sia sulla sua dotazione impiantistica, consentano di ridurre i consumi per la climatizzazione estiva.

Anche su edifici esistenti si può, comunque, intervenire utilizzando alcune soluzioni che permettano di ottenere buoni risultati di risparmio energetico:

- il primo passo è quello di limitare, per quanto possibile, l'ingresso della radiazione solare all'interno degli ambienti abitati. Ciò può essere ottenuto isolando correttamente le pareti perimetrali e il tetto e applicando opportuni sistemi di schermatura e ombreggiamento alle superfici vetrate;
- è anche importante favorire la ventilazione naturale e il raffre-

samento passivo. In alcuni casi, sfruttando la posizione di porte e finestre, si può ottenere un movimento d'aria tra i locali o tra i piani dell'edificio che contribuisce a migliorare il comfort interno. La presenza di vegetazione intorno alla casa fornisce ombra e regola la temperatura; quindi, ove possibile, è consigliabile piantumare alberi nelle vicinanze e piante rampicanti sulle pareti esposte al sole.

Spesso questi accorgimenti bastano a garantire una temperatura adeguata, ma nei casi in cui sia indispensabile dotare l'edificio di un impianto di raffrescamento, risulta importante il corretto dimensionamento legato a diversi fattori, che vanno dalla tipologia costruttiva e dall'orientamento dell'edificio alla sua destinazione d'uso, alle ore di utilizzo giornaliero fino al volume da raffrescare.

Se si tratta di utenze domestiche, è conveniente orientarsi verso apparecchi ad alta efficienza energetica, che hanno costi maggiori rispetto a dispositivi meno performanti, ma

garantiscono consumi elettrici molto più contenuti; giusto a titolo di esempio, un condizionatore classe A consuma oltre il 30% di energia in meno di uno classe C.

Tutti gli edifici possiedono una tipologia comune di carico elettrico che rappresenta una voce importante dei consumi, ovvero l'illuminazione.

Le altre tipologie di carichi dipendono dal tipo di edificio e dal suo utilizzo:

- edifici produttivi avranno forti consumi derivanti dagli impianti di produzione;
- edifici dedicati al terziario si caratterizzeranno per consumi legati ai macchinari per ufficio (dispositivi informatici);
- gli stabili residenziali avranno consumi elettrici causati da elettrodomestici.

Anche in questo caso, è possibile attuare alcune soluzioni per eliminare gli sprechi energetici e ridurre l'importo delle bollette elettriche.

Sottofase 2d) Interventi finalizzati alla riduzione degli altri consumi elettrici

Mentre per i carichi derivanti dalle macchine di produzione e i sistemi informatici complessi devono essere attuate soluzioni volte a migliorare l'efficienza degli impianti specifiche per ogni caso, per quanto concerne gli elettrodomestici sono disponibili sul mercato numerosi modelli ad alta efficienza, facilmente riconoscibili grazie all'etichettatura energetica (modelli di classe A o superiore).

I consumi per l'illuminazione possono essere ridimensionati, innanzitutto sfruttando al massimo l'illuminazione naturale.

In secondo luogo, è possibile, soprattutto in edifici adibiti a luogo di lavoro, ricorrere a sistemi di controllo dell'illuminazione che consentano di evitare sprechi. Ad esempio, i regolatori di flusso luminoso

emesso dalle lampade (e di conseguenza modificano la potenza elettrica assorbita) funzionano in base all'accesso di luce naturale in un dato locale (grazie al controllo di una fotocellula).

I *sensori di presenza* sono sistemi che rilevano la presenza di persone nei locali da illuminare e in base a ciò regolano l'accensione o spegnimento delle luci.

In Italia si sta finalmente diffondendo l'utilizzo di **fonti energetiche rinnovabili**, che, in fase di riqualificazione energetica, possono essere prese in considerazione allo scopo di fornire un apporto che consenta di ridurre i consumi da fonti tradizionali e rendere l'immobile indipendente, almeno in parte, dall'approvvigionamento energetico tramite gli usuali contratti di fornitura. Il loro contributo sarà tanto più efficace, quanto più impegno sarà stato precedentemente posto nell'attività di riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio, attraverso i sistemi precedentemente elencati.

Sottofase 2e) Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili

Le tecnologie rinnovabili più diffuse sono quella solare termica e quella solare fotovoltaica.

La prima fornisce un apporto di energia termica che viene sfruttata per produrre acqua calda sanitaria e, in alcuni casi (se in presenza di un impianto di emissione a bassa temperatura), supportare il riscaldamento degli ambienti.

I **collettori solari termici** basano il loro funzionamento su di un assorbitore, il quale capta l'energia irradiata dal sole trasferendola sotto forma di energia termica a un fluido termovettore circolante nel circuito dei collettori; il calore viene poi accumulato cedendolo all'acqua contenuta in un serbatoio d'accumulo. Esistono tre tipologie principali di collettori:

- **collettori non vetrati**: sono poco efficienti; possono essere utilizzati solo in climi caldi o temperati per il riscaldamento dell'acqua di piscine scoperte, docce di stabilimenti balneari, campeggi ecc.;
- **collettori piani**: sono la tipologia più versatile e più diffusa; efficienti a tutte le latitudini e in tutti i periodi dell'anno, possono essere utilizzati per la produzione di acqua calda sanitaria, per l'integrazione al riscaldamento, per processi industriali a bassa temperatura;
- **collettori sotto vuoto**: sono i più efficienti; a causa del costo più elevato; è consigliabile ricorrervi solo in aree caratterizzate con bassa temperatura esterna o bassa insolazione e possono essere utilizzati per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'integrazione al riscaldamento, in qualunque periodo dell'anno.

Gli impianti solari termici si distinguono, inoltre, anche in base al **sistema di circolazione del fluido termovettore**:

- negli impianti a circolazione naturale il serbatoio è posto sul tetto, più in alto rispetto ai collettori, in modo che il fluido possa raggiun-

gerlo naturalmente per moto convettivo;

- negli impianti a circolazione forzata (più efficienti), il serbatoio è posto lontano dai collettori (di solito all'interno dell'abitazione) ed è presente un gruppo di circolazione che permette il movimento del fluido nel circuito solare.

La **tecnologia fotovoltaica** sfrutta la proprietà posseduta dal silicio di trasformare in elettricità una parte della radiazione solare incidente. Essa risulta conveniente solo se utilizzata in *net metering* (collegata alla rete elettrica nazionale), allo scopo di utilizzare i benefici economici garantiti dal meccanismo del conto energia cioè la tariffa incentivante erogata dallo stato per l'energia prodotta dall'impianto.

Questa tariffa varia nell'importo a seconda della potenza dell'impianto e del livello di integrazione architettonica di quest'ultimo. **Le componenti principali di un impianto fotovoltaico** sono:

- il generatore fotovoltaico (pannelli);
- l'*inverter* (converte la corrente continua prodotta dal generatore in alternata);

FIGURA 4

OPZIONI DI POSIZIONAMENTO DELL'ISOLANTE TERMICO



Esterno

Intercapedine

Interno

- i quadri elettrici (di interfaccia, di campo, di terra ecc.);
- i contatori (dell'energia prodotta dai pannelli, dell'energia consumata dalla rete elettrica e di quella messa in rete).

Per entrambe queste tecnologie, è fondamentale la fase di progettazione, orientamento e dimensionamento dell'impianto, che deve tenere conto delle caratteristiche geografiche del sito (irraggiamento solare annuo).

Vale la pena di segnalare come, recentemente, stia prendendo piede anche in Italia la **tecnologia geotermica a bassa entalpia**, che, attraverso sonde introdotte nel terreno, sfrutta il terreno stesso o la falda acquifera per estrarre calore in inverno (e riscaldare gli ambienti abitati) e cederlo in estate (e raffrescare gli stessi ambienti abitati).

FASE 3: STUDIO DI FATTIBILITÀ

Le proposte di interventi migliorativi elaborate a seguito dell'*audit* costituiscono una serie di risposte alle problematiche di natura energetica da cui è interessato l'edificio oggetto dello studio. Il passo successivo consiste nel predisporre uno studio di fattibilità. Quest'ultimo è un'analisi tecnica che valuta la convenienza e la logica di fondo di un intervento, ne definisce le attività, stima i risultati attesi e fornisce un'analisi approfondita di tutte le condizioni esterne, trasformando l'idea progettuale in concrete proposte di investimento basate sulla valutazione degli strumenti, delle tecniche e delle risorse necessarie a realizzare il progetto.

Si tratta, quindi, di effettuare un'analisi costi-benefici, che metta nelle condizioni chi deve investire nel risanamento di definire le priorità e le eventuali urgenze (cioè in quali ambiti è consigliabile agire prima, in funzione degli obiettivi di risparmio che ci si è posti) e, quindi,

di scegliere le soluzioni da applicare in modo da poter ottenere il maggior risultato con il minor costo possibile.

1) Per quanto concerne l'aspetto puramente **economico**, i **costi** possono essere distinti in:

- **fissi**: al variare della quantità, rimangono invariati;
- **variabili**: variano con la quantità, secondo specifiche relazioni.

I **costi variabili** possono essere, a loro volta, suddivisi in:

- costi variabili **continui** e
- costi variabili **a tratti**,

a seconda che la variazione del costo abbia un andamento continuo in tutto l'ambito in cui si compie l'analisi dei costi (area di rilevanza), oppure quest'ultimo sia suddiviso in più sottoambiti con un andamento continuo al loro interno, ma discontinuo fra un ambito e l'altro.

La fornitura di energia, che deve obbligatoriamente rientrare nell'analisi costi-benefici, è, nella maggior parte dei casi, composta da una parte di costo fissa e da una variabile. Entrambe le componenti possono differire molto a seconda del tipo di:

- energia;
- tariffa;
- contratto;
- fornitore.

Un'attenta analisi dei costi di approvvigionamento energetici è importante in qualunque tipo di investimento per la riqualificazione energetica di un edificio, al fine di poter eseguire un preciso raffronto fra il costo dei consumi prima e dopo l'intervento e, quindi, valutare l'efficacia di quest'ultimo dal punto di vista economico.

Altra voce di costo fondamentale è rappresentata dai **materiali** (siano essi impianti, macchinari, isolanti); c'è poi l'attività di progettazione e i costi di gestione e manutenzione del servizio (a cui andrebbero aggiunti quelli di dismissione a fine vita dell'impianto o del manufatto/prodotto).

I **benefici** da prendere in considerazione possono essere sia di tipo economico (minor consumo di energia, da cui consegue un risparmio sulle bollette, incremento del valore dell'immobile ecc.) sia di aumento delle condizioni di salubrità dello stabile e di **comfort** abitativo (se si è in presenza di un edificio destinato a luogo di lavoro, come un ufficio o uno stabilimento industriale, questo può influire positivamente in termini economici, non facilmente quantificabili, sulla produttività), così come in termini di riduzione delle emissioni inquinanti, quindi di riduzione dell'impatto ambientale provocato dall'edificio.

Mentre per la valutazione economica i criteri e gli indicatori sono chiaramente determinati, gli **aspetti ambientali** devono essere definiti caso per caso, assegnando loro, di volta in volta, l'idoneo peso.

A seconda del settore:

- nel caso del **settore privato**, molto spesso l'analisi di fattibilità si configura ancora oggi come disamina finanziaria degli investimenti, basandosi quindi esclusivamente sulle voci a cui è attribuibile un valore monetario. Pertanto, gli indicatori del calcolo sulla fattibilità degli interventi sono quasi esclusivamente i prezzi di mercato;
- nel **settore pubblico**, o privato ma con finalità pubbliche, lo studio di fattibilità deve essere esteso ad altri fattori, a cui il mercato non assegna un valore monetario immediato, ma che hanno una indubbia valenza socio-economica diretta o indiretta sul territorio circostante, quali l'equità della ripartizione dei costi e dei benefici nei confronti della popolazione interessata, la sostenibilità ambientale del progetto, la capacità di soddisfare priorità e obiettivi locali nonché l'impatto sociale, economico e ambientale del progetto sulla realtà circostante.

Non sarebbe da trascurare, inoltre, una valutazione del tempo relativo all'obsolescenza dei sistemi/prodotti che s'intende proporre, ivi compresa la valutazione del ciclo di vita degli stessi e della gestione dell'eventuale smaltimento finale, sia in termini economici che ambientali. L'individuazione di questi fattori e il peso attribuibile sono strettamente attinenti alle scelte sulle politiche di sviluppo socio-economico di ciascun soggetto promotore di un progetto. Si sottolinea che, in ogni caso, alcune delle valutazioni sopra riportate sarebbero importanti e consigliabili anche per il settore privato.

Per quanto concerne l'aspetto strettamente **finanziario**, è opportuno individuare e utilizzare opportuni strumenti d'analisi.

Lo strumento più diffuso è il **VAN** (valore attuale netto), il quale consente di comparare costi e ricavi di un investimento, che, peraltro, si manifestano tipicamente in momenti temporali differenti; i valori vengono, pertanto, attualizzati al momento della scelta decisionale, mediante applicazione di tassi di sconto.

Il VAN detrae il costo dell'investimento dalla somma dei flussi di cassa positivi che si verificheranno in futuro attualizzati.

Se l'investimento è conveniente, nel caso si intraprenda l'investimento, la ricchezza finale deve essere superiore a quella finale rispetto al

caso in cui non si intraprenda l'investimento. Ogni qual volta un investimento è associato a un VAN positivo, realizzarlo risulta conveniente dal punto di vista economico e finanziario poiché si genera valore. Confrontando il VAN di due o più investimenti alternativi si riesce a valutare l'opzione più vantaggiosa attraverso il meccanismo dell'attualizzazione dei costi e dei ricavi che prevede di ricondurre a un medesimo orizzonte temporale i flussi di cassa che si manifesterebbero in momenti diversi e che, quindi, di norma, non sarebbero direttamente confrontabili.

Attraverso il calcolo del VAN, oltre che stabilire la convenienza attesa di un singolo investimento, è anche possibile confrontare la convenienza tra due o più investimenti in concorrenza tra loro. Data la definizione, è chiaro che il più conveniente tra più investimenti concorrenti sarà quello con il VAN maggiore; ne consegue che ordinare la convenienza attesa di più investimenti in modo decrescente sarà uguale a ordinare pure in modo decrescente i VAN corrispondenti per questi stessi investimenti. Si badi però che un raffronto diretto (con conseguente relazione di ordinamento) tra VAN per investimenti è possibile solo se il periodo di attualizzazione è lo stesso per tutti gli investimenti considerati. È, altresì, evidente che un raffronto diretto può essere operato solo se il

capitale investito inizialmente è uguale in tutte le alternative d'investimento.

Stabilita la convenienza del progetto, occorre definirne il tempo di ritorno (PBP), ossia il numero di anni necessario per recuperare il capitale investito. Nel caso negli interventi di razionalizzazione energetica, il tempo di ritorno ottimale deve considerare, tra l'altro, la durata delle soluzioni tecnologiche scelte e la sua relazione con la durata della vita dell'edificio.

Conclusioni

In definitiva, l'effettuazione di una diagnosi energetica, analogamente a quanto avviene in medicina, tramite lo *screening* e l'analisi delle cause, consente di stabilire quali interventi porre in atto al fine di rimuovere o migliorare la situazione di "sofferenza" individuata. La scelta degli interventi, infatti, parte dalle cause scatenanti, che possono essere intrinseche - in questo caso le caratteristiche dell'edificio - ovvero di utilizzo - le modalità di gestione, la destinazione d'uso - e non può prescindere dagli obiettivi che si vogliono o possono raggiungere, nonché dalle risorse disponibili. Solo seguendo un percorso sequenziale, organico e pianificato si trarranno, infatti, i migliori risultati in termini di rapporto tra costi sostenuti e benefici attesi/ottenuti. ●

Foto e illustrazioni a cura di Enrico Baresi.