



Soluzioni

Riduzione dei consumi energetici: rassegna delle principali tecnologie

■ di Enrico Baresi, direttore generale Cautha Solutions S.r.l.

Vista l'ampia disponibilità di soluzioni per la riduzione dei consumi e l'aumento di efficienza energetica degli edifici, è utile passare in rassegna i principali sistemi a guadagno indiretto (muri, serramenti ecc.) e diretto (schermi solari, irraggiamento ecc.), come anche le più diffuse soluzioni tecnologiche (dal LED all'innovativo blower door test).
A chiusura, un confronto tra nuove e "vecchie" tecnologie, con riferimento sia alla resa finale sia ai costi di gestione.

Le diverse tecnologie presenti sul mercato per la riduzione dei consumi energetici e l'aumento di efficienza energetica degli edifici, alcune delle quali ancora allo stato sperimentale e quindi con elevati costi di attuazione, possono essere suddivise in due classi di applicazione:

- strutturali;
- tecnologiche.

A loro volta, quelle strutturali possono essere suddivise in soluzioni a risparmio:

- indiretto;
- diretto.

Tra quelle strutturali ve ne sono molte di facile attuazione e ridotti consumi i cui benefici, però, possono emergere in alcuni periodi dell'anno o in particolari condizioni climatiche. Per altre è possibile, invece, parlare di idee da applicare, cioè di soluzioni di principio che è possibile personalizzare e intendere come "buone pratiche" di progettazione.

Attraverso un'analisi della prima classe citata, è possibile introdurre i concetti di edificio a basso consumo energetico ed edificio passivo.

Soluzioni strutturali

Tra le soluzioni di tipo strutturale e di maggiore efficacia che favoriscono il risparmio energetico è possibile ricordare:

- l'accumulo termico passivo dell'energia solare a sud;
- le superfici vetrate a nord realizzate con finestre a tripli vetri con intercapedini;

- lo sfruttamento della luce naturale;
- i pannelli solari per la produzione di acqua calda integrati alla copertura;
- l'isolamento a cappotto con lana di roccia.

Gli edifici che eccellono in queste tecnologie sono chiamati **edifici passivi**, cioè in grado di possedere i requisiti illustrati nello *schema 1*.

Sistemi a guadagno indiretto

La radiazione solare non entra direttamente nel locale da riscaldare, ma viene accumulata da un elemento opaco dell'involucro che trasmette l'energia termica all'interno del vano. I sistemi a guadagno indiretto sono rappresentati nello *schema 2*.

Muro "Trombe-Michelle"

L'elemento che accumula calore è, in questo caso, il muro verticale rivolto verso sud, possibilmente di

SCHEMA 1

CARATTERISTICHE DEGLI EDIFICI PASSIVI

Isolamento termico dell'involucro che minimizza i costi per l'impianto di riscaldamento

Sfruttamento passivo degli apporti solari diretti e recupero delle sorgenti interne di calore

Ventilazione meccanica controllata e recupero di calore in uscita

Produzione di acqua calda con collettore solare o pompa di calore

colore scuro per aumentare l'assorbimento delle radiazioni solari. A questo elemento si rende necessario aggiungere un altro elemento che converta la radiazione solare in energia termica, cioè la superficie vetrata (in grado di raggiungere anche i 50°C).

Lo scopo è quello di creare un movimento d'aria attraverso le intercapedini, calda superiore (più leggera) che entra e viene sostituita da quella fredda inferiore (più pesante) che esce. In questo modo, si mantiene l'aria calda all'interno, mentre eventuali dispersioni termiche possono essere minimizzate mediante soluzioni strutturali isolanti esterne mobili o utilizzando vetri doppi.

In estate funziona come "camino solare" per evitare fenomeni di surriscaldamento; le aperture sulla superficie vetrata consentono, infatti, una circolazione inversa a quella invernale.

Vantaggi:

- abbagliamento, *privacy* e degradazione ultravioletta dei tessuti sono trascurabili;
- fluttuazioni di temperatura più basse rispetto a quelle di un siste-

BOX 1

REQUISITI DELLO STANDARD MINERGIE® (FONTE: WWW.MINERGIE.CH)

Un esempio di *standard* energetico di costruzione facoltativo per edifici a ridotto fabbisogno energetico è MINERGIE® che permette un impiego razionale dell'energia e l'ampia utilizzazione di energie rinnovabili migliorando, allo stesso tempo, la qualità di vita e la competitività e riducendo l'inquinamento ambientale.

Per applicare MINERGIE® occorre soddisfare i seguenti parametri:

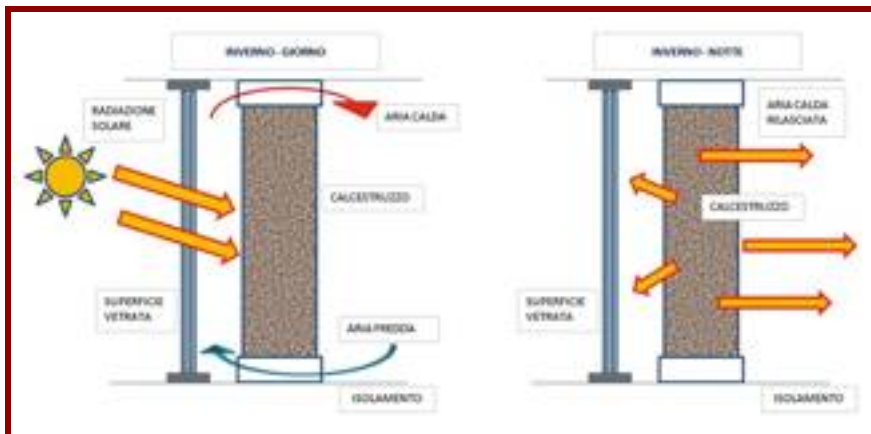
- requisito primario riguardante l'involucro dell'edificio;
- rinnovo dell'aria mediante un'aerazione confortevole;
- valore limite MINERGIE® (parametro energetico pesato);
- verifica del comfort termico estivo;
- requisiti supplementari, riguardanti, a seconda della categoria di edificio, illuminazione, impianti frigoriferi industriali e produzione di calore;
- limitazione dei costi aggiuntivi fino a un massimo del 10%, rispetto agli edifici convenzionali confrontabili.

In MINERGIE® l'obiettivo è definito come valore limite del consumo energetico.

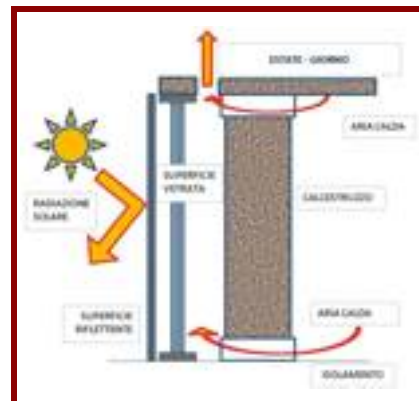
È importante che tutto l'edificio venga considerato come un sistema integrato, dall'involucro dell'edificio alla tecnica degli impianti domestici.



Foto 1 - Esempio di Edificio a basso consumo



▲ Figura 1 a - Funzionamento di un muro "Trombe-Michelle" (INVERNO)



▲ Figura 1 b - Funzionamento di un muro "Trombe-Michelle" (ESTATE)

ma a guadagno diretto;

- il sistema permette di realizzare un microclima interno stabile e uniformemente distribuito.

Svantaggi:

- occorre effettuare manutenzione della parte vetrata su cui si crea anche la condensa dovuta alla variazione termica;
- può causare problemi di surriscaldamento estivo, se non vengono aggiunti sistemi per aumentare la ventilazione e quindi il ricambio d'aria calda;
- la superficie esterna del muro è relativamente calda e sente la vicinanza del clima esterno; ciò porta a considerevoli perdite di calore e quindi di efficienza;

- sono richieste due pareti rivolte a sud, una vetrata e l'altra massiva, con penalizzazioni di costo e spazio impegnato;
- possibili disagi, all'inizio e alla fine della stagione del riscaldamento, dal surriscaldamento dell'aria durante il giorno o da una radiazione termica incontrollata proveniente dalla superficie interna del muro, durante le serate calde. Questi problemi possono essere controllati sempre mediante la ventilazione;
- necessità di una sufficiente massa muraria termica da mediare con le necessità di visibilità e di illuminazione naturale dell'ambiente interno.

Muro ad accumulo isolato

Il muro ad accumulo isolato è simile nella forma al muro Trombe-Michelle, ma è coibentato sulla parete rivolta verso l'ambiente interno, per impedire la trasmissione del calore per conduzione e irraggiamento; tutto il calore è trasmesso per convezione, sia naturale sia forzata.

Il comportamento di questo sistema in un clima freddo è alquanto discutibile e, comunque, funziona solo in presenza di un isolamento notturno.

Una variante di questo sistema ha aperture di aerazione in comunicazione con l'esterno nella parte bassa del collettore e rivolte verso lo spazio riscaldato nella parte alta; si

SCHEMA 2

SISTEMI A GUADAGNO INDIRETTO



crea così un circuito aperto a termosifone che fornisce all'ambiente aria di rinnovo preriscaldata.

Muro ad acqua

Il funzionamento e la configurazione sono simili al muro "Trombe-Michelle".

L'accumulatore termico, in questo caso, è una massa d'acqua racchiusa in un contenitore unico o in più contenitori separati. La capacità termica dell'acqua è superiore a quella dei materiali murari.

Il sistema entra in stato di regime molto rapidamente, ma non può costituire elemento strutturale dell'edificio, visto che, internamente, la parete diviene praticamente inutilizzabile.

Vantaggi:

- temperatura della superficie esterna ridotta, con conseguenti minori perdite di calore;
- abbagliamento, *privacy* e degradazione ultravioletta dei tessuti trascurabili;
- fluttuazioni di temperatura nell'ambiente più basse rispetto agli altri sistemi a guadagno diretto o a circuito convettivo;
- l'accumulo può rimanere caldo e continuare a fornire calore all'ambiente.

Svantaggi:

- l'acqua è difficile da contenere e il controllo dell'umidità può essere un problema se il contenitore non è sigillato;
- richiesta di due pareti rivolte a sud, una vetrata e l'altra massiva, con ovvie penalizzazioni in termini di costo e spazio impegnato;
- perdita di energia verso l'esterno dalla parete calda.

Tetto d'acqua

La massa termica è disposta orizzontalmente, sopra il soffitto dell'edificio.

La maggior parte dei tetti ad accumulatore termico usano contenitori co-

prenti una parte o tutto il soffitto. L'acqua deve essere in contatto diretto con le strutture del soffitto che la sostengono, in modo che l'energia termica venga trasmessa per conduzione attraverso il soffitto per poi riscaldare l'ambiente per irraggiamento. Durante la notte o nei periodi di cielo coperto, un isolamento copre l'acqua calda e ne riduce le perdite di calore. L'accumulo d'acqua sul tetto può essere usato anche per il raffreddamento estivo.

Vantaggi:

- abbagliamento, *privacy* e degradazione ultravioletta dei tessuti trascurabili;
- soluzione adatta alle basse latitudini (alta angolazione dei raggi solari) con climi secchi, dove è ri-

chiesto sia riscaldamento sia raffreddamento;

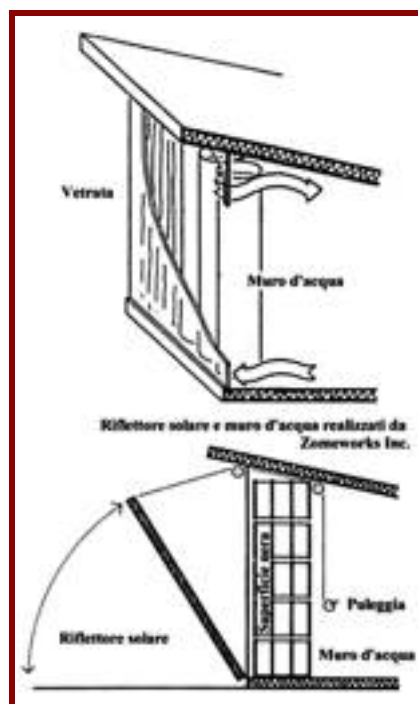
- le fluttuazioni di temperatura nell'edificio possono essere effettivamente basse;
- il sistema permette di realizzare un microclima interno stabile e uniformemente distribuito.

Svantaggi:

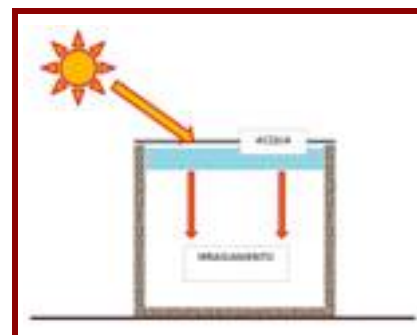
- il trasferimento di calore sotto forma radiativa permette che si possano riscaldare edifici a un solo piano o l'ultimo piano di un edificio multipiano. Lo specchio d'acqua deve coprire almeno la metà del soffitto, se si vuole raggiungere un risparmio energetico significativo;
- la pesante massa d'acqua sopra il soffitto impone maggiori requisiti e costi strutturali e può essere psicologicamente inaccettabile, soprattutto nelle zone sismiche;
- il sistema non è valido per i climi in cui la neve è frequente;



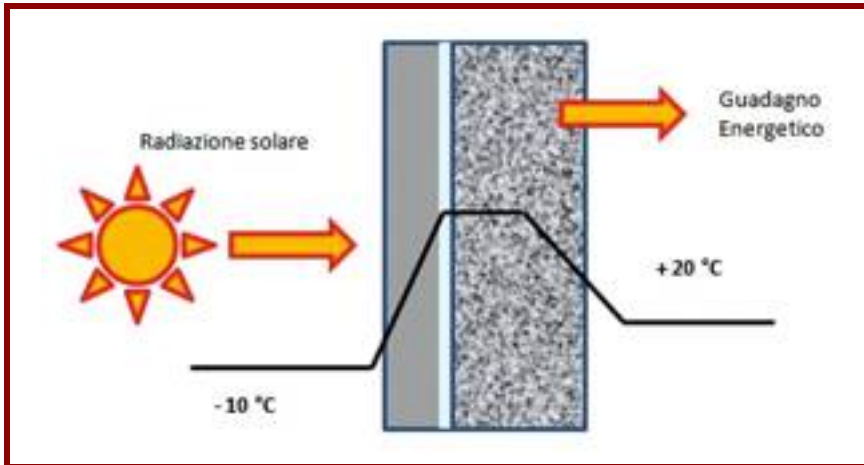
▲ Figura 2 - Muro ad accumulatore isolato



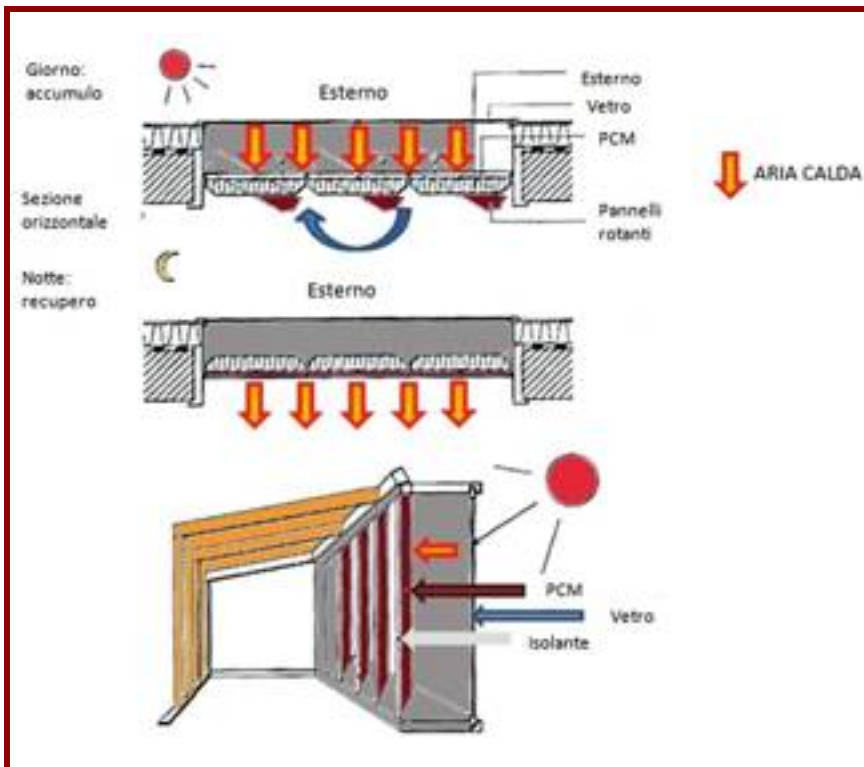
▲ Figura 3 - Muro ad acqua



▲ Figura 4 - Tetto ad acqua



▲ Figura 5a - Schema del funzionamento TWD



▲ Figura 5b - Schema funzionamento muro PCM

- il sistema non è valido per le alte latitudini (bassa inclinazione dei raggi solari).

TWD - Thermische Waerme Daemmerung

Il sistema TWD consente sia un buon effetto isolante (piccolo valore di coefficiente di trasmissione termica U) sia un alto valore di permeabilità alla radiazione solare (alto valo-

re di coefficiente di trasmissione energetica).

È costituito da piccoli tubi in polimetilmetacrilato (PMMA) o policarbonato (PC) permeabili alla luce solare visibile.

Il TWD è caratterizzato da:

- colorazione scura delle pareti perimetrali esterne per massimizzare l'assorbimento della radiazione incidente;

- isolamento trasparente chiuso, formato da tubi capillari;
- in alcuni casi, lamelle orientabili, il cui ruolo è quello di limitare il surriscaldamento in estate.

Muro composto da PCM

Il muro composto da materiali a cambiamento di fase (*phase change materials* - PCM) è una costruzione che prevede l'uso di materiali a grande capacità termica dovuta non alla massa, ma, appunto, al cambiamento di stato (liquido alle alte temperature e solido alle basse). Questa soluzione è in grado, quindi, di assorbire energia termica per convezione, conduzione e irraggiamento e di rilasciarla durante il raffreddamento, quando cioè avviene il cambiamento di fase (*solida-liquida: accumulo; liquida-solido: rilascio*) che avviene anche con lievi escursioni della temperatura, così da mantenere costante la temperatura dell'ambiente e funzionando come un termostato.

Le sostanze utili a svolgere questa funzione possono essere paraffine e sostanze prodotte da processi di raffinazione del petrolio per polimerizzazione oppure "sale di Glauber" e dorato di calcio esaidrato, che vengono incapsulati in microscopiche sfere o in recipienti di acciaio o di polietilene.

Pareti ventilate

Nel periodo invernale i benefici termici del sistema sono riconducibili ai vantaggi caratteristici dei sistemi "a cappotto", con cui si eliminano i ponti termici (con l'eccezione delle connessioni tra paramento e struttura portante) e in un aumento dell'inerzia termica dell'involucro murario.

Nel periodo estivo, la parete ventilata consente una forte riduzione del riscaldamento dovuto all'irraggiamento solare, grazie agli effetti combinati della parziale riflessione

superficiale del rivestimento e della ventilazione dell'intercapedine. Lo strato di ventilazione, inoltre, diminuisce il possibile degrado degli strati funzionali causato dall'umidità esterna e dagli *shock* termici.

Tetto ventilato

Il tetto ventilato è un sistema le cui caratteristiche fondamentali (sicurezza, ventilazione, traspirazione e isolamento), garantiscono un ambiente più salubre e maggior *comfort* abitativo. Questa soluzione consente di ottenere un notevole risparmio sui consumi energetici e sui costi di manutenzione, poiché la camera d'aria, che consente la ventilazione del tetto e del sottanto, favorisce lo smaltimento dell'umidità, mantenendone la salubrità e riducendo i costi di manutenzione e accrescendo le prestazioni dell'isolamento.

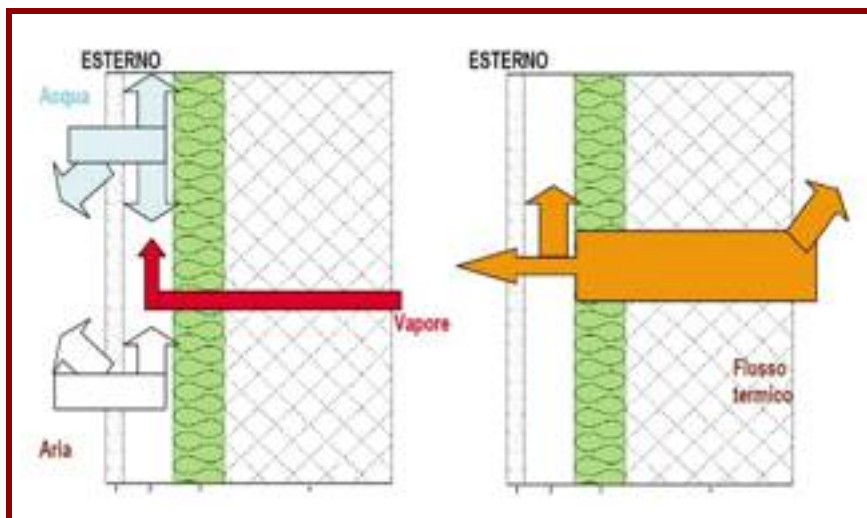
Le superfici vetrate

Per quanto riguarda il dimensionamento, l'area della superficie vetrata va posta in relazione al volume dell'ambiente servito o, data l'altezza dell'ambiente, alla sua superficie di pavimento.

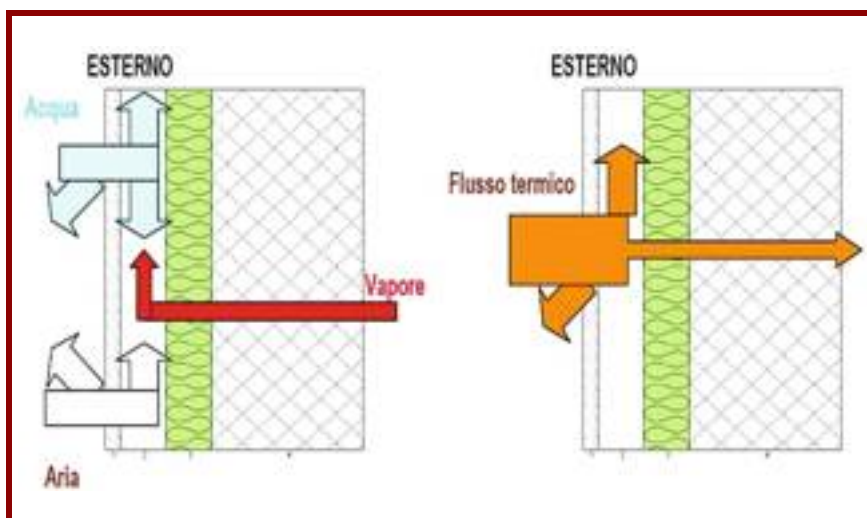
Le caratteristiche essenziali sono:

- percentuale di telaio ridotta al minimo e dotate di alte prestazioni termiche;
- speciali vetri termici, generalmente tripli, le cui intercapedini sono riempite con gas nobile (argon o kripton) con un alto valore di trasparenza.

Per ridurre la **componente convettiva**, inoltre, vengono riempite le intercapedini con miscele di gas con trasmittanza inferiore di quella dell'aria come Argon, Kripton, Xenon e Freon che non si decompongono con la radiazione solare, non reagiscono chimicamente con il vetro e i materiali dell'infilso, non si diffondono fra gli strati, non sono tossici e non producono condensazione.



▲ Figura 6 a - Schema del funzionamento delle Pareti Ventilato in INVERNO



▲ Figura 6 b - Schema del funzionamento delle pareti ventilato in ESTATE

Sistemi a guadagno diretto

La radiazione solare

L'elemento captante (superficie vetrata) trasmette la radiazione solare direttamente agli elementi di accumulo che sono interni all'edificio (muri, solai e pavimenti).

Vantaggi:

- tecnologie di facile realizzazione e di basso costo;
- massima integrazione architettonica dei sistemi.

Svantaggio:

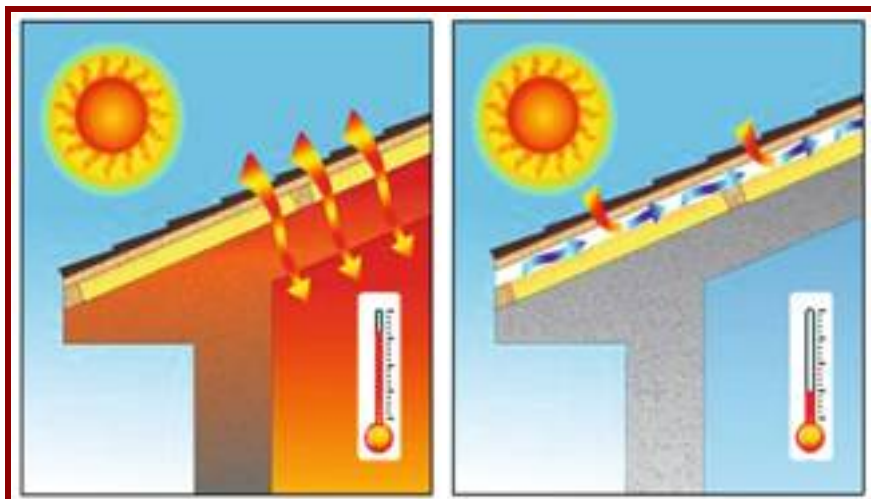
- rischio di surriscaldamento estivo e di dispersione termica invernale e notturna.

Schermi solari

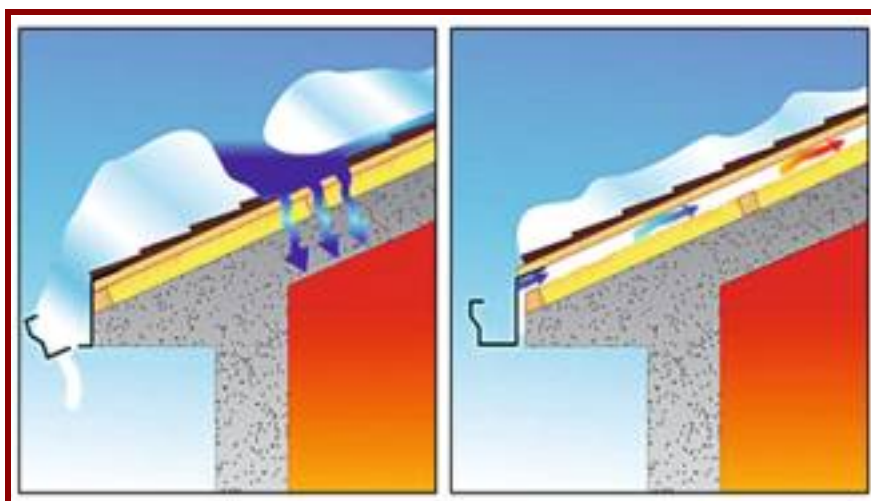
L'uso di schermature solari nei mesi estivi evita l'accumulo di radiazione solare diretta attraverso le parti trasparenti delle pareti perimetrali esterne. In questo modo, si evitano fenomeni di surriscaldamento di finestre e zone in prossimità delle finestre.

Le **protezioni solari** possono essere fisse (aggetti, frangisole, pellicole filtranti) o mobili (tapparelle, veneziane, tende). Si deve, tuttavia, aver cura che siano esterne all'edificio, per garantire il raffrescamento dell'involucro

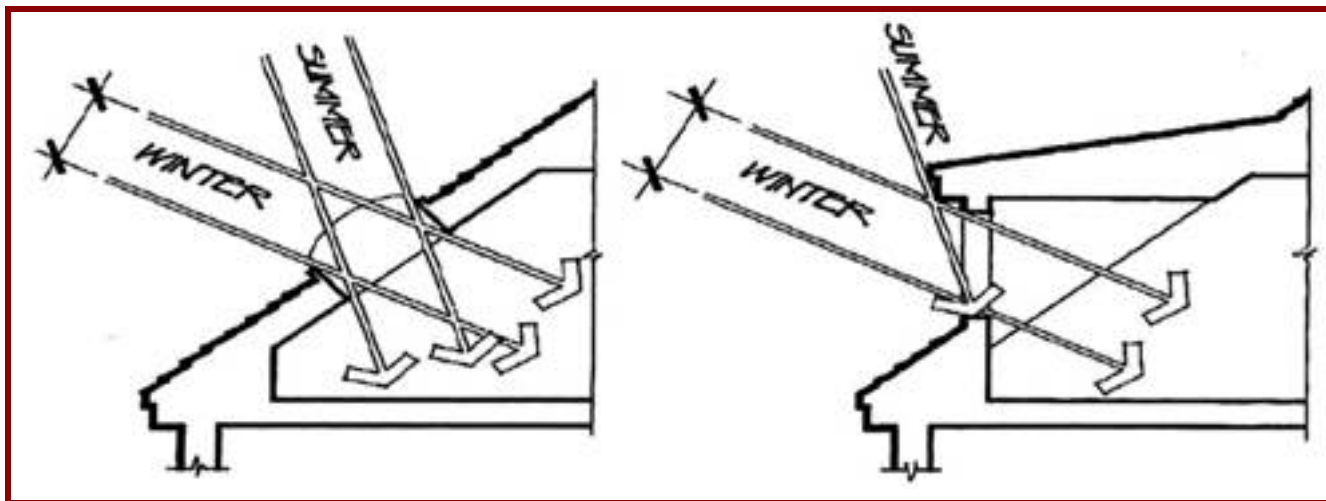
I **modulatori solari interni** sono si-



▲ Figura 6 c - Schemi del funzionamento dei tetti ventilati e non in ESTATE



▲ Figura 6 d - Schemi del funzionamento dei tetti ventilati e non in INVERNO



▲ Figura 7 - Radiazione solare

stemi mobili di schermatura che controllano la radiazione solare e possono dirigerla all'interno di uno spazio utile (o sul pavimento o sul soffitto) in cui si trova un accumulatore di calore, ma quando le condizioni lo richiedono, sono anche in grado di riflettere all'esterno i raggi solari.

Ombreggiamento

L'ombreggiamento è un sistema che permette di deviare la radiazione solare tramite l'utilizzo di schermi naturali, come ad esempio piante, superfici d'acqua o pannelli isolanti in grado di ridurre l'effetto di riscaldamento durante la stagione estiva considerando il momento di massima inclinazione del sole e l'orientamento delle superfici irradiate.

Sistemi di controllo della temperatura

Tra le soluzioni impiantistiche possibili per il controllo della **temperatura estiva** ve ne sono alcuni che permettono la riduzione di consumo di combustibili, sfruttando l'aria, l'acqua e la terra come *controller* naturali [1]:

- l'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile

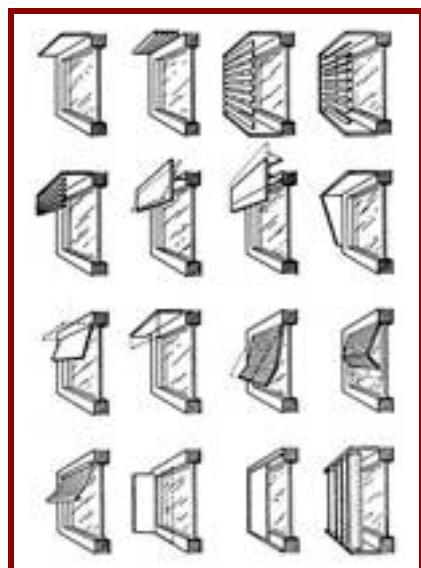
[1] Per un'applicazione pratica si veda l'articolo a firma di D. Romeo, L. Vegetti e A. La Barbera a pag. 27.

ovunque; tuttavia, la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce al diminuire della temperatura della sorgente. Si tenga a mente che, al di sotto dei 2°C, il rendimento della pompa di calore è minimo. Più vantaggioso è l'impiego, come sorgente fredda, dell'aria interna al locale da riscaldare, in quanto si trova a una temperatura più alta di quella esterna. Inoltre, essendo aria viziata, deve essere, comunque, rinnovata;

- **l'acqua come sorgente fredda**, pur garantendo le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne, richiede, tuttavia, un costo addizionale per le tubazioni;
- **il terreno come sorgente fredda** ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria.

Le tubazioni, se posizionate orizzontalmente, vanno interrate a una profondità minima da 1 m a 1,5 m per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna ed è necessaria un'ampia estensione di terreno, da 2 a 3 volte superiore alla superficie dei locali da riscaldare.

Se, invece, le tubazioni vengono po-



▲ Figura 8 - Tipologie di Schermi solari



▲ Foto 2 - Doppio vetro

sizionate in modo verticale, bisogna scendere a profondità di decine di metri. In entrambi i casi si tratta però di una soluzione costosa.



▲ Figura 9 - Esempi di ombreggiamento

Edifici a energia zero

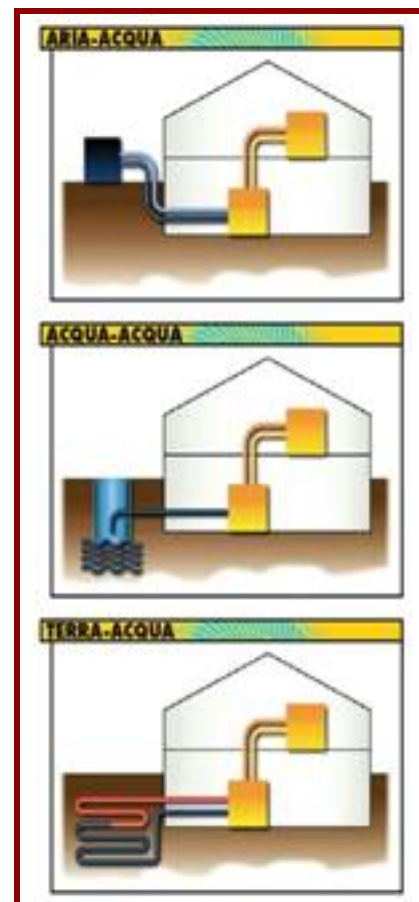
Un'integrazione di vari metodi per ridurre i consumi energetici sono gli edifici a energia zero, sono stati progettati attraverso l'utilizzo di sistemi tecnologici, materiali e impianti capaci di rendere gli edifici autonomi energeticamente.

L'orientamento del pendio a sud-ovest e la forma dell'edificio consentono di utilizzare al massimo i sistemi passivi, come mostrato dagli esempi dei box 2 e 3.

Soluzioni tecnologiche

Tra le soluzioni tecnologicamente avanzate che permettono un buon risparmio energetico si ricordano:

- apparecchiature a marchio "Energy Star";
- tecnologia con LED;
- tecnologia per la verifica delle di-



▲ Figura 10 - Sistemi di controllo della temperatura

BOX 2

ESEMPIO DI EDIFICIO A ENERGIA ZERO

- ampie vetrate a sud costantemente soleggiate e pavimenti in cemento e rivestimento di colore nero dello spessore di 9 cm utilizzati come massa di accumulo. In estate l'aggetto dei balconi di 65 cm funziona da ombreggiamento per evitare il surriscaldamento;
- dispersioni minimizzate grazie a;
 - corretto rapporto volume / superficie;
 - separazione tra spazi riscaldati e quelli non;
 - assenza di condotte di trasferimento di calore nelle aree fredde: buoni valori di isolamento di terrazze e serramenti;
- elevati parametri di isolamento termico superiori a quelli richiesti dalla normativa;
- tre collettori solari sottovuoto per appartamento per la produzione di acqua calda (i tubi sono integrati in architettura in quanto funzionano come corrimano dei balconi) con lamelle regolabili manualmente. In mancanza dell'energia solare entra in funzione la pompa aria-calore;
- sistema di aerazione controllata e riscaldamento dell'aria collocato nel locale tecnico delle cantine e distribuita da un sistema di canali nei solai degli appartamenti

Il rimanente fabbisogno (15 kWh/m) è fornito da un impianto collegato alla rete installato sulla copertura (6 moduli da 2,7 kWp ciascuno).

Inoltre:

- disposizione dei vani con camere da letto e soggiorni a sud. Tutti i vani riscaldati sono costruiti in legno e la struttura è realizzata con pannelli portanti in legno esclusi i garage e le cantine; sono stati seguiti, in generale, criteri ecologici e di bioedilizia;
- scale interne in blocchi modulari autoportanti indipendenti dalla struttura;
- le coperture sono in lastre di cemento rivestite in pietra naturale per raggiungere una massa elevata.



Foto 3 - Esempio di edificio a energia zero - Sunny Wood - Arch Beat Kampfen - Zurigo

BOX 3

ESEMPIO DI EDIFICIO A ENERGIA ZERO

Le strategie di intervento adottate sono:

- progetto eco-efficiente degli edifici: riduzione delle perdite di calore e utilizzo del guadagno solare termico hanno consentito l'eliminazione dei sistemi di riscaldamento convenzionale;
- uso di apparecchiature a basso consumo di energia e di acqua calda con conseguente riduzione della domanda energetica primaria;
- uso di risorse energetiche rinnovabili: utilizzo di una centrale di cogenerazione; pannelli fotovoltaici integrati sulle coperture.



Figura 11 - Esempio di edificio a energia zero - Bedzed - Arch Bill Dunster - London Beddington 2001

Attuazione delle strategie:

- serra orientata a sud disposta su 3 piani; verso nord scende la copertura verde;
- corretta distribuzione interna degli spazi, dotati di illuminazione naturale (spazi di lavoro a nord e spazi abitativi a sud);
- utilizzo di materiali locali e riciclati insieme a sistemi di alta tecnologia;
- alti livelli di isolamento (300 mm) con tecnologia a cappotto;
- elevata massa termica che garantisce l'accumulo frenando il surriscaldamento estivo;
- serramenti in legno e vetri a bassa remissività (tripla camera riempita con krypton);
- sigillatura di porte e finestre impedisce la dispersione termica;
- scambiatori di calore del sistema di ventilazione passiva (sotto i comignoli a vento) in grado di recuperare fino al 70% del calore contenuto nell'aria esausta in uscita;
- sistema di recupero delle acque piovane e di riciclo di quelle nere e grigie.

spersioni termiche (*blower door test*).

Le apparecchiature a marchio “Energy Star”

L’*Energy star* è un **sistema volontario** internazionale di etichettatura per l’efficienza energetica introdotto dall’Agenzia statunitense per la protezione dell’ambiente (EPA) nel 1992.

Attraverso un accordo con il governo degli Stati Uniti, la Comunità europea partecipa al sistema “*Energy Star*” per quanto riguarda le **apparecchiature per ufficio**. Il programma “*Energy Star*” si occupa, principalmente, del consumo energetico delle apparecchiature per ufficio durante la loro vita. A questo proposito, sono stati effettuati diversi studi finalizzati a individuare l’impatto ambientale dei PC e dei *monitor*.

Tecnologia con LED

I LED (*light emitting diode*) sono diodi formati da semiconduttori drogati in grado di generare radiazioni luminose se attraversati da corrente elettrica a voltaggio costante. Considerati il futuro dell’illuminazione, questi diodi hanno un’elevatissima efficienza energetica, con consumi del 90% inferiori alle tradizionali lampadine a incandescenza, e una durata quasi ventennale. La quasi totale assenza di manutenzione li rende estremamente vantaggiosi per l’illuminazione di piscine, esterni di palazzi, semafori e strade. Tuttavia, il loro prezzo elevato, nell’ordine delle decine di euro, non li rende ancora competitivi rispetto alle soluzioni tuttora presenti sul mercato come le lampadine fluorescenti compatte che offrono una buona efficienza energetica, di solo 15% inferiore, a fronte di un prezzo sempre accessibile.

Inoltre, i LED sono sensibili al voltaggio e da alcuni ritenuti non sufficientemente affidabili a causa di possi-



▲ Figura 12 - Marchio Energy Star

bili rotture generate da repentine variazioni nella tensione elettrica. Non va dimenticato, infine, che a differenza delle altre fonti luminose a “lampadina”, caratterizzate da un flusso luminoso radiante, i LED tendono a concentrare in modo unidirezionale il flusso in uscita dal diodo, evitando significativi sprechi energetici come l’illuminazione di soffitti e di pareti, pur non riuscendo a garantire tuttavia un livello costantemente efficace di illuminazione degli ambienti. Nei fatti è, quindi, bene rivolgersi a esperti del settore per la progettazione e realizzazione di un confortevole e adeguato sistema di illuminazione a LED.

Il blower door test

Questo metodo di indagine, nato in Svezia e perfezionato negli Stati Uniti, serve a verificare la tenuta all’aria di un edificio a basso consumo energetico.

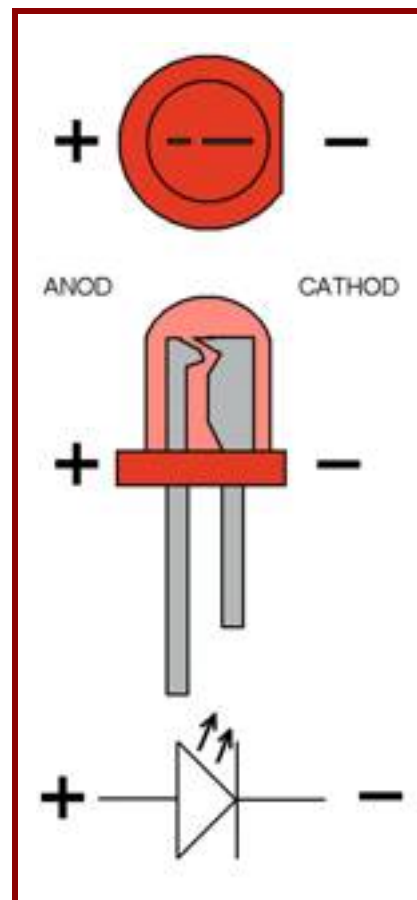
La verifica della tenuta di un edificio si rende necessaria qualora si voglia identificare la presenza di infiltrazioni d’aria in un involucro (che si originano nei punti di congiunzione tra elementi e materiali diversi), al fine di contenere le dispersioni termiche e quindi ridurre i consumi, o meglio gli sprechi, energetici.

Il metodo permette di avvertire queste infiltrazioni, altrimenti non percepibili dai sensi umani; i punti di maggiore criticità, oltre a quelli già citati, possono essere quelli de-

rivanti dal passaggio di elementi impiantistici, come prese elettriche, interruttori o luci.

Tra le problematiche generate dalle infiltrazioni d’aria si ricordano:

- **problemi per la salubrità dei locali:** l’aria umida e calda interna si dirige verso l’esterno e a contatto con le superfici fredde condensa. Questo fenomeno può causare il formarsi di umidità nelle pareti, fino allo sviluppo di muffe sulle superfici interne di locali come cantine, vani tecnici e soffitte, da cui possono poi filtrare cattivi odori, polveri o agenti inquinanti, come il radon;
- **spreco energetico:** il calore dissipato deve essere di nuovo ristabilito con l’impiego di combustibile, aumentando i costi di riscaldamento;



▲ Figura 13 - Schema di una lampada al led



▲ Foto 4 - Lampione al led nella città di Los Angeles

- **riduzione del comfort:** presenza di correnti d'aria;
- **rumore:** compromesso dalla presenza di discontinuità nell'isolamento;
- **impianti antincendio e ventilazione meccanica:** la loro efficacia è proporzionale all'isolamento di un involucro.

In dettaglio, si tratta di un dispositivo di ventilazione, installato in corrispondenza di una porta o finestra verso l'esterno, che, messo in funzione, estrae o immette aria sino a creare una differenza di pressione molto elevata tra l'interno dell'edificio e l'esterno. Nel momento in cui viene generata una depressione, l'aria esterna verrà richiamata all'interno attraverso tutte le interruzioni dell'involucro. Al crescere della portata d'aria estratta dal ventilatore e, quindi,



▲ Foto 5 - Il blower door test

all'aumentare della depressione interna, le infiltrazioni saranno più accentuate e, quindi, più facilmente individuabili.

Il test completo effettuato con il *blower door* si articola in diverse fasi:

- nella prima viene ispezionata l'intera superficie dell'involucro edilizio alla ricerca dei punti non ermetici che causano le maggiori perdite di carico termico per infiltrazione. Per far questo, viene creata e mantenuta una differenza di pressione tra interno ed esterno di 50 Pascal;
- nella seconda, si genera una de-

pressione decrescente; a determinati intervalli, vengono registrate le portate d'aria estratta e, infine, si calcola l'indice di quantità d'aria penetrata in un'ora a 50 Pa (n50);

- nella terza fase viene creata una sovrappressione e ripetuta la procedura della fase precedente, per valutare le dispersioni dovute alle diverse guarnizioni.

Il risultato finale del test rappresenta il numero di ricambi orari del volume d'aria interna attraverso le fessure dell'involucro.

Confronto tra vecchie e nuove tecnologie

Confrontando le tecnologie di ultima generazione e il loro corretto utilizzo, è possibile giungere a dati medi su cui ottenere dei risparmi interessanti dal punto di vista sia economico sia energetico, nonché identificare un risparmio economico, come illustrato nelle *tabelle 1 e 2*.

Conclusioni

Con quanto sopra si è voluto analizzare le soluzioni a oggi maggiormente usate rispetto ad altre i cui risultati potrebbero essere migliori, ma che, per costi e frequenza di appli-

TABELLA 1

COSTO MEDIO DELL'ENERGIA UTILIZZATA (FONTE: AUTORITÀ PER L'ENERGIA – DISTRIBUTORI DI ENERGIA*)

RISORSA	COSTO	U.M.
EN ELETTRICA	€ 0,1700	kWh
ACQUA	€ 0,0100	L
BENZINA	€ 1,2440	L
DIESEL	€ 1,2350	L
ENERGIA ELETTRICA - GAS	€ 0,1700	kWh - m ³

*I prezzi di benzina, acqua e diesel sono indicativi e possono variare da un gestore all'altro

TABELLA 2

**RISPARMIO ENERGETICO UTILIZZANDO SOLUZIONI TECNOLOGICHE DI NUOVA GENERAZIONE O ACCORGIMENTI NELL'UTILIZZO CORRETTO DELLA STRUMENTAZIONE*
(FONTE: CAUTHA SOLUTIONS SRL)**

TECNOLOGIA NON A RISPARMIO	VITA MEDIA IN ORE		TECNOLOGIA A RISPARMIO	VITA MEDIA IN ORE	PERCENTUALE DI RISPARMIO sulla nuova tecnologia	Risparmio sulla vita media della tecnologia
LAMPADINE A INCANDESCENZA	1.000		LAMPADINE CFL	9.000	0,00%	€ 116,40
LAMPADINE A INCANDESCENZA	1.000		LAMPADE FLUORESCENTI TUBOLARI LUCE STANDARD	10.000	0,00%	€ 88,80
LAMPADINE A INCANDESCENZA	1.000		LAMPADE FLUORESCENTI TUBOLARI LUCE EXTRA	10.000	0,00%	€ 113,60
LAMPADINE A INCANDESCENZA	1.000		LAMPADE FLUORESCENTI TUBOLARI ALTA FREQUENZA	12.000	0,00%	€ 138,72
LAMPADINE A INCANDESCENZA	1.000		LAMPADE FLUORESCENTI COMPATTE ELETTRONICHE	10.000	0,00%	€ 139,00
LAMPADINE A INCANDESCENZA	1.000		LAMPADE A INCAND. ALOGENA	2.000	0,00%	€ 0,00
TV	55.000		TV STAND BY	55.000	0,00%	€ 920,98
STEREO	45.000		STEREO STAND BY	45.000	0,00%	€ 130,05
PC	30.000		PC STAND BY	30.000	0,00%	€ 1.440,75
MODEM	30.000		MODEM STAND BY	30.000	0,00%	€ 198,90
SCHERMO PC	55.000		SCHERMO PC STAND BY	55.000	0,00%	€ 841,50
TV STAND BY	55.000		TV SPENTO	55.000	0,00%	€ 14,03
STEREO STAND BY	45.000		STEREO SPENTO	45.000	0,00%	€ 22,95
PC STAND BY	30.000		PC SPENTO	30.000	0,00%	€ 89,25
MODEM STAND BY	30.000		MODEM SPENTO	30.000	0,00%	€ 30,60
SCHERMO PC STAND BY	55.000		SCHERMO SPENTO	55.000	0,00%	€ 93,50
FRIGORIFERO MONOPORTA	80.000	150-480 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 68,00
FRIGORIFERO 2 PORTE	80.000	160-420 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 74,80
FRIGORIFERO > 2 PORTE	80.000	270-330 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 81,60
FRIGORIFERO NO FROST 2 PORTE	80.000	230-470 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 204,00
CONGELATORE VERTICALE	80.000	55-335 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 61,20
CONGELATORE VERT. NO FROST	80.000	80-310 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 285,60
CONGELATORE ORIZZONTALE	80.000	105-560 LITRI	CON TERMOSTATO REGOLATO	80.000	10,00%	€ 84,32
LAVASTOVIGLIE TRADIZIONALE	130.000		LAVASTOVIGLIE BASSO CONSUMO	130.000	0,00%	€ 1.105,00
LAVATRICE TRADIZIONALE	113.880		LAVATRICE BASSO CONSUMO	113.880	0,00%	€ 483,99
LAVATRICE TRADIZIONALE	113.880		LAVATRICE BASSO CONSUMO ACQUA	113.880	0,00%	€ 30.747,60

CALDAIE CENTRALIZZATE STANDARD (per edificio)	131.400	CALDAIE A BASSA TEMPERATURA	131.400	5,00%	€ 51.438,61
CALDAIE CENTRALIZZATE STANDARD (per edificio)	131.400	CALDAIE A GAS A CONDENSAZIONE	131.400	15,00%	€ 154.315,82
CALDAIA CENTRALIZZATA STANDARD (per edificio)	131.400	CALDAIA STANDARD CON VALVOLE TERMOSTATICHE	131.400	18,00%	€ 185.178,98
USO INDISCRIMINATO DEL CONDIZIONATORE	26.280	USO CORRETTO DEL CONDIZIONATORE	21.900	0,00%	€ 670,14
MANTENERE RISCALDAMENTO ELEVATO	65.700	ABBASSARE DI 1°C IL RISCALDAMENTO	65.700	0,50%	€ 2.571,93
CONDIZIONATORE STANDARD	26.280	CONDIZIONATORE INVERTER PICCOLO	26.280	20,00%	€ 804,17
DOCCE STANDARD	90.000	DOCCE CON RIDUTTORI DI FLUSSO	90.000	40,00%	€ 3.600,00
USO PNEUMATICI SGONFI (BENZINA)	87.600	USO PNEUMATICI GONFI (BENZINA)	87.600	3,00%	€ 233,25
USO PNEUMATICI SGONFI (DIESEL)	140.160	USO PNEUMATICI GONFI (DIESEL)	140.160	3,00%	€ 1.323,21
CALDAIA STANDARD E USO VETRI SINGOLI	65.700	CLADAIA STAND. E USO VETRI DOPPI-TRIPLI E INFISSI ISOLANTI	65.700	30,00%	€ 154.315,82
CALDAIA STANDARD E PARETI NON ISOLATE	65.700	CALDAIA STANDARD E PARETI ISOLATE	65.700	70,00%	€ 360.070,24
SCALDABAGNO ELETTRICO	87.600	SCALDABAGNO A GAS	61.320	0,00%	€ 3.171,75
LAVANDINO STANDARD	219.000	LAVANDINO CON RIDUTTORI DI FLUSSO	219.000	40,00%	€ 970,00

**I prezzi e i dati sono indicativi e calcolati su una media di mercato e possono variare da un rivenditore all'altro. La durata media di vita delle tecnologie è quella media fornita dalle case produttrici che forniscono tali dati*

cazione, sono utilizzabili solamente in certe occasioni. Alcuni interventi rimangono, tuttavia, applicabili solo in determinate

condizioni climatiche (specialmente per le tecnologie strutturali) e, in ultima analisi, le uniche vere soluzioni sono l'abilità del progettista di

attuare soluzioni la cui manutenzione non richieda costi troppo elevati e degli utilizzatori di gestirle nel modo corretto. ●

FONTI

- Foto 1 tratta da www.edilportale.it
- Schemi 1 e 2, figure 1a, 1b, 2, 4, 5a e 5b su gentile concessione di Cautha solutions S.r.l.
- Figure 6a, 6b, 6c, 6d, foto 2, figura 9 e figura 10 tratte da *Workshop PREFER*, 2004
- Figura 7 di proprietà di Kelbaugh & Lee architects, Princetown, New Jersey
- Figure 3 e 8 tratte da Giampaolo Silvestri & Cristina Bucchi Architetti, "Progetto di residenze con l'utilizzo di sistemi solari passive e di raffrescamento naturale ad Alfonsine (RA)" - tesi di laurea in tecnologia - Università degli studi di Ferrara
- Figura 11 tratta da www.floornature.com
- Figura 12 tratta da <http://www.eu-energystar.org/it/index.html>
- Figura 13 tratta da <http://www.grix.it>
- Foto 3 tratta da www.solarserver.de
- Foto 4 tratta da www.scienze.zanichelli.it/notizie/tag/led/
- Foto 5 su gentile concessione dell'associazione Paea (Progetti Alternativi per l'Energia e per l'Ambiente)
- La fonte del paragrafo "Tecnologia con LED" è Fabio Bordoni, "progetto Master's in Strategic Leadership toward Sustainability at Blekinge Institute of Technology - Karlskrona - Blekinge Region - Sweden"
- La fonte del paragrafo "Il blower door test" è Claudio Castiglione - Associazione Paea