

#scuolesostenibili

Guida all'efficienza energetica
negli edifici scolastici



Sommario

SALUTI ISTITUZIONALI.....	7
PERCHE' UNA GUIDA OPERATIVA	11
<u>SEZIONE I: Come progettare l'intervento.....</u>	<u>14</u>
1. LA SCELTA DELL'INTERVENTO	15
2. GLI INTERVENTI SULL'EDIFICIO	19
3. GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO	31
4. LA QUALITA' DEGLI INTERVENTI	46
<u>Esempi efficienti in Italia</u>	<u>54</u>
<u>SEZIONE II: Come finanziare l'intervento</u>	<u>58</u>
5. I FINANZIAMENTI NAZIONALI E I FONDI EUROPEI	59
6. IL CONTO TERMICO.....	61
7. PARTECIPAZIONE DEI PRIVATI: ENERGY SERVICE COMPANY (ESCO).....	62

Hanno collaborato:

Roberto Moneta, Andrea Calabrese, Gabriella Azzolini, Americo Carderi, Giulia Centi, Maria Giovanna Landi, Antonia Marchetti, Francesca Margiotta, Pierpaolo Mulargia, Carlo Romeo, Domenico Iatauro, Luciano Terrinoni, Irene De Simone.

Si ringraziano per i contributi:

Siram, Manutencoop, CasaClima

M.A.T.T.M. - Ministero dell’Ambiente

L’efficienza energetica è uno dei pilastri del futuro del nostro Paese verso il quale, già oggi, stiamo compiendo passi significativi. Insieme con la crescente diffusione delle fonti rinnovabili, è uno strumento importante per innovare il nostro sistema produttivo e dei consumi civili, rendendolo sempre più carbon free, più sicuro per quanto riguarda l’approvvigionamento e meno costoso per quanto riguarda i costi dell’energia.

Efficienza significa vantaggi per lo Stato, l’ambiente, le imprese, i cittadini. Si tratta di un impegno “win-win”, che ha solo aspetti positivi: spinge le aziende a investire sull’ecosostenibilità del ciclo produttivo e contribuisce a far risparmiare le famiglie a causa dei costi più bassi delle bollette. Inoltre l’efficientamento energetico è uno dei target europei sul quale ci siamo impegnati: si tratta di una grande opportunità per diminuire le emissioni di Co2 e contrastare i cambiamenti climatici (non dimentichiamo che in Italia un terzo delle emissioni viene dagli impianti di riscaldamento).

Probabilmente non sono note al grande pubblico le potenzialità dell’efficienza energetica. Questa “Guida all’efficienza energetica negli edifici scolastici” è uno strumento utile, per gli addetti ai lavori e non, per aumentare la consapevolezza comune e spingere le imprese a fare grandi progetti industriali per il nostro Paese.

Questo governo sta investendo molto sull’efficienza energetica per renderla un motore di innovazione ambientale. Recentemente, ho firmato il decreto che ha riaperto lo sportello per l’accesso ai finanziamenti agevolati a valere sul fondo rotativo “Kyoto”, con il quale sono stati messi a disposizione circa 250 milioni di euro per l’efficienza energetica nelle scuole (una riprogrammazione che fa parte delle misure previste nel “Protocollo d’intesa per migliorare la qualità dell’aria” sottoscritto nel dicembre scorso dal ministero dell’Ambiente).

Grazie a strumenti mirati come questo bando e a “manuali” operativi come questa “Guida”, le nostre scuole diventeranno via via più sostenibili e all’avanguardia: si trasformeranno in uno spazio più adatto e gradevole per i nostri ragazzi e costituiranno uno dei punti qualificanti della politica ambientale di contrasto all’inquinamento e di riqualificazione del patrimonio edilizio.

il ministro
Gian Luca Galletti

M.I.U.R. - Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

Marshall McLuhan, sociologo canadese nato nei primi del Novecento, è rimasto celebre per la sua massima *il medium è il messaggio*. Parlava degli effetti dei mezzi di comunicazione di massa sull'opinione pubblica. Sosteneva, attraverso quella lapidaria sentenza, che forma e sostanza in qualche modo coincidevano negli esiti. Che c'entra McLuhan con scuole sostenibili e ad alta efficienza energetica, vi starete chiedendo. C'entra, c'entra. Anche nei nostri istituti, luoghi di formazione e crescita, forma e sostanza devono coincidere: la didattica deve andare di pari passo con le strutture che i nostri ragazzi e le nostre ragazze frequentano ogni giorno. Non possiamo educare al bello, al rispetto dell'ambiente, se poi varcando la soglia della scuola gli studenti si ritrovano in aule non abbastanza decorose o energivore.

Gli edifici scolastici devono essere luoghi funzionali all'apprendimento e all'educazione di cittadini responsabili. Proviamo a fare uno slittamento, un passaggio culturale dal concetto di edilizia a quello di architettura scolastica. Un'architettura confortevole e produttiva, innovativa e virtuosa. Aule spaziose, correttamente dimensionate e realizzate con attenzione alla climatizzazione, alla ventilazione e all'illuminazione. Ambienti che creino le condizioni ideali di un apprendimento corretto e stimolante. Alle nuove generazioni servono sì giornate mondiali dedicate ed eventi ad hoc sul risparmio energetico, il rispetto dell'ambiente e la sostenibilità. Ma più di tutto serve "l'abitudine" a questi temi, la conoscenza di questi aspetti attraverso la pratica giornaliera. La scuola è il luogo che più di altri può e deve assolvere a questo compito. Già a partire dalla sua struttura.

Questa guida è uno strumento di informazione molto utile per enti locali e dirigenti scolastici: fornisce indicazioni, traccia possibilità e individua risorse e competenze che le comunità scolastiche e i territori possono adoperare come base per un intervento mirato e strategico nella realizzazione e nel miglioramento degli istituti in termini di sostenibilità ed efficientamento energetico. Un ulteriore tassello nel capitolo "edilizia scolastica" - che questo governo ha particolarmente a cuore - predisposto per semplificare il lavoro di tutti gli attori coinvolti a vario titolo in questo ambito. E per dare alle nuove generazioni strutture che li allenino al futuro. Un futuro sostenibile e sano.

il sottosegretario
Davide Faraone

Presidenza del Consiglio dei Ministri

Struttura di Missione per il coordinamento e l'impulso nell'attuazione di interventi di riqualificazione dell'Edilizia Scolastica

La salute e la bellezza degli oltre 41.000 edifici scolastici italiani sono al centro dell'azione di Governo e la loro efficienza energetica è una delle sfide del futuro. L'obiettivo non è solo quello del contenimento della spesa, ma anche il miglioramento delle condizioni di benessere degli alunni, una nuova progettazione degli ambienti di apprendimento, e, non ultima, la crescita di consapevolezza sui temi ambientali delle giovani generazioni.

È ormai indispensabile costruire una strategia che unisca benessere ambientale, salubrità, bellezza e vantaggio economico. Le azioni più urgenti riguardano il miglioramento delle prestazioni energetiche degli involucri edilizi e dei sistemi impiantistici e l'incentivazione dell'autoproduzione di energia da fonti rinnovabili.

Un Protocollo di Intesa tra ENEA e la Struttura di Missione per il coordinamento e l'impulso nell'attuazione degli interventi di riqualificazione dell'edilizia scolastica della Presidenza del Consiglio ha permesso la redazione di questo sussidio, condiviso con il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Un'agile guida per diffondere le conoscenze e gli strumenti operativi alla base della riqualificazione energetica delle architetture per la formazione, seguendo un approccio aggiornato alle normative più recenti e alle attuali possibilità di incentivazione economica. Chiaro e utile sia per gli Enti locali che per i tecnici e i dirigenti scolastici.

la coordinatrice
arch. Laura Galimberti

ENEA - Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

La Scuola, nella sua funzione formativa, riesce a coniugare perfettamente concetti quali territorio, tecnologia, talento e rappresenta il driver principale per migliorare il livello di efficienza energetica del nostro Paese favorendone al contempo la crescita culturale. Un edificio scolastico ad alte prestazioni energetiche ha la capacità di creare per gli studenti e i docenti un ambiente più confortevole e produttivo grazie ad un'efficace combinazione di soluzioni progettuali che prevedono l'utilizzo di sistemi ad alta efficienza energetica e l'integrazione di fonti rinnovabili. Aule spaziose, correttamente dimensionate e realizzate con particolare attenzione alla climatizzazione, all'illuminazione e alla ventilazione, rafforzano la concentrazione e l'apprendimento dello studente.

La vera sfida ora è trasformare il parco esistente degli edifici scolastici in edifici ad alte prestazioni e ridurre la differenza tra i progetti "desiderabili" e quelli effettivamente implementati, il cosiddetto *efficiency gap*. L'ENEA affianca istituzioni e operatori del settore nell'attuazione di programmi di riqualificazione energetica attraverso la realizzazione di progetti pilota, la redazione di linee guida tecniche e la definizione di soluzioni tecnologiche efficienti che facilitano la replicabilità degli interventi. Un simile ruolo di catalizzatore verso gli *stakeholders* coinvolti nel mondo dell'efficienza energetica appare più che mai necessario, dal momento che spesso gli interventi necessari e più efficaci prevedono l'impiego di tecnologie abbastanza costose.

Tutto ciò richiede un cambio di paradigma che faciliti il transito di maggiori investimenti, soprattutto privati, nelle migliori tecnologie disponibili e negli interventi con il miglior rapporto costo-efficacia. Proprio in virtù di tutto ciò abbiamo aderito con entusiasmo all'iniziativa promossa dalla Struttura di Missione con l'auspicio che questa guida possa essere un utile strumento di conoscenza e di lavoro.

il presidente
prof. Federico Testa

PERCHE' UNA "GUIDA OPERATIVA"

La presente guida operativa è rivolta agli amministratori pubblici e ai dirigenti scolastici come strumento di prima informazione sulla complessa materia della riqualificazione energetica degli edifici, in particolare quelli scolastici. La trattazione dei temi non si intende esaustiva né tecnicamente approfondita, né può sostituire la competenza dei professionisti del settore, a cui bisogna far ricorso una volta deciso di intraprendere una simile azione.

La trasformazione di un edificio esistente in una struttura ad alte prestazioni energetiche attraverso l'adozione di tecnologie per il miglioramento dell'efficienza energetica, non può prescindere da un'accurata analisi dello *status quo* del sistema edificio-impianto e può prevedere interventi di varia natura, ad esempio sull'involucro edilizio, interventi di riqualificazione degli impianti elettrici e dei sistemi di produzione e distribuzione dell'energia termica, interventi di installazione di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, etc.

Il miglioramento dell'involucro edilizio per diminuire le dispersioni di calore nella stagione invernale è prioritario, in quanto va a ridurre il fabbisogno di energia primaria; tuttavia tale intervento richiede tempi lunghi di ritorno dell'investimento e deve essere valutato in relazione ai reali consumi energetici dell'edificio e alla zona climatica di appartenenza. D'altra parte, in alcuni casi, limitare gli interventi alla mera sostituzione degli impianti comporta il rischio di produrre calore in maniera ottimale per poi disperderlo attraverso l'involucro "colabrodo".

Lo strumento ideale per risolvere tali incertezze è la diagnosi energetica, una procedura di analisi coordinata del sistema edificio-impianto, che ha l'obiettivo di individuare gli interventi da realizzare, definirne le priorità e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici.

In generale, quando si decide di procedere alla riqualificazione energetica di un edificio per renderlo altamente performante, si devono prendere in considerazione i seguenti *elementi chiave*:

1. **Involucro ad alte prestazioni energetiche.** Un maggiore isolamento delle pareti di tamponamento, del solaio a terra e del solaio di copertura aiuta a ridurre la perdita di calore nella stagione invernale e migliorare il comfort. Pareti esterne di colore chiaro, tetti bianchi e sistemi di schermatura solare e

ombreggiamento aiutano a ridurre i carichi energetici per il raffrescamento degli ambienti nella stagione estiva. Questi fattori contribuiscono a dimensionare correttamente il sistema di climatizzazione, riducendo così l'investimento iniziale e i costi di gestione e manutenzione a lungo termine.

2. **Finestre e *daylighting*.** Un miglior utilizzo della luce naturale aiuta a ridurre il ricorso all'energia elettrica per l'illuminazione e a limitare i consumi energetici anche per la climatizzazione evitando il calore generato dagli stessi apparecchi. Finestre ad alte prestazioni permettono di ridurre al minimo l'apporto di calore nei mesi più caldi e di evitare perdite di calore nei mesi più freddi.
3. **Illuminazione e sistemi elettrici.** I sistemi di illuminazione a LED, corpo illuminante o lampada, e i sistemi di gestione e controllo in grado di modulare automaticamente i livelli di luce necessaria, con abbinati sensori di presenza, che spengono automaticamente le luci negli ambienti non occupati, rappresentano investimenti con tempi di ritorno molto bassi e con significativo e immediato risparmio energetico.
4. **Impianti di climatizzazione e ventilazione.** La scelta della tipologia e della taglia dei sistemi di climatizzazione e ventilazione meccanica è un'operazione complessa poiché strettamente correlata agli elementi descritti in precedenza e ha una influenza diretta sui costi di esercizio e manutenzione. L'utilizzo di sistemi automatici per la regolazione della temperatura degli ambienti permette di ridurre gli sprechi di energia e di ottimizzare il comfort negli ambienti.
5. **Sistemi alimentati ad energia rinnovabile.** Tali sistemi possono integrare la fornitura di energia elettrica e termica dell'edificio. In relazione ai profili di consumo ed alle caratteristiche dell'edificio è possibile impiegare le biomasse per la climatizzazione, il fotovoltaico o l'eolico in combinazione con sistemi di accumulo per l'illuminazione di sicurezza, l'alimentazione di emergenza e di apparecchiature sensibili o il solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.
6. **Sistemi di gestione dell'acqua.** Sistemi di raccolta dell'acqua piovana in grado di consentire il riuso dell'acqua per i sanitari e l'irrigazione possono ridurre i costi di fornitura fino al 50%.

Il presupposto generale alla realizzazione di interventi che generano risparmi energetici deve essere in ogni caso il soddisfacimento di tutte le norme che riguardano la stabilità strutturale e la sicurezza degli edifici, nonché il rispetto delle prescrizioni e dei requisiti minimi previsti dal D.M. 26 giugno 2015 (rif. Appendice "*Le leggi e le normative sull'efficienza energetica*").

Il presente documento è corredato di Appendici che contengono approfondimenti su alcune tematiche tecnico-normative, disponibili in formato digitale nel sito <http://www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili>.



SEZIONE



Come progettare l'intervento

1

LA SCELTA DELL'INTERVENTO

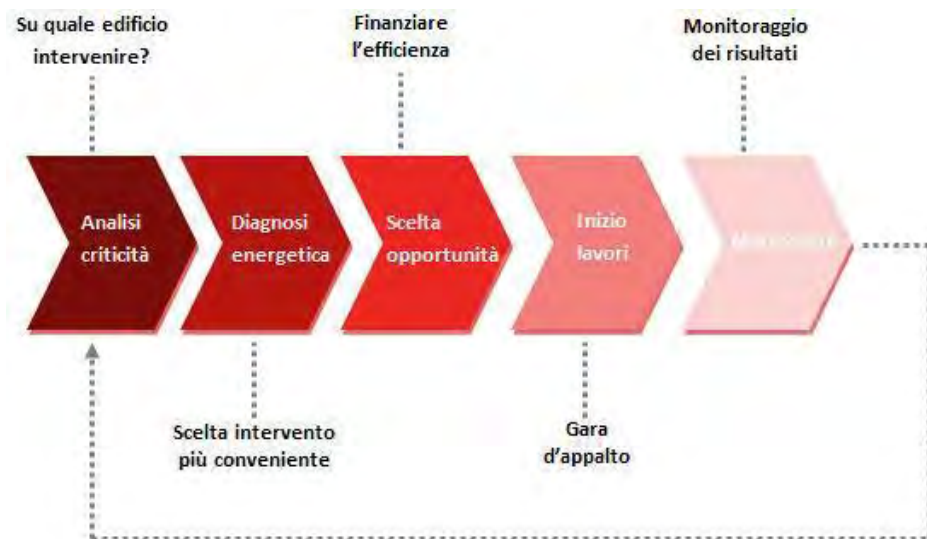


LA SCELTA DELL'INTERVENTO

In Italia la maggior parte degli edifici scolastici è stata costruita prima del 1976, anno in cui è entrata in vigore la prima legge sul contenimento del consumo energetico degli edifici. Ciò significa che la maggior parte dei nostri edifici scolastici ha pareti e finestre che disperdono verso l'esterno gran parte dell'energia fornita per riscaldare aule, uffici e ambienti annessi. Se a questo aggiungiamo gli impianti termici che, se hanno più di 12 anni, sono poco efficienti, e così anche i sistemi di illuminazione, possiamo affermare che oltre il 50% dell'energia che usiamo per riscaldare gli edifici scolastici può essere risparmiata.

Come? Riqualificando energeticamente l'edificio.

Possiamo intervenire su pareti, solai, tetti e impianti. Basta scegliere l'intervento che meglio risponde alle esigenze del nostro edificio e individuare lo strumento più adatto a finanziare l'intervento.



La riqualificazione energetica degli edifici scolastici in 5 steps

La scelta dell'edificio



Solo gli edifici costruiti dopo il 2006 rispettano l'attuale normativa sul contenimento dei consumi energetici. Quindi, su tutti gli edifici costruiti prima di questa data è auspicabile intervenire.

Naturalmente, ragionando in un'ottica di opportunità, la scelta dovrà cadere su gli edifici più vecchi, che richiedono una ristrutturazione edilizia e impiantistica.

La scelta dell'intervento

Una volta individuato l'edificio su cui intervenire occorre **scegliere l'intervento più conveniente da fare**. Per fare ciò è necessario rivolgersi a un **tecnico qualificato** e chiedere che sia fatta una **diagnosi energetica dell'edificio**¹.

L'esperto effettuerà dei sopralluoghi e dei rilievi presso l'edificio e analizzerà i dati sui consumi e sui costi energetici legati al suo normale utilizzo, esaminando fatture e bollette. Dall'analisi dei dati emergerà in che modo l'energia viene utilizzata e quali possono essere le cause degli eventuali sprechi. Sarà così possibile individuare i probabili interventi migliorativi sulla base di una prima valutazione di fattibilità tecnico-economica.

La diagnosi energetica deve essere eseguita da un tecnico qualificato. Il D.lgs. 102/2014 specifica i soggetti autorizzati a eseguire la diagnosi. Fino al 19 luglio 2016, le diagnosi energetiche possono essere condotte da ESCo (società di servizi energetici), EGE (esperti in gestione dell'energia) o *Energy Auditor* (auditor energetici). A partire dal 19 luglio 2016, le diagnosi devono essere eseguite da soggetti certificati da organismi accreditati ai sensi del regolamento comunitario n. 765 del 2008 o firmatari degli accordi internazionali di mutuo riconoscimento, in base alle norme UNI CEI 11352 e UNI CEI 11339.

Diagnosi energetica degli edifici

¹ Per approfondimenti sulla diagnosi energetica si rimanda all'Appendice:
<http://www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili>

1

LA SCELTA DELL'INTERVENTO

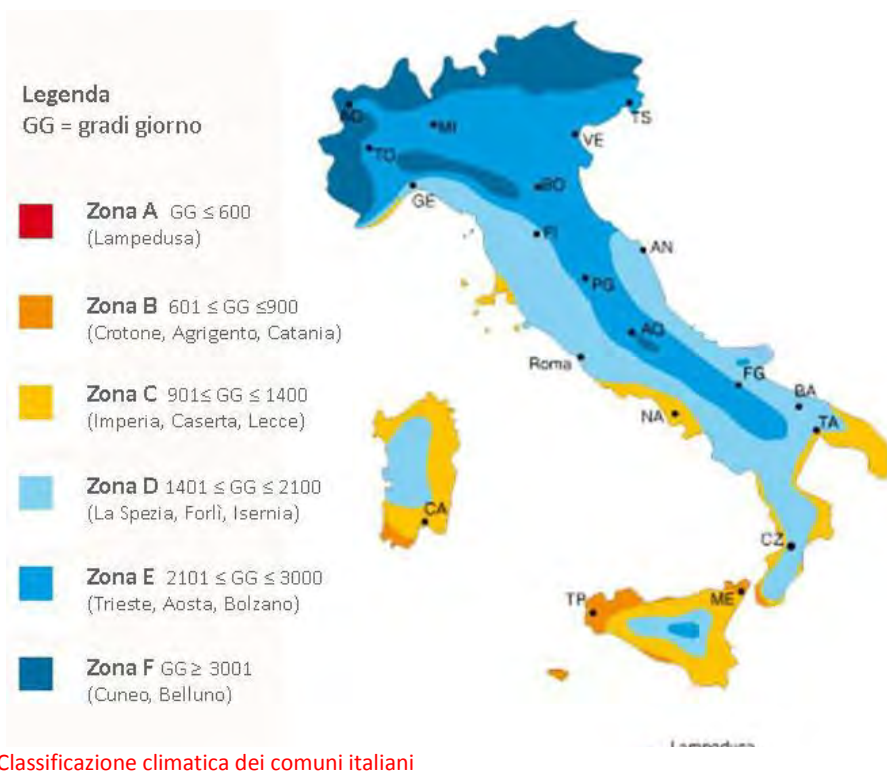


La diagnosi energetica definirà una serie di interventi possibili che possono riguardare:

- la modifica dei contratti di fornitura dell'energia,
- il miglioramento della gestione degli impianti,
- interventi di ristrutturazione dell'edificio,
- la sostituzione o modifica degli impianti esistenti.

La scelta dell'intervento sarà quindi in funzione dello stato di conservazione dell'edificio, del potenziale risparmio conseguibile e soprattutto dalla disponibilità economica e dalla capacità di reperire fondi.

Ovviamente per la scelta dell'intervento occorrerà considerare la zona climatica di appartenenza dell'edificio.





Di seguito presentiamo alcune tra le diverse soluzioni tecnologiche attualmente disponibili, evidenziando per ognuna di esse vantaggi, svantaggi e migliori campi di applicazione.

Caso per caso sono inserite tabelle che riportano, per ogni specifico intervento, i “punti di convenienza” in funzione del tempo di rientro dell’investimento, calcolato tenendo conto del prezzo del combustibile, del costo medio di ogni materiale impiegato e del risparmio di energia ottenuto.

In generale maggiore è il tempo di rimborso dell’investimento e minore sarà la convenienza.

TEMPO DI RIMBORSO DELL'INVESTIMENTO	PUNTI DI CONVENIENZA
Meno di 2 anni	••••
Meno di 4 anni	••••
Meno di 6 anni e mezzo	•••
Meno di 12 anni	••
Più di 12 anni	•

Punti di convenienza dell'investimento



GLI INTERVENTI SULL'EDIFICIO

Isolamento delle pareti perimetrali

L'isolamento delle pareti può essere realizzato dall'interno, dall'esterno o nell'intercapedine. La scelta dell'intervento da adottare dipende principalmente dalla tipologia costruttiva, dallo stato di degrado dell'edificio e dal capitale disponibile per la realizzazione.

Isolamento dall'esterno

Comunemente detto "a cappotto", costituisce uno dei sistemi più efficaci per isolare bene un edificio. Consiste nell'applicazione di un rivestimento isolante sulla parte esterna delle pareti dell'edificio. Permette di correggere i ponti termici eliminando così fenomeni di condensa e muffe. Essendo un intervento effettuato sull'esterno dell'edificio, la sua realizzazione non riduce la superficie calpestabile degli ambienti e non crea eccessivi disagi agli occupanti.

È un intervento abbastanza oneroso, ma con un'unica spesa si applica il materiale isolante e al contempo si rinnova la facciata.

Risulta economicamente conveniente quando si rende necessario un rifacimento della facciata.

Isolamento dall'interno

Consiste in un'applicazione mediante incollaggio di pannelli composti, per esempio di materiale isolante e cartongesso, sulla superficie interna delle pareti di tamponamento.



Isolamento dall'interno



È un intervento non eccessivamente costoso ma, a differenza del cappotto esterno, non corregge i ponti termici e non risolve completamente i problemi di condensa e muffe. Provoca una leggera diminuzione dello spazio abitabile e può richiedere la riposizionamento dei radiatori, ventilconvettori, delle prese e degli interruttori.

Isolamento nell'intercapedine

Se le pareti perimetrali hanno un'intercapedine, ovvero sono costituite da due pareti separate da una camera d'aria, è possibile riempire tale spazio vuoto con opportuni materiali isolanti mediante la tecnica dell'insufflaggio. Se lo spessore da riempire è superiore ai 5 cm si possono inserire materiali granulari, come la vermiculite e l'argilla espansa; se invece lo spessore è inferiore si possono utilizzare materiali liquidi che una volta iniettati si espandono e solidificano, come le resine poliuretatiche.

La spesa da sostenere è modesta, ma l'intervento non è particolarmente efficace e performante.

Materiali isolanti innovativi

Gli aerogel sono tra le sostanze più leggere conosciute fino ad ora. Sono materiali nanoporosi composti dal 98% d'aria e 2% di silicio amorfo. Sopportano altissime temperature e sono ottimi isolanti. Sono utilizzati nella preparazione di feltri, intonaci o pannelli sottovuoto con spessori molto contenuti (5-30mm). Si utilizzano soprattutto negli interni quando non è possibile ridurre la superficie utile.

Il termo-intonaco è un intonaco in cui il componente inerte, generalmente costituito da sabbia, è sostituito del tutto o in parte con dei materiali isolanti di piccole dimensioni. Ha un'elevata traspirabilità e alto potere isolante. È particolarmente adatto per realizzare i cappotti termici sulle pareti esterne degli edifici.

I PCM (Phase Change Material) sono materiali capaci di assorbire calore e di restituirlo nel tempo all'esterno, senza variare la propria temperatura. Tali materiali aumentano la capacità termica della struttura ossia la sua attitudine ad accumulare calore. Si presentano sotto forma di capsule che vengono inserite all'interno di pannelli trasparenti in polimetilmetacrilato. Grazie allo spessore ridottissimo possono essere impiegati per isolare le pareti verticali interne, quando non si vuole diminuire troppo la superficie calpestabile.



La tabella che segue mostra, per le applicazioni più comuni e in funzione della zona climatica di appartenenza, gli spessori ottimali dello strato isolante, i risparmi annuali in % di combustibile e la convenienza o meno di eseguire l'intervento.

ESEMPI DI INTERVENTI		ZONA CLIMATICA			ZONA CLIMATICA			ZONA CLIMATICA			ZONA CLIMATICA		
		A		B	C		D	E			F		
ISOLAMENTO DELLE PARETI ESTERNE		SPESORE CH	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CH	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CH	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CH	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA
IN MURATURA PIENA	ISOLAMENTO DALL'ESTERNO (CAPPOTTO)	4	20 25	●	6	20 25	●●	8	20 25	●●	8	20 25	●●●
	ISOLAMENTO DALL'INTERNO	3+1	20 25	●	3+1	20 25	●●	3+1	20 25	●●	3+1	20 25	●●●
CON INTERCAPEDINE	ISOLAMENTO DALL'ESTERNO (CAPPOTTO)	4	10 15	●	6	10 15	●	8	10 15	●●	8	10 15	●●●
	ISOLAMENTO DALL'INTERNO	3+1	10 15	●	3+1	10 15	●●	3+1	10 15	●●	3+1	10 15	●●●
	ISOLAMENTO NELLA INTERCAPEDINE	10	20 25	●	10	20 25	●●	10	20 25	●●	10	20 25	●●●

Convenienza dell'intervento di isolamento delle pareti perimetrali

Isolamento delle coperture

Tetti a falde, terrazzi (praticabili e non) e solai su porticati sono le coperture su cui è possibile intervenire per migliorare l'isolamento termico di un edificio.

Copertura a falde

Tra tutte le superfici esterne di un edificio, il tetto è spesso l'elemento che disperde più calore durante la stagione invernale e provoca surriscaldamento nei mesi estivi.



Isolamento della copertura



L'intervento di isolamento prevede la posa di uno strato di materiale isolante tra il solaio di copertura e lo strato di finitura. Il miglior risultato si ottiene se viene realizzata anche un'intercapedine ventilata al di sotto del manto di copertura, in quanto consente di garantire uniformità di temperatura e smaltimento del vapore acqueo.

Sottotetto non praticabile

In presenza di soffitte non praticabili, l'isolamento può essere fatto posando sul pavimento uno strato di barriera al vapore, ad esempio un rivestimento in alluminio, sul quale dovrà essere collocato il materiale isolante, ad esempio fibra di cellulosa, pannelli rigidi in polistirene o rotoli di lana di roccia. Essendo il solaio non praticabile è possibile posare anche una protezione superiore di finitura.

Sottotetto praticabile

Se il sottotetto è praticabile conviene posare il materiale isolante sulla parte esterna del tetto, come detto in precedenza. Ma per sostenere una spesa inferiore è possibile fissare l'isolante dall'interno, lungo la parte inclinata del tetto. È utile prevedere anche una barriera al vapore su cui incollare o inchiodare pannelli rigidi, ad esempio fibra di legno, sughero, polistirolo. Se il tetto è realizzato con una sottostruttura a vista, che sostiene il solaio, si può riempire lo spazio fra le travi con un isolante morbido, ad esempio lana o fibra di vetro.

Copertura piana

Se la copertura dell'edificio è piana, cioè si è in presenza di un terrazzo, l'intervento può essere fatto sia dall'interno e sia dall'esterno.

L'isolamento dall'esterno è un intervento delicato perché bisogna eseguire un'accurata impermeabilizzazione della superficie per evitare il facile deterioramento del materiale isolante e le infiltrazioni d'acqua. Inoltre, sotto lo strato isolante, è necessaria la posa di una barriera al vapore per evitare fenomeni di condensa.

Se la copertura è praticabile, bisogna anche prevedere un'adeguata pavimentazione.

2

GLI INTERVENTI SULL'EDIFICIO



Qualora non fosse possibile adottare questa soluzione si può ricorrere all'isolamento dall'interno che consiste nella posa in opera di pannelli isolanti, in genere già finiti e solo da tinteggiare, da incollare sul soffitto del locale sotto il terrazzo.

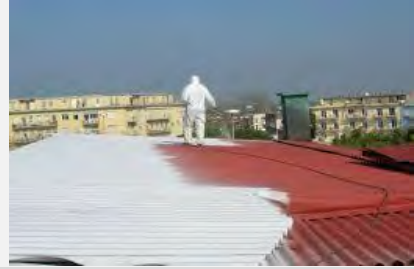
L'isolamento esterno è in ogni caso la tecnica di coibentazione da preferirsi poiché è particolarmente adatta a eliminare i ponti termici e il conseguente rischio di condense.

ESEMPI DI INTERVENTI		ZONA CLIMATICA			ZONA CLIMATICA			ZONA CLIMATICA			ZONA CLIMATICA		
		A		B	C		D	E			F		
ISOLAMENTO DELLE COPERTURE		SPESORE CM	RIPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RIPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RIPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RIPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA
COPERTURA PIANA	NON PRATICABILE	4	15 20	●●	6	15 20	●●	8	15 20	●●●	8	15 20	●●●
	PRATICABILE	4	15 20	●	4	15 20	●	6	15 20	●	6	15 20	●●
	PRATICABILE	4	15 20	●	4	15 20	●	6	15 20	●	6	15 20	●●
SOTTOTETTO	NON PRATICABILE	8	10 15	●●	10	10 15	●●●	12	10 15	●●●	12	10 15	●●●
	PRATICABILE NON ABITATO	10	10 15	●●	10	10 15	●●●	10	10 15	●●●	10	10 15	●●●
	ABITATO	3+1	15 20	●●	3+1	15 20	●●	3+1	15 20	●●	3+1	15 20	●●
SOFFITTO ULTIMO PIANO		2+1	15 20	●●	2+1	15 20	●●	2+1	15 20	●●	2+1	15 20	●●

Convenienza dell'intervento di isolamento della copertura



I **Cool materials** sono materiali e rivestimenti in grado di riflettere la maggior parte della radiazione solare incidente. Riescono a mantenere temperature superficiali di molto inferiori alle temperature esterne (pellicole con vernici, membrane, strutture metalliche, etc). Sono indicati per le coperture di edifici costruiti in *zone climatiche molto calde* o nel caso di edifici molto isolati termicamente, in quanto consentono di evitare il surriscaldamento nelle stagioni intermedie quando l'impianto di climatizzazione estiva non è attivo.



I **Green Roofs** o "tetti verdi" sono strutture che vengono posate sulle coperture piane per realizzare dei giardini pensili. Lo strato di terra e vegetazione che si crea ha un alto potere isolante sia in estate che in inverno.

Sono particolarmente adatti a *edifici con un elevato rapporto tra la copertura del tetto e il volume riscaldato* come le scuole che, essendo tipicamente di 1 o 2 piani, hanno uno sviluppo "orizzontale". Per la scelta della tipologia di vegetazione si suggerisce l'impiego di specie selvatiche autoctone, anche sia dal punto di vista ecologico che per quanto riguarda l'aspetto manutentivo, al fine di limitare l'impiego dell'alimentazione idrica addizionale, o ove possibile, per questioni climatiche, l'impiego di piante grasse riduce. Importante è verificare che la copertura rimanga costantemente umida, soprattutto quando c'è il rischio di surriscaldamento.





Isolamento dei solai

Isolamento del solaio su porticati

Gli edifici situati sopra porticati e/o sopra locali non riscaldati disperdono calore attraverso il pavimento, essendo a diretto contatto con un ambiente più freddo esterno o non riscaldato.

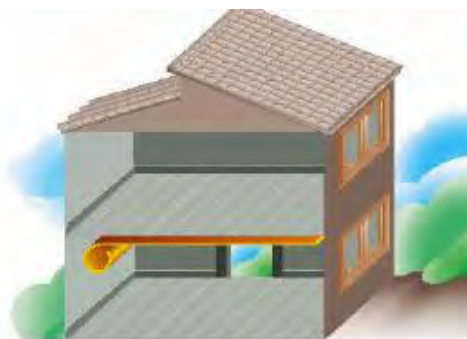
L'intervento più semplice ed economico è quello che prevede di posare il materiale isolante sul soffitto del locale non riscaldato.

Possono essere impiegati pannelli rigidi in calcestruzzo cellulare o polistirene espanso e materiali flessibili riflettenti. Occorre prestare particolare attenzione alla correzione dei ponti termici e a eventuali fenomeni di risalita dell'umidità.

Isolamento di solai controterra e vespai

In questo caso il materiale isolante va posato sul pavimento del solaio. Per fronteggiare un'eventuale presenza di umidità, è consigliabile porre uno strato di barriera al vapore e uno di impermeabilizzante sotto lo strato di materiale isolante. Per mantenere asciutti i vespai è consigliato creare anche una ventilazione al loro interno praticando dei fori sulle pareti per facilitare la circolazione dell'aria.

Nel caso l'altezza del locale lo consenta si può ricorrere all'adozione di casseri a perdere: si tratta della posa in opera di elementi prefabbricati in materiale plastico modulari, di altezza e dimensioni variabili, posati a secco sul pavimento della struttura esistente e provvisti di apposito sistema di aerazione. Al di sopra è possibile posare in opera la soletta, il massetto, la barriera al vapore, lo strato di isolante e il pavimento. Il vantaggio di tale sistema consiste nel creare un vespaio ottenendo anche la predisposizione a ospitare canalizzazioni elettriche e altri sistemi tecnici, il tutto con tempi ridotti per la posa in opera.



Isolamento del solaio



ESEMPI DI INTERVENTI	ZONA CLIMATICA A			ZONA CLIMATICA B			ZONA CLIMATICA C			ZONA CLIMATICA D			ZONA CLIMATICA E			ZONA CLIMATICA F		
	SPESORE CM	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA	SPESORE CM	RISPARMIO ENERGETICO %	CONVENIENZA
ISOLAMENTO DEI SOLAI INFERIORI																		
SU LOCALI NON RISCALDATI	4	5 10	●	6	5 10	●	6	5 10	●●	6	5 10	●●●	6	5 10	●●●	6	5 10	●●●
SU PORTICATI	4	10 15	●	6	10 15	●●	6	10 15	●●●	6	10 15	●●●	6	10 15	●●●	6	10 15	●●●

Convenienza dell'intervento di isolamento del solaio

Per conseguire un effettivo risparmio energetico, a ogni intervento di isolamento deve seguire una nuova regolazione dell'impianto termico e dei sistemi di controllo della temperatura all'interno dei locali riscaldati, altrimenti si otterrà solo un aumento ingiustificato della temperatura nei vari locali, senza peraltro conseguire benefici di tipo economico.

Finestre

Le dispersioni di calore che si hanno dalle finestre possono essere ridotte in vario modo.

Innanzitutto è buona norma controllare periodicamente lo stato delle guarnizioni poste sulle battute delle ante, sostituirle se necessario o installarle se non sono presenti. Di seguito sono riportate le diverse tipologie di intervento elencate per complessità e spesa crescente.





Pellicole adesive

L'intervento più economico è quello che prevede l'applicazione di una pellicola adesiva sul vetro. In commercio sono disponibili:

- *pellicole basso emissive* che consentono di ridurre parte della dispersione di calore verso l'esterno;
- *pellicole solari riflettenti* che limitano l'ingresso della radiazione solare. Queste pellicole consentono di ridurre l'impiego del condizionamento estivo ma comportano un aumento del fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale.

Sostituzione dei vetri

Se il serramento è in buone condizioni è possibile sostituire soltanto il vetro con uno a più alto potere isolante.

In commercio sono disponibili:

- *vetri con un ridotto fattore solare*, che limitano la trasmissione della radiazione solare;
- *vetri a elevato isolamento termico*, ma con elevata permeabilità solare e luminosa;
- *componenti trasparenti a bordo caldo (warm edge)* per la riduzione delle dispersioni termiche perimetrali;
- *vetri con elevato isolamento termico*, elevata permeabilità luminosa e basso apporto solare, adatti a edifici/ambienti con climatizzazione anche estiva.

L'intervento più conveniente è quello che prevede la sostituzione del singolo vetro con un vetro doppio o triplo.

Naturalmente più il vetro è performante più costa.

Sostituzione dell'intero serramento

Esistono diverse tipologie di telaio che differiscono per materiali usati e per caratteristiche tecniche, a cui è possibile aggiungere le tipologie di specchiature vetrate specificate al punto precedente, anche nella versione vetrocamera integrato.

I principali sono:

- *telai in PVC multicamera*, con eventuali schiume isolanti in camera. Hanno buone caratteristiche di resistenza meccanica e termica e dei valori molto bassi di trasmittanza termica. L'aspetto estetico può non essere adatto a immobili di pregio;



- *telai in alluminio a taglio termico multicamera*, con eventuali schiume isolanti in camera. Sono adatti per serramenti di grandi dimensioni, hanno una buona tenuta all'aria e una bassa trasmittanza termica;
- *telai in legno a bassa densità*, con eventuale strato isolante interno. Offrono un ottimo isolamento termico, un'ottima valenza estetica, ma necessitano di una manutenzione periodica.

Altre soluzioni disponibili prevedono:

- l'installazione di un *doppio serramento*;
- l'*isolamento termico del cassonetto* in quanto spesso non è isolato: l'isolamento è un intervento piuttosto semplice e poco costoso che prevede l'applicazione un pannello isolante, laddove ci sia uno spazio di almeno 2 cm.

La sostituzione dell'intero serramento è l'intervento più costoso ma senza dubbio quello che porta un maggior vantaggio in termini di riduzione delle dispersioni di calore e quindi dei consumi.

INTERVENTI		ZONA CLIMATICA			
		A B	C D	E	F
INTERVENTI SULLE FINESTRE		CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA	CONVENIENZA
CONTROLLO INFILTRAZIONI	GUARNIZIONI SUPPLEMENTARI	••	••••	•••••	••••••
CONTROLLO DISPERSIONI ATTRAVERSO VETRO	DOPPIO VETRO	•	•••	••••	•••••
CONTROLLO DISPERSIONI ED INFILTRAZIONI	AGGIUNTA DI UN 2° SERRAMENTO	•	•	••	•••
	SOSTITUZIONE INFISSO	•	•	•	••
CONTROLLO DISPERSIONI DAL CASSONETTO	ISOLAMENTO	••	•••	••••	•••••

Convenienza degli interventi sulle finestre



Naturalmente, per ragioni di sicurezza, nelle scuole è preferibile l'impiego di serramenti con **apertura scorrevole**, fermo restando i requisiti di tenuta dell'infisso, così da non interferire con la disposizione dei banchi e, comunque, dotate di opportuni **sistemi di bloccaggio**.

Strutture schermanti

Un altro intervento di facile realizzazione è quello che prevede l'applicazione di schermi davanti alle finestre.

Le strutture schermanti controllano l'irraggiamento solare e aumentano la resistenza termica dei serramenti. Inoltre consentono di regolare il livello di illuminazione naturale e artificiale all'interno dei locali.

Le strutture schermanti possono essere *orizzontali o verticali*, ed entrambe le tipologie possono essere posizionate *all'esterno o all'interno* della finestra.

I sistemi orizzontali sono efficaci sulle facciate rivolte a sud, mentre *i sistemi verticali* sono efficaci solo per schermare le pareti esposte ad est e ad ovest.

I sistemi schermanti interni sono quelli di più facile posa in opera, e possono svolgere anche la funzione di complemento di arredo. Sono utilizzati in particolare nelle facciate est e ovest.

La scelta dei dispositivi di schermatura solare deve essere fatta tenendo conto delle condizioni climatiche del sito, delle caratteristiche dell'edificio come l'orientamento e la presenza di edifici adiacenti, la dimensione e l'esposizione delle superfici trasparenti.

Ai **sistemi schermanti esterni** appartengono:

- *frangisole verticali fissi*: sono costituiti da doghe o pale pre-orientate, installate verticalmente davanti al serramento. Devono essere orientate secondo l'angolo solare prevalente della località. Ne esistono di diversi modelli che variano per il materiale usato, l'inclinazione e la distanza tra le pale;
- *frangisole verticali orientabili*: doghe o pale imperniate verticalmente orientabili manualmente o con motori per seguire il percorso azimutale del sole;



- *frangisole orizzontali orientabili*: moduli con pale orizzontali parallele alla facciata orientabili manualmente o con motori. Generalmente hanno dimensioni rilevanti e devono avere una posizione distante dalla superficie trasparente;
- *frangisole a lamelle orientabili (veneziane)*: lamelle sospese orizzontalmente orientabili (fino a 180°), impacchettabili e azionate manualmente o motorizzate;
- *tende avvolgibili*: tende in tessuto avvolto su rullo che al bisogno consente lo svolgimento del telo.

Ai **sistemi schermanti interni** appartengono:

- *tende avvolgibili*: tende a rullo (in tessuto con o senza cassonetto). È possibile regolare lo svolgimento del telo in base all'angolo solare;
- *tende alla veneziana*: lamelle orizzontali (alluminio e plastica) con meccanismo di orientamento delle lamelle alloggiato nel cassonetto superiore;
- *tende a lamelle verticali*: bande verticali (tessuto, metallo, legno o PVC) sospese su binario superiore, orientabili (180°) sul loro asse verticale.

I *sistemi schermanti integrati* sono generalmente delle lamelle inserite in vetrocamera fisse o orientabili (lamelle alla veneziana, tende a rullo o plissettate impacchettabili) con sistemi di movimentazione di tipo magnetico o elettrico. Occorre valutare l'utilizzo di schermature in intercapedine, meno efficienti per il controllo solare ma con migliori prestazioni in termini di isolamento termico.

3

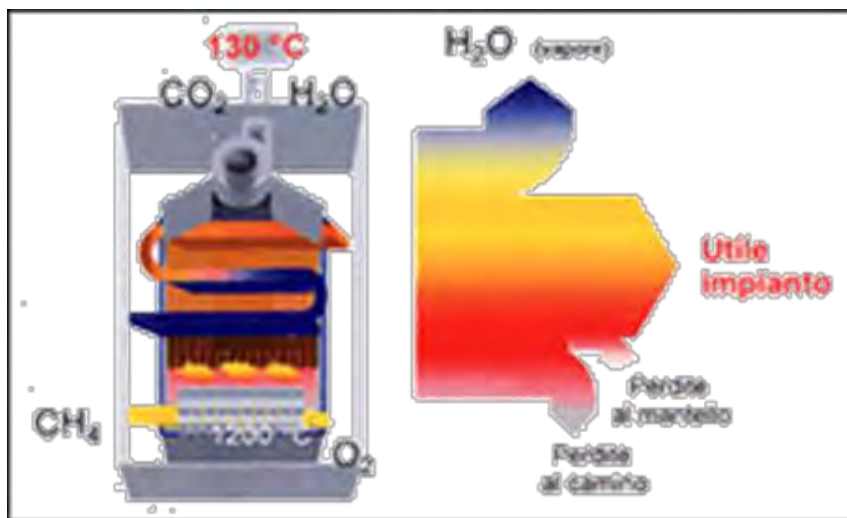
GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO



GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO

L'impianto per il riscaldamento degli ambienti è un sistema atto a fornire all'edificio l'energia necessaria per mantenere nei locali interni le condizioni opportune di comfort termico. Nei casi più diffusi l'impianto regola la temperatura dell'aria interna, ma talvolta vengono regolate anche altre variabili come ad esempio l'umidità relativa e la qualità dell'aria, pertanto è più corretto parlare di climatizzazione invernale.

Sono impianti termici gli impianti di riscaldamento dotati di generatori di calore alimentati a gas, a gasolio, a biomassa, energia elettrica e fonti rinnovabili.



Schema funzionale di una caldaia

Gli impianti di riscaldamento tradizionali

Per impianto di riscaldamento tradizionale intendiamo quello in cui il calore è prodotto attraverso una caldaia alimentata a combustibile liquido o gassoso (gasolio, metano, gpl).

Generalmente l'impianto è composto da:

- sistema di generazione;
- sistema di distribuzione;
- sistema di regolazione e controllo;
- sistema di emissione.



Sistema di generazione

È costituito generalmente da una caldaia, che trasferisce il calore prodotto mediante l'utilizzo di un combustibile liquido o gassoso (gasolio, metano, gpl) ad un fluido termovettore (generalmente acqua), che a sua volta lo cederà ai corpi scaldanti installati all'interno degli ambienti da riscaldare.

Sistema di distribuzione

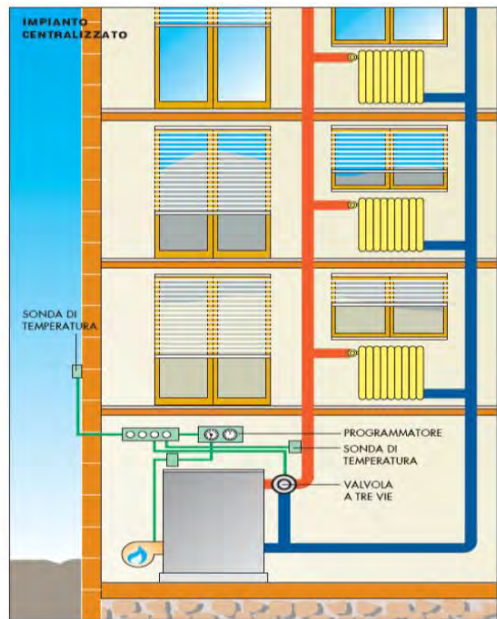
È costituito dall'insieme delle tubazioni di mandata e di ritorno in cui circola il fluido termovettore. Generalmente, negli impianti di riscaldamento di tipo tradizionale (impianti a radiatore), l'acqua calda (tra i 70 e gli 80°C) prodotta dalla caldaia alimenta i terminali dei vari ambienti e ritorna a temperatura più fredda alla caldaia stessa (tra i 60 e i 70°C), con una differenza tra temperatura di mandata e di ritorno di circa 10°C.

Sistema di regolazione e controllo

È costituito dall'insieme delle valvole, termostati, sonde termiche, sensori, ecc. che gestiscono e controllano sia il flusso e la temperatura del fluido termovettore, sia la temperatura ambiente.

Sistema di emissione

Include i diversi corpi scaldanti installati all'interno degli ambienti da climatizzare. La tipologia e la potenza dei terminali viene individuata in fase di progettazione, in funzione delle caratteristiche del locale da riscaldare. È possibile scegliere tra



Schema di un sistema di distribuzione



La normativa per l'esercizio, il controllo e la manutenzione degli impianti termici

Nel nostro Paese esiste da anni una normativa - in continua evoluzione per adeguarsi alle direttive dell'Unione Europea e alla disponibilità di tecnologie sempre più efficienti - che regola l'esercizio, il controllo e la manutenzione degli impianti termici.

Sono due gli ultimi aggiornamenti in materia, che riguardano sia tutti noi cittadini sia gli addetti ai lavori:

- il D.P.R. 16 aprile 2013, n.74 - entrato in vigore il 12 luglio 2013 - che definisce i criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua per usi igienici e sanitari;
- il D.M. 10 febbraio 2014 che introduce e definisce il nuovo modello di libretto di impianto per la climatizzazione degli ambienti e il rapporto di controllo di efficienza energetica.

radiatori, ventilconvettori e pannelli radianti e, in caso di locali a grande volumetria e altezza, come le palestre, è possibile installare aerotermi.

Questi impianti se hanno molti anni possono essere molto poco efficienti. Un'ulteriore diminuzione delle prestazioni è causata dalla non regolare manutenzione e da una non attenta regolazione.

Ricordiamo che esistono disposizioni di legge a cui dobbiamo attenerci, che regola l'esercizio, il controllo e la **manutenzione** degli impianti termici.

Di seguito vengono descritti gli interventi che possono essere realizzati per migliorare la prestazione energetica di tali impianti, elencati dal più semplice e economico al più complesso e oneroso.

Naturalmente sarà poi la diagnosi energetica a suggerire l'intervento più idoneo per ogni caso specifico.

- L'operazione più semplice è quella di assicurare la regolare manutenzione dell'impianto, che prevede la pulizia dei diversi componenti e la regolazione dei flussi e delle temperature.
- L'installazione di sistemi di controllo della temperatura ambiente in ogni locale riscaldato, come le valvole termostatiche, valvole elettrotermiche, valvole di zona, etc., che regolano la portata del fluido riscaldante in base alla temperatura ambiente raggiunta, sono un altro intervento di facile e economica realizzazione.
- È possibile anche sostituire alcuni componenti dell'impianto con altri dotati di tecnologie più efficienti, come ad esempio le pompe di circolazione del fluido a inverter che regolano la portata in base all'effettiva richiesta.



- Se necessario si può sostituire la caldaia. Si ricorda che da fine 2015 è possibile installare solo caldaie a condensazione. Queste hanno un elevato rendimento energetico in quanto riescono a recuperare anche il calore del vapore acqueo presente nei fumi di scarico, che altrimenti andrebbe perso nell'ambiente. I massimi rendimenti, del 106-107%, si ottengono nei sistemi di riscaldamento funzionanti a basse temperature, come **gli impianti a pannelli radianti**, con temperature dell'acqua circolante, mandata e ritorno, di 40-30 °C.

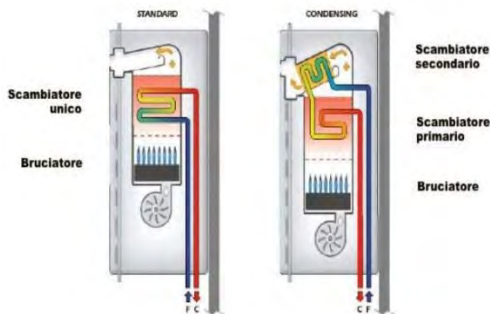
Generatore a condensazione

L'installazione di un generatore a condensazione, in luogo di una caldaia tradizionale, implica l'**adeguamento di alcuni componenti dell'impianto** per un corretto funzionamento e per la sicurezza.

È necessario:

- prevedere la sostituzione della canna fumaria e l'installazione di una idonea all'evacuazione di fumi ad umido (materiali anticorrosione di tipo plastico: es. polipropilene PPs);
- prevedere l'installazione di dispositivi di scarico delle condense o di neutralizzatori;
- procedere alla "defangazione" dell'acqua di scambio termico.

Un altro intervento molto conveniente, anche se oneroso, è quello che prevede di integrare l'impianto tradizionale con piccoli impianti alimentati a fonti rinnovabili. Questi impianti, molto efficienti, servono a preriscaldare il fluido che alimenta la caldaia.



Schema di un generatore a condensazione

3

GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO

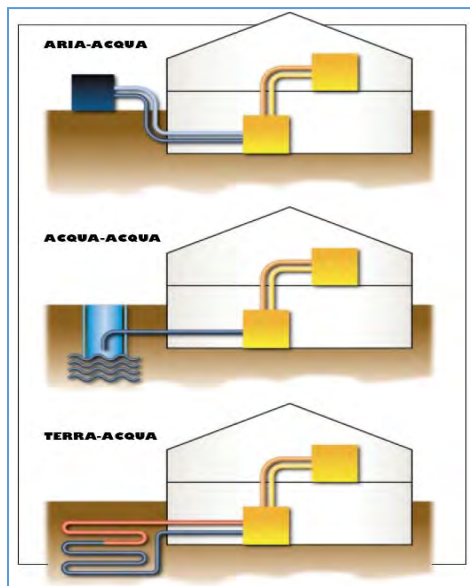


Pompe di calore

La pompa di calore è una **macchina efficiente** che consente di trasferire del calore da un corpo a bassa temperatura (sorgente fredda) a un corpo a temperatura maggiore (sorgente calda).

Le pompe di calore si distinguono anche in base alla sorgente di scambio termico che utilizzano:

- *l'aria*, come sorgente fredda, ha il vantaggio di essere disponibile ovunque;
- *l'acqua*, come sorgente fredda, garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne;
- *il terreno*, come sorgente fredda, ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria, tuttavia presenta maggiori costi di installazione.



Tipologie di pompe di calore

Pompe di calore elettriche a compressione

Le pompe di calore maggiormente diffuse sono alimentate elettricamente e utilizzano come sorgente fredda l'aria.

Il vantaggio nell'uso della pompa di calore elettrica a compressione deriva dalla sua capacità di fornire più energia (calore) di quella elettrica impiegata per il suo funzionamento in quanto estrae calore dall'ambiente esterno (aria-acqua-terreno). L'efficienza di una pompa di calore è misurata dal **coefficiente di prestazione "C.O.P."**, che è il rapporto tra l'energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) e l'energia elettrica consumata.

La pompa di calore può essere utilizzata anche per la sola produzione di calore per il riscaldamento degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria.



L'applicazione della pompa di calore alla climatizzazione ambientale (riscaldamento e raffrescamento) è l'applicazione più conveniente poiché comporta un minor tempo di ammortamento del costo dell'impianto rispetto a un suo utilizzo per il solo riscaldamento.

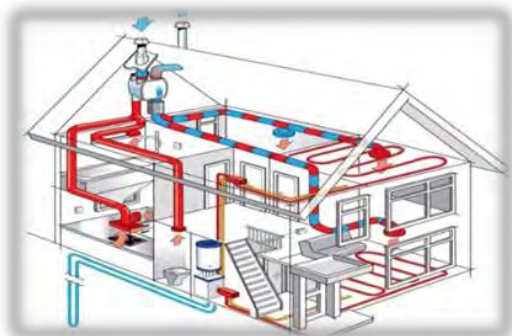
Nel caso di edifici esistenti, l'applicazione della pompa di calore per il condizionamento degli ambienti, sia invernale che estivo, richiede un intervento di ristrutturazione dell'intero impianto termico ed elettrico, con un conseguente maggior costo.

Pompe di calore ad assorbimento

La pompa di calore ad assorbimento a metano ed energia rinnovabile è un apparecchio in grado di produrre, come una normale caldaia a metano, acqua calda per il riscaldamento degli edifici e per uso sanitario. È una "pompa di calore" in quanto, come le pompe di calore elettriche, è in grado di recuperare energia rinnovabile dall'aria, dall'acqua e dal terreno e di raggiungere efficienze elevatissime anche superiori al 170%. Nella versione reversibile può fornire anche acqua fredda per il condizionamento estivo.

L'efficienza di una pompa di calore a gas è misurata dal valore di efficienza di utilizzazione del gas "G.U.E." (*Gas Utilization Efficiency*), che è il rapporto tra l'energia fornita (calore ceduto al mezzo da riscaldare) e l'energia consumata dal bruciatore.

In linea generale questa tipologia è più adatta alle aree geografiche caratterizzate da temperature invernali più rigide.



Schema di un impianto di ventilazione

3

GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO



Ventilazione meccanica controllata

Un impianto di ventilazione meccanica è un sistema in grado di fornire, attraverso l'utilizzo di ventilatori elettromeccanici, un'adeguata portata d'**aria di rinnovo** a un ambiente occupato da persone.

La ventilazione è essenziale per **garantire un opportuno livello di qualità dell'aria indoor e per diluire e ridurre i potenziali inquinanti volatili** (bioeffluenti come la CO₂, particolato solido, formaldeide, VOC) che possono influire negativamente sul benessere degli occupanti.

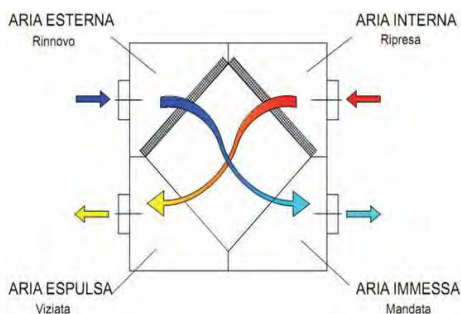
I sistemi di ventilazione meccanica più diffusi sono essenzialmente di due tipologie:

- *singolo flusso*, in cui sostanzialmente è presente un sistema di estrazione dell'aria interna viziata e conseguente immissione dell'aria esterna da apposite aperture situate nei locali da ventilare (sistema detto autoregolabile);
- *doppio flusso*, in cui l'impianto di ventilazione è formato da due canali di distribuzione separati. Un condotto controlla e regola l'immissione dell'aria (previa filtrazione), mentre l'altro è dedicato all'aria in estrazione. Le portate possono essere gestite in maniera ottimale mediante l'uso di sensori di controllo.

Gli attuali sistemi di ventilazione forzata a doppio flusso sono dotati di un recuperatore di calore, che permette di cedere parte del calore dell'aria in uscita all'aria in ingresso.

L'aria proveniente dall'esterno a bassa temperatura viene infatti fatta confluire in uno scambiatore di calore (o recuperatore) dove viene in parte riscaldata dal flusso dell'aria estratta. L'efficienza degli attuali recuperatori può arrivare fino al 80-90%.

Il recupero del calore consente di ottenere livelli ottimali di ventilazione e al tempo stesso ridurre i consumi energetici dell'edificio. I sistemi più avanzati, a elevato rendimento dello scambiatore, consentono infatti di limitare al minimo il dispendio termico dovuto al rinnovo dell'aria.



Dinamica dell'aria per effetto della ventilazione meccanica



L'impianto di ventilazione provvede inoltre alla **filtrazione di sostanze microinquinanti** all'interno dell'edificio garantendo quindi un'adeguata qualità dell'aria. La ventilazione meccanica è particolarmente indicata in tutti gli edifici con un elevato livello di presenza degli utenti come le scuole.

Sistemi per la gestione integrata delle funzioni tecnologiche dell'edificio: BEMS

È ormai provato che controllare, monitorare e gestire l'uso dell'energia all'interno di un edificio comporta un considerevole abbattimento dei consumi energetici dello stesso, con evidenti benefici in termini economici.

Queste funzionalità vengono svolte dai cosiddetti BMS/BACS (*Building Management System/Building Automation and Control System*), ovvero sistemi di controllo computerizzati, software e hardware, in grado di monitorare, regolare e controllare gli impianti meccanici ed elettrici a servizio degli edifici. Con il più specifico termine BEMS (*Building Energy Management System*) sono indicati i sistemi di controllo dedicati in maniera specifica agli impianti energetici presenti nel manufatto edilizio.

I servizi energetici gestiti dai BEMS sono:

- climatizzazione invernale ed estiva (se presente);
- ventilazione meccanica e/o naturale;
- produzione di acqua calda sanitaria;
- illuminazione artificiale e/o naturale.

I BEMS sono particolarmente importanti poiché consentono di ottimizzare le prestazioni del sistema edificio-impianto in fase di esercizio, garantendo le condizioni di comfort e di qualità dell'aria all'interno dell'ambiente costruito.

Ciò è valido soprattutto per edifici recenti o per edifici soggetti a riqualificazione energetica importante.

Tuttavia, nella scelta di una tale soluzione deve essere considerata la necessità di formare il personale ausiliario, i docenti e gli studenti, che abitano l'edificio scolastico, sul corretto utilizzo di questi sistemi.

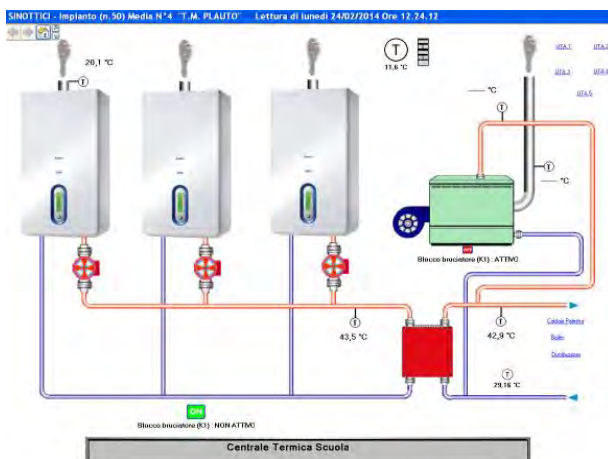
3

GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO



Il contributo dei sistemi di gestione alla prestazione energetica degli edifici può essere valutato attraverso la norma UNI EN 15232-2012, che disciplina i seguenti argomenti:

- una lista strutturata delle funzioni di regolazione, automazione e gestione tecnica degli edifici che hanno un'incidenza sulla prestazione energetica degli stessi;
- un metodo per definire i requisiti minimi da applicare per la regolazione, l'automazione e la gestione tecnica degli edifici;
- un metodo semplificato per una prima stima dell'impatto delle funzioni su edifici rappresentativi;
- metodi dettagliati per valutare l'incidenza delle funzioni su uno specifico edificio.



Quadro sinottico della centrale termica di una scuola a Cesena. Grazie al progetto *Caldaie in Rete*, sono oltre 50 le scuole e gli edifici pubblici del Comune assistiti dal sistema di controllo e regolazione degli impianti di riscaldamento, operato a distanza con collegamento GSM.



Illuminazione

Molti dei nostri edifici scolastici utilizzano ancora lampade poco efficienti e spesso la distribuzione delle sorgenti luminose non soddisfa a pieno le diverse esigenze.

Naturalmente sarà il tecnico che ha eseguito la diagnosi energetica a segnalare come intervenire sull'impianto di illuminazione. Ma di seguito diamo alcuni consigli:

- Innanzitutto, per aumentare la luminosità e diminuire i consumi della luce artificiale, le pareti degli ambienti devono essere tinteggiate con colori chiari.
- È bene sfruttare al massimo la luce naturale che entra dalle finestre.
- Nei bagni e nelle scale è consigliabile l'impiego di interruttori a tempo, che spengono le luci automaticamente dopo un periodo prestabilito di tempo. È anche importante prevedere lo spegnimento automatico di tutte le lampade dopo la chiusura al pubblico dell'edificio.
- Un'importante riduzione dei consumi si può ottenere con la sostituzione di vecchie lampade con nuovi modelli più efficienti. La scelta deve ricadere sulle lampade a LED che oggi rappresentano la frontiera della tecnologia. Sono molto efficienti, a parità di luce emessa consumano fino al 50% di energia in meno rispetto alle lampade a fluorescenza e hanno un tempo di vita di oltre 100.000 ore contro le 10.000 di una lampada a fluorescenza. Unico svantaggio è il costo elevato dell'investimento iniziale ma che rientra in breve tempo.



Confronto in termini di efficienza tra le principali lampade presenti sul mercato



Le lampade a LED (Diodi ad Emissione Luminosa) sono dispositivi luminosi costituiti da piccoli chip di silicio in grado di convertire la corrente elettrica direttamente in fonte luminosa. Inizialmente impiegati solo nell'elettronica, oggi sono impiegati in tutti i settori compreso quello domestico.

Caratteristica molto apprezzabile è la durata, che varia da 40.000 a 100.000 ore in funzione del colore e dell'efficienza. L'*efficienza luminosa* è il parametro che dà un'idea della quantità di energia elettrica assorbita trasformata in luce. I LED hanno efficienze che in genere vanno dai 90 agli oltre 100 lumen/watt rispetto ai 60 lumen/watt delle lampade

Cogenerazione

Si definisce "*cogenerazione*" la produzione contemporanea delle due forme di energia elettrica e termica. La produzione di energia può essere di tipo separata o combinata:

- nella *produzione separata* l'energia elettrica viene generata con un motore primo (ad es. motori a combustione interna, turbine a vapore, turbine a gas), mentre, l'energia termica viene prodotta separatamente in una caldaia e/o generatore di calore/vapore;
- nella *produzione combinata* l'energia elettrica è prodotta da un motore primo, mentre l'energia termica si ottiene sfruttando il contenuto entalpico dei gas di scarico (fumi) del cogeneratore. Si realizza così il recupero termico del calore, producendolo senza bruciare altro combustibile, in un altro impianto, con evidenti benefici ambientali derivanti dalla mancata immissione in atmosfera dei fumi di processo.

Dal punto di vista concettuale, produrre contemporaneamente energia elettrica e termica è **più conveniente che produrle separatamente con due impianti distinti**. Di fatto, a parità di energie utili prodotte si ha un minor consumo di energia primaria.

L'interesse verso la produzione combinata delle due forme di energia scaturisce dalla possibilità di ottenere una resa globale del processo di produzione maggiore rispetto alla produzione separata.



Schema funzionale di un impianto cogenerativo

È chiaro che la convenienza economica è legata all'utilizzo dell'energia elettrica messa a disposizione gratuitamente dal cogeneratore.

La soluzione ottimale riguarda l'utilizzo del "calore" in entrambe le stagioni.

Generalmente in inverno, l'energia termica viene impiegata come vettore per il riscaldamento, mentre in estate è possibile produrre energia frigorifera mediante macchine ad assorbimento; in quest'ultimo caso si parla di trigenerazione.

Questo tipo di tecnologia è particolarmente adatta nel caso di nuova costruzione o di riqualificazione importante di plessi scolastici di grandi dimensioni dotati di grandi impianti sportivi (piscine, palestre) o di ampi ambienti ricreativi (teatri, sale convegni), che vengono utilizzati anche al di fuori del regolare orario scolastico.

3

GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO



Impianti a fonti rinnovabili

Sono impianti che sfruttano l'energia proveniente da fonti rinnovabili non fossili, vale a dire energia eolica, solare, aerotermica (energia accumulata nell'aria ambiente sotto forma di calore), geotermica (energia immagazzinata sotto forma di calore nella crosta terrestre), idrotermica e oceanica (energia immagazzinata nelle acque superficiali sotto forma di calore), idraulica, biomassa, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas.

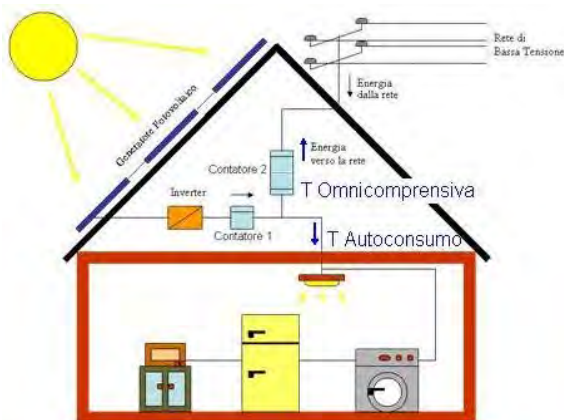
Per quanto riguarda l'applicazione al caso di un edificio scolastico gli impianti più idonei sono quelli fotovoltaici, solari termici ed eolici.

Impianto fotovoltaico

Un impianto fotovoltaico è un impianto in grado di trasformare l'energia solare che arriva sulla superficie terrestre in **energia elettrica**, attraverso l'ausilio di speciali componenti (pannelli fotovoltaici), senza necessità di organi in movimento e senza l'uso di combustibile. I pannelli sfruttano l'effetto fotoelettrico ovvero la proprietà di alcuni materiali, detti semiconduttori, di trasformare la luce del sole a cui vengono esposti in energia elettrica.

L'irraggiamento è la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno (kWh/mq/giorno).

In Italia le regioni ideali per l'utilizzo del fotovoltaico sono quelle meridionali e insulari.





L'orientamento e l'inclinazione dei pannelli rispetto al terreno sono fattori importanti: un'installazione ottimale richiede una esposizione tra sud-est e sud-ovest e un'inclinazione di 20-30 gradi rispetto al piano orizzontale.

Sono stati messi a punto moduli architettonici integrabili nella struttura dell'edificio che trovano sempre maggiore applicazione nelle coperture e nelle facciate delle costruzioni. Un impiego di particolare interesse è rappresentato, infatti, dalle "facciate fotovoltaiche".

Impianto solare termico

Il solare termico è un impianto in grado di trasformare l'energia solare in **energia termica** per la produzione di acqua calda ad una temperatura superiore ai 45°C, che può essere utilizzata per usi sanitari, ma anche per la climatizzazione invernale degli ambienti e per il riscaldamento dell'acqua delle piscine.

I costi per l'acquisto e l'installazione di un impianto solare termico sono notevolmente inferiori a quelli di un impianto fotovoltaico.

Un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria ha dei **tempi di ammortamento medi** che si aggirano intorno ai 6-8 anni, mentre in caso di integrazione all'impianto di riscaldamento occorrono circa 10 anni. Poiché la durata media di questi impianti è di 15-20 anni, ne consegue che è un buon investimento nel medio termine.

IMPIANTO SOLARE PRODUZIONE ACQUA CALDA	ZONE GEOGRAFICHE	SUPERFICIE CAPTAZIONE PER UTENTE n°/PERSONA	INCLINAZIONE COLLETTORI (°)	CONVENIENZA (**)
COLLETTORI AD ACQUA	NORD	1,2	50°	●●●●
	CENTRO	0,75	45°	●●●●
	SUD	0,55	35°	●●●●

Convenienza di un impianto solare termico:

(*) rispetto al piano orizzontale; indicazione valida per un impianto che funzioni lungo tutto l'arco dell'anno,

(**) la convenienza è maggiore se l'impianto convenzionale da sostituire è alimentato da energia elettrica.

3

GLI INTERVENTI SULL'IMPIANTO

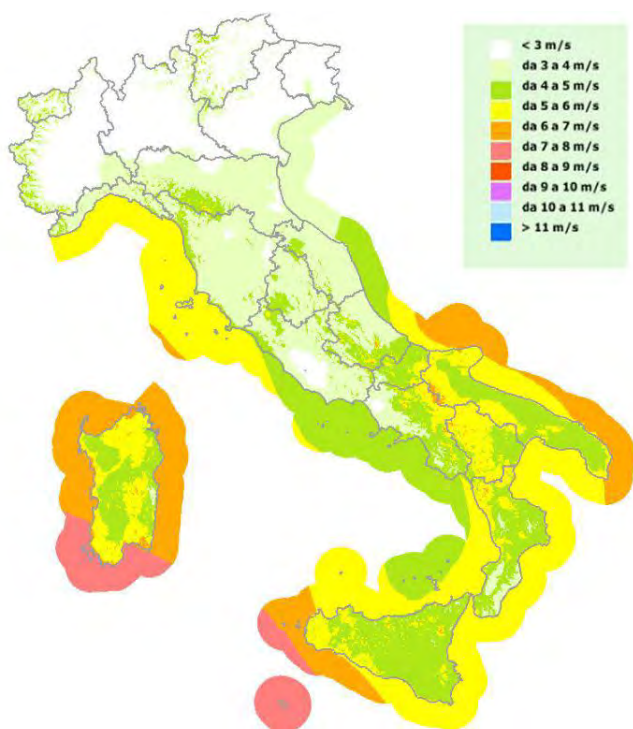


L'energia eolica è prodotta dalla conversione dell'energia cinetica del vento in **energia elettrica**.

In base alla potenza dell'aerogeneratore si definisce il **microeolico** per potenze comprese tra (1 ÷ 20) kW e il **minieolico**, per potenze comprese tra (20 ÷ 200) kW. Affinché l'aerogeneratore entri in funzione è necessario che la velocità minima del vento non sia inferiore a 3 m/s.

In base all'Atlante Eolico d'Italia, le zone costiere o montane, nonché le isole, hanno una buona velocità del vento, mentre gran parte della penisola è caratterizzata da velocità media dei venti inferiore a 5 m/s.

I meccanismi di incentivazione degli impianti eolici sono fissati dal DM 6 luglio 2012 in base alla potenza installata.





LA QUALITA' DEGLI INTERVENTI

Un processo di qualità per la realizzazione di edifici scolastici innovativi

Per garantire il buon risultato degli interventi di efficienza energetica è necessario attivare un **processo di qualità**, prevedendo la definizione di standard prestazionali e prassi progettuali ed esecutive che siano in grado di garantire il rispetto dei requisiti richiesti a una scuola. Il controllo della qualità deve accompagnare tutte le fasi del processo edilizio e prevedere le seguenti fasi di verifica:

1. Verifica della qualità del progetto.
2. Verifica della qualità dell'esecuzione dei lavori mediante controlli in cantiere.
3. Verifica della qualità a fine lavori mediante misure e prove di collaudo.
4. Verifica della qualità della gestione mediante controlli periodici.

Questi controlli e verifiche risultano maggiormente legittimati dal punto di vista della trasparenza e della credibilità se affidate ad un soggetto o ente terzo non coinvolto nel processo edilizio.

L'adozione di un **“protocollo volontario per la certificazione di sostenibilità ambientale”** può essere in questo caso un utile strumento, sia a supporto della definizione dei requisiti prestazionali dell'edificio sia per garantire l'oggettività della valutazione. Il protocollo definisce, infatti, una serie di indicatori e metodi di verifica conformi alle norme tecniche e leggi nazionali.

In Italia la certificazione di sostenibilità ambientale degli edifici non è obbligatoria ma rappresenta un atto volontario. Molti Enti Certificatori Ambientali riconosciuti hanno promosso diversi protocolli e programmi di valutazione, tra i quali Itaca, CasaClima, SB100 e SB10 dell'Anab, Inbar e LEED Italia. Questi protocolli, seppure in modo diverso, forniscono un percorso da seguire per garantire la sostenibilità ambientale di tutte le fasi del processo.

Di seguito riportiamo i principali indicatori, utili a controllare i requisiti di natura energetico ambientale, di comfort, di salubrità, di gestione e di formazione/informazione nelle diverse fasi del processo edilizio.



Gli indicatori per il controllo del processo edilizio

REQUISITI ENERGETICO-AMBIENTALI:

Indicatore_ Efficienza dell'involucro

Fa riferimento al fabbisogno di energia termica ideale per riscaldamento e per raffrescamento dell'edificio.

Obiettivo: minimizzare i fabbisogni di energia per la climatizzazione dell'edificio mediante strategie di tipo passivo.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Il progetto deve prevedere il calcolo del fabbisogno di energia termica ideale, basato su un bilancio che tiene conto, da un lato, delle perdite di calore che avvengono attraverso le superfici opache e trasparenti e di quelle dovute ai ricambi d'aria richiesti per motivi igienici e, dall'altro, degli apporti solari gratuiti attraverso le superfici trasparenti e di quelli interni dovuti alla presenza di persone e apparecchiature elettriche. Per ridurre il fabbisogno termico in inverno, la strategia fondamentale è quella di utilizzare materiali e serramenti termoisolanti e di sfruttare gli apporti solari gratuiti, agendo sulle caratteristiche termiche delle vetrate, sulle loro dimensioni e orientamento. Importanti sono anche le azioni messe in campo per ridurre le perdite di calore per eccessiva ventilazione. Se necessario si può prevedere un sistema di ventilazione meccanica con recupero di calore e bypass estivo. La riduzione del fabbisogno di energia termica per raffrescamento è fortemente legata alla riduzione degli apporti termici, in particolare di quelli solari. Per questo è fondamentale adottare adeguati sistemi di schermatura delle superfici trasparenti e sistemi che riducano gli apporti interni dovuti alle apparecchiature elettriche e all'illuminazione, per evitare un possibile surriscaldamento degli ambienti nei periodi più caldi.

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Particolare attenzione va posta alla corretta posa dei materiali isolanti e dei serramenti e alla corretta risoluzione dei ponti termici, che si possono avere in corrispondenza dei diversi nodi costruttivi.

**Indicatore_ Efficienza complessiva**

Fa riferimento al fabbisogno di energia primaria non rinnovabile globale e alle relative emissioni di CO₂ dell'edificio.

Obiettivo: ridurre il fabbisogno di energia primaria e conseguentemente le emissioni di CO₂ degli edifici grazie all'installazione di un'impiantistica efficiente e all'utilizzo di energia da fonti rinnovabili.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Il progetto deve partire dal calcolo dei consumi energetici, che per degli edifici scolastici sono legati soprattutto alla climatizzazione invernale e estiva, agli ausiliari elettrici, all'illuminazione e all'uso delle apparecchiature elettriche. Nello scegliere gli interventi da fare si deve privilegiare l'impiego di apparecchiature ad alta efficienza, di lampade a basso consumo azionate con sensori di presenza e timer, e favorire l'impiego di luce naturale. Dove possibile, va privilegiato l'uso di energia rinnovabile prodotta in loco.

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

È necessario controllare la dichiarazione di conformità degli impianti, i certificati di collaudo e assicurare il monitoraggio dei consumi.

Indicatore_ Impatto ambientale dei materiali da costruzione

Fa riferimento alla valutazione degli impatti ambientali derivanti dalla produzione dei materiali utilizzati nella costruzione.

Obiettivo: scegliere soluzioni costruttive a basso impatto sull'ambiente.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

La valutazione o il calcolo dell'impatto di un edificio sull'ambiente deve essere fatto considerando sia i consumi di energia in fase di utilizzo, sia l'energia consumata per l'approvvigionamento e la lavorazione del materiale impiegato. La valutazione dovrebbe tener conto anche della durata di vita dei prodotti utilizzati e, dove possibile, anche degli impatti legati al fine vita (smaltimento, riuso, recupero) del materiale stesso. La riduzione degli impatti è inoltre legata a scelte che garantiscono distanze ridotte fra luoghi di approvvigionamento,

4 LA QUALITA' DEGLI INTERVENTI



lavorazione, fornitura del prodotto e cantiere di costruzione o a scelte di prodotti con certificato ecologico di parte terza.

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Deve prevedere la verifica dei prodotti utilizzati mediante controllo di EPD, certificati ecologici secondo norma ISO 14024, certificazioni FSC/PEFC, dichiarazioni di provenienza.

Indicatore_ Impatto idrico dell'edificio

Fa riferimento a una valutazione dei consumi/smaltimenti idrici dell'edificio e delle modalità di gestione delle acque piovane all'interno del lotto di costruzione.

Obiettivo: preservare il ciclo idrico naturale attraverso una riduzione del "consumo di suolo", una gestione sostenibile dei deflussi e una riduzione del consumo idrico.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Il progetto deve prevedere, da una parte, la riduzione dei consumi di acqua con l'impiego di sistemi di riduzione del flusso idrico e di temporizzatori per l'interruzione del flusso; dall'altra un'attenta progettazione dell'area con indicazioni sulle pavimentazioni previste, che devono essere realizzate con superfici altamente permeabili, e sui sistemi di raccolta/ smaltimento delle acque piovane, che possono essere recuperate per usi irrigui o per usi domestici.

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Prevede la verifica dei requisiti richiesti mediante audit o fotodocumentazione e la misurazione del flusso idrico delle rubinetterie.

REQUISITI DI COMFORT:

Indicatore_ Luce naturale

Fa riferimento alla valutazione del fattore di luce diurna medio all'interno degli ambienti scolastici.

Obiettivo: garantire un buon livello di luce naturale per evitare agli alunni e agli insegnanti un rapido affaticamento della vista e per ridurre i consumi energetici per l'illuminazione artificiale.



Controllo dei requisiti in fase di progetto

*Per garantire una buona visione è necessario sfruttare al meglio la luce naturale disponibile e integrarla con la luce artificiale quando questa non risulti sufficiente. Il parametro di riferimento più opportuno per valutare le condizioni ottimali di illuminazione naturale all'interno degli ambienti, in funzione dei compiti visivi da svolgere, è il **fattore di luce diurna**. Per evitare situazioni di disagio dovute a insufficiente luce naturale o a fenomeni di abbagliamento, è opportuno verificare, in fase di progettazione, la dimensione e la posizione delle superfici vetrate, il colore e il tipo di finitura delle superfici e l'utilizzo di sistemi di direzionamento, diffusione e controllo della luce solare, come tende, frangisole e schermi solari.*

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Deve prevedere la misura dell'illuminamento interno e esterno e la verifica del fattore di luce diurna medio.

Indicatore_ Comfort acustico

Fa riferimento alla valutazione dei parametri di fonoisolamento e fonoassorbimento.

Obiettivo: garantire un buon livello di comfort acustico all'interno degli ambienti scolastici ed evitare l'insorgenza di problematiche per alunni e insegnanti.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Il progetto deve definire requisiti di qualità acustica specifici per ogni ambiente, in funzione delle attività che vi si andranno a svolgere, e prevedere, negli ambienti adibiti al parlato (aule, sale conferenze, auditorium etc.), interventi di isolamento acustico delle pareti e la verifica del tempo di riverberazione e dei parametri C50 (indice di chiarezza del parlato) e STI (speech transmission index).

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Deve prevedere il controllo in cantiere delle lavorazioni per garantire, ad esempio, la corretta posa dei materiali e, a fine lavori, il collaudo acustico per assicurare il rispetto dei requisiti minimi di legge previsti, o di requisiti di qualità acustica più stringenti.

4 LA QUALITÀ DEGLI INTERVENTI



REQUISITI DI SALUBRITÀ:

Indicatore_ Qualità dell'aria interna

Fa riferimento alla valutazione della qualità dell'aria all'interno degli ambienti scolastici.

Obiettivo: garantire ambienti scolastici salubri e che favoriscono l'apprendimento.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Il progetto deve prevedere il controllo della concentrazione di CO₂ nelle aule, affinché sia inferiore al limite comunemente considerato accettabile dal punto di vista igienico.

Generalmente i ricambi d'aria igienici richiesti sono affidati alla sola apertura delle finestre, che spesso implicano, specie nella stagione fredda, elevate perdite energetiche e correnti d'aria indesiderate per gli utenti. Per questo è consigliabile, soprattutto nelle zone climatiche più fredde, l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore. Altrimenti è opportuno prevedere, in ogni aula, dei sensori di CO₂ collegati ad un dispositivo di allarme sonoro o luminoso, in grado di avvisare gli utenti in caso di superamento dei limiti previsti e indurli all'apertura manuale delle finestre. È consigliato anche limitare l'uso di materiali o prodotti che liberano composti volatili nocivi per la salute, come la formaldeide e i composti organici volatili (VOC), sostanze ancora oggi impiegate nella produzione di resine sintetiche, colle, solventi e vernici e prodotti a base di legno.

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Prevede il controllo dei Certificati di emissione dei materiali utilizzati e la misurazione della qualità dell'aria interna a edificio concluso.

Indicatore_ Protezione da gas radon

Fa riferimento alla valutazione del possibile pericolo da gas radon all'interno dell'edificio.

Obiettivo: garantire basse concentrazioni di gas radon all'interno degli edifici scolastici.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Il radon è un gas radioattivo presente naturalmente nel sottosuolo e nocivo per la salute umana. Per limitare la problematica, particolarmente importante in alcune regioni italiane, il progetto deve prevedere una valutazione preventiva del rischio, attraverso la mappatura del



radon indoor e l'analisi geomorfologica del sito e, se necessario, adottare eventuali provvedimenti costruttivi. I possibili provvedimenti tecnici di prevenzione si basano fondamentalmente sulla realizzazione di strutture a contatto con il terreno altamente impermeabili e di vespai ben ventilati.

Controllo dei requisiti in fase di esecuzione

Deve prevedere il controllo della corretta esecuzione dei provvedimenti e la misurazione della concentrazione di gas radon a edificio concluso.

REQUISITI GESTIONALI:

Indicatore_ Sistema di gestione ambientale

Fa riferimento alla necessità di garantire una gestione attenta e responsabile della struttura.

Obiettivo: verificare, mantenere e, dove possibile, ottimizzare le prestazioni della struttura durante la fase di utilizzo.

Controllo dei requisiti in fase di progetto

Le modalità di gestione di una struttura scolastica sono determinanti per un'effettiva ed efficace riduzione dei consumi energetici e degli impatti ambientali, ma anche per garantire nel tempo il benessere degli utenti.

Il progetto deve prevedere una attenta programmazione e attuazione degli interventi di manutenzione sulle componenti attive e passive dell'edificio, il monitoraggio costante dei consumi energetici e una verifica regolare del corretto funzionamento del sistema edificio-impianto.

Controllo dei requisiti in fase di gestione

Deve prevedere la puntuale esecuzione del piano di manutenzione e la verifica del rapporto di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici, del libretto di impianto e dei rapporti di controllo di efficienza energetica.



FORMAZIONE E SENSIBILIZZAZIONE:

Indicatore_ Formazione degli utenti

Fa riferimento all'opportunità di coinvolgere attivamente gli utenti nella gestione dell'edificio, attraverso percorsi di formazione e sensibilizzazione.

Obiettivo: veicolare i concetti di sostenibilità e di innovazione applicati all'edificio scolastico.

La scuola, intesa come spazio e luogo di esperienze, è fondamentale anche per veicolare i concetti di sostenibilità e innovazione alle nuove generazioni. Per questo è importante prevedere il coinvolgimento attivo di tutti gli utenti nelle pratiche di gestione sostenibile dell'edificio, dalla raccolta differenziata al risparmio idrico, dalla corretta gestione degli impianti e dell'illuminazione, alle iniziative di sensibilizzazione della cittadinanza.

La visualizzazione dei consumi, delle temperature, dell'umidità interna, delle concentrazioni di CO₂ e la possibilità di interazione con le tecnologie installate in termini di regolazione e controllo, diventano così non solo occasione di conoscenza, ma anche strumento utile per motivare gli utenti ad un comportamento più consapevole dal punto di vista energetico.

Controllo dei requisiti in fase di gestione

Prevede l'attuazione di un programma di formazione del personale, di un programma di iniziative di formazione e informazione agli utenti e di un programma di eventi per la sensibilizzazione della cittadinanza.

Esempi efficienti in Italia



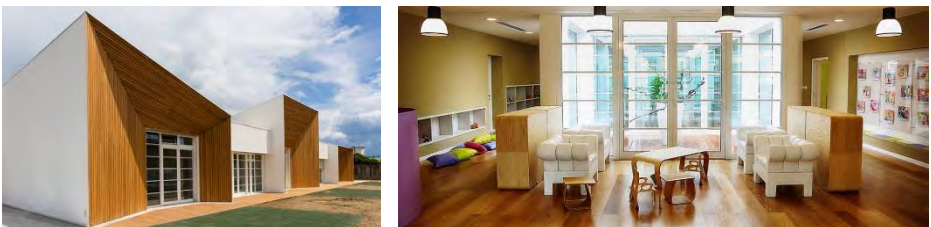
Scuola primaria *Giovanni Pascoli*, Rubano (PD) | 2011

La struttura si caratterizza per la particolare attenzione all'uso di materiali e soluzioni architettoniche all'insegna del risparmio energetico: dall'impianto fotovoltaico al riscaldamento a pavimento, dalla caldaia a condensazione, che permetterà di ridurre del 30% i costi di funzionamento, alla facciata ventilata sui fronti est e ovest, in corrispondenza delle aule, che garantirà un maggior comfort interno.



Scuola dell'infanzia, Terento - Rio Pusteria (BZ) | 2011

La scuola è stata progettata ponendo come obiettivo fondamentale il comfort del bambino, sia dal punto di vista acustico che visivo che termo-igrometrico. L'edificio è uno dei migliori esempi italiani di edilizia scolastica sostenibile.



Scuola dell'infanzia *Maria Montessori*, San Frediano a Settimo - Cascina (PI) | 2013

L'edificio, che ha ottenuto la certificazione CasaClima classe A, ha consumi energetici quasi nulli. La scuola è dotata di un impianto fotovoltaico, di un impianto eolico con tre turbine, di un impianto solare termico e di un impianto di raccolta delle acque piovane. Con un consumo di 28 kWh/mq annui l'edificio si avvicina notevolmente allo standard "passivo".



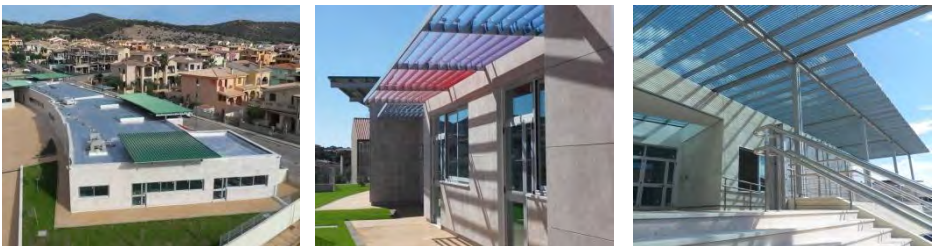
Scuola Superiore d'Arte Applicata *Andrea Fantoni*, Bergamo (BG) | ristrutturazione 2014

Usufruendo di incentivi economici previsti dall'Unione Europea, la scuola ha affidato ad una ESCo i lavori di ampliamento e di efficientamento energetico della struttura. Il sistema di pannelli solari e fotovoltaici produce il 50% dell'energia consumata dalla scuola e genera "certificati bianchi" che coprono il 20% circa della spesa sostenuta.



Scuola primaria, Calmasino - Bardolino (VR) | 2014

L'edificio sfrutta le risorse naturali, le energie rinnovabili e le capacità di coibentazione dei materiali, e ha ottenuto la certificazione energetica A+. La scuola, riscaldata grazie ai principi della geotermia a bassa entalpia e dotata di un sistema automatico di filtraggio e ricambio dell'aria, è completamente autonoma dal punto di vista energetico, grazie all'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico che permette il massimo risparmio con un impatto quasi a zero sull'ambiente.



Nuovo polo scolastico, Villasimius (CA) | 2014

Nel progetto di questo nuovo polo scolastico si è cercato di avvalersi di tecnologie sostenibili come le pareti ventilate, il geotermico, il solare ed il fotovoltaico, atti a generare energia anche nei mesi estivi in cui la scuola sarà chiusa. L'uso di elementi architettonici come *brise soleil* o la disposizione spaziale per ottenere un effetto camino, fanno anch'essi parte della strategia progettuale.

Esempi efficienti in Italia



Istituto comprensivo, Melpignano (LE) | ristrutturazione 2014

Con i finanziamenti del POI Energie Rinnovabili e Risparmio Energetico FESR 2007-2013, il Comune ha realizzato un impianto geotermico a bassa entalpia per un valore di oltre 360 mila euro. I valori delle emissioni di gas serra prima dell'entrata in funzionamento dell'impianto erano pari a 6,32 kg di CO₂ eq/m³; l'installazione della pompa di calore geotermica comporterà una riduzione delle emissioni del 58%.



Scuola primaria *Margherita Hack*, Montelupo Fiorentino (FI) | 2014-15

Una struttura in legno costruita seguendo tutti i criteri di edilizia sostenibile, con un impianto geotermico a bassa entalpia che produce acqua calda ed energia termica, riscaldamento a pannelli radianti e sistema di ventilazione meccanizzata.



Scuola primaria, Folignano (AP) | 2014-15

Costruita in legno lamellare, autosufficiente dal punto di vista energetico grazie ad impianti di fotovoltaico di ultima generazione (classe energetica A+), questa struttura riesce ad ottenere un risparmio in bolletta e di manutenzione del 70%.



Scuola dell'infanzia e primaria *G.P. Clerici*, Gerenzano (VA) | ristrutturazione 2015

I lavori di ristrutturazione, oltre a ridare un rinnovato aspetto alla scuola, hanno permesso di raggiungere l'autosufficienza energetica riducendo le emissioni di CO₂, sostituendo l'alimentazione a metano con un sistema a pompe di calore alimentate da un impianto fotovoltaico.



Scuola primaria *Enrico Toti*, Lecco (LC) | ristrutturazione 2015

Grazie all'ottenimento dei finanziamenti governativi, il Comune ha potuto provvedere ai lavori di ristrutturazione della scuola di messa in sicurezza e di efficientamento energetico, con la bonifica dell'amianto presente e con l'installazione di pannelli fotovoltaici in copertura.



Scuola primaria *G. Modugno*, Bitonto (BA) | ristrutturazione 2015

Avendo conseguito circa 700 mila euro di contributi governativi, il Comune pugliese ha realizzato una grande ristrutturazione del plesso scolastico. I lavori di messa in sicurezza e di efficientamento energetico, con la sostituzione dei serramenti e il rifacimento della facciata, hanno restituito una scuola bella sotto il profilo estetico e funzionale alle esigenze di alunni e docenti.



SEZIONE II

Come finanziare l'intervento



I FINANZIAMENTI NAZIONALI

Certamente l'aspetto economico è un tema di primo piano quando si parla di edilizia in generale, e soprattutto di edilizia scolastica. Le risorse finanziarie necessarie a svolgere interventi di edilizia scolastica devono essere reperite nei bilanci degli Enti Locali – Comuni e Province/Città Metropolitane – che possono impiegare risorse proprie o risorse che sono loro trasferite dalle Regioni o direttamente dallo Stato, come ad esempio l'operazione *Decreti Mutui*, il contributo dell'*Otto per mille* e il *Fondo straordinario per interventi di adeguamento strutturale e antisismico*. Indipendentemente dalla fonte di finanziamento, è sempre l'Ente locale proprietario dell'immobile che dovrà occuparsi della gara di appalto per lavori, servizi e/o forniture.

La programmazione di interventi di edilizia scolastica è realizzata sulla base dei progetti predisposti dagli Enti territoriali e comunicati alle Regioni. La legge sulla "Buona Scuola" ha stabilito un'unica graduatoria, predisposta dalle diverse Regioni che la formano autonomamente, tenendo conto delle indicazioni statali in termini di priorità, valida come programmazione nazionale per il triennio 2105-2017 per ristrutturazioni e nuovi edifici, per efficientamenti energetici e interventi di messa in sicurezza. La graduatoria è aggiornata annualmente tenendo conto anche dei dati inseriti nell'Anagrafe dell'edilizia scolastica ed è valida per le assegnazioni di tutte le risorse destinate all'edilizia scolastica².

Oltre alle diverse iniziative promosse dalle singole Regioni per migliorare l'efficienza energetica degli edifici pubblici³, anche enti privati e fondazioni pubblicano bandi finalizzati a favorire gli investimenti energetici. Nel 2015, per esempio, la *Fondazione Cariplo* ha promosso il bando "100 Comuni efficienti e rinnovabili", con il quale intende sostenere le Amministrazioni di 100 Comuni ed enti del proprio territorio di riferimento nella realizzazione di interventi finalizzati all'efficienza energetica e allo sviluppo delle fonti rinnovabili.

² Per maggiori informazioni: <http://italiasicura.governo.it/site/home/scuole.html>.

³ In Appendice (<http://www.agenziefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili>) è riportata una tabella che illustra i POR approvati per ogni regione italiana per la programmazione 2014/2020.



I FONDI EUROPEI

I Fondi Strutturali dell'Unione Europea (FESR - Fondo Europeo di Sviluppo Regionale⁴ e FSE - Fondo Sociale Europeo)⁵ finanziano le politiche di sviluppo e coesione. L'attuazione di queste politiche avviene tramite i Programmi Operativi Nazionali (PON) e Regionali (POR), nel quadro dell'Accordo di partenariato 2014-2020 (AdP). A gestire queste risorse - per quanto riguarda l'edilizia scolastica - ovvero ad occuparsi dell'assegnazione dei fondi e della selezione dei progetti, sono principalmente il MIUR e le Amministrazioni regionali.

Sempre di derivazione europea sono i *Project Development Assistance Facilities* (PDA), mirati a facilitare il finanziamento di progetti bancabili di energia sostenibile (efficientamento energetico e fonti rinnovabili) intrapresi da parte di autorità pubbliche, regioni, città, comuni o raggruppamenti di essi, incoraggiando pertanto iniziative di partenariato pubblico-privato. Essi sono gestiti da soggetti diversi con obiettivi e criteri specifici e la dimensione finanziaria dei progetti può variare da 1 o 2 ad alcune decine di milioni di euro. Appartengono a questa tipologia: ELENA (*European Local Energy Assistance*), JESSICA (*Joint European Support for Sustainable Investment in City Areas*), MLEI (*Mobilizing local initiatives*), EEE-F (*European Energy Efficiency Fund*)⁶.

⁴ Il FESR è un fondo diretto al potenziamento della coesione economica e sociale, da realizzare attraverso il sostegno allo sviluppo e all'organizzazione strutturale delle economie regionali. Le risorse stanziato dipendono dalla categoria di regione, a seconda della quale esistono degli obblighi specifici di concentrazione delle risorse su aree prioritarie (regioni del Mezzogiorno) e su progetti attinenti l'economia a basse emissioni di carbonio.

⁵ Le politiche di coesione si attuano anche attraverso il ricorso a risorse aggiuntive, iscritte nel Fondo per lo Sviluppo e la Coesione (FSC), che concentra l'80% delle sue risorse nelle Regioni del Mezzogiorno.

⁶ Per maggiori informazioni:

<http://ec.europa.eu/energy/intelligent/getting-funds/project-development-assistance/>

IL CONTO TERMICO

Con la pubblicazione del DM 28/12/12⁷, conosciuto come “Conto Termico”, si dà attuazione al regime di sostegno introdotto dal decreto legislativo 3 marzo 2011, n.28 per l’incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l’incremento dell’efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

Il Gestore dei Servizi Energetici - GSE S.p.a.⁸ - è il soggetto responsabile dell’attuazione e della gestione del meccanismo, inclusa l’erogazione degli incentivi ai soggetti beneficiari.

Gli interventi incentivabili si riferiscono sia alla **riqualificazione energetica dell’involucro di edifici esistenti** (coibentazione pareti e coperture, sostituzione serramenti e installazione schermature solari) sia alla *sostituzione di impianti esistenti per la climatizzazione invernale con impianti a più alta efficienza* (caldaie a condensazione) sia alla *sostituzione o, in alcuni casi, alla nuova installazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili* (pompe di calore, caldaie, stufe e camini a biomassa, impianti solari termici anche abbinati a tecnologia *solar cooling* per la produzione di freddo). Le amministrazioni pubbliche possono richiedere l’incentivo per tutte le tipologie di interventi.

Il nuovo decreto introduce anche *incentivi specifici per la Diagnosi Energetica e la Certificazione Energetica*, se abbinate, a certe condizioni, agli interventi sopra citati:

Destinazione d’uso	Superficie utile dell’immobile (m ²)	Costo unitario massimo (€/m ²)	Valore massimo erogabile (€)
E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	Fino a 2500 compresi	2,50	13.000,000
	Oltre 2500	2,00	

L’incentivo è un contributo alle spese sostenute e viene erogato in rate annuali per una durata variabile (fra 2 e 5 anni) in funzione degli interventi realizzati.

⁷ “Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni”.

⁸ Per maggiori informazioni: <http://www.gse.it/it/Conto%20Termico/Pages/default.aspx>



PARTECIPAZIONE DEI PRIVATI: ENERGY SERVICE COMPANY (ESCO)

Reperimento delle risorse economiche

Una volta individuati gli interventi da realizzare, attraverso lo strumento della diagnosi energetica, si avvia la fase di reperimento delle risorse finanziarie necessarie. In tal senso, se si intende procedere con risorse a disposizione dell'ente gestore dell'edificio (Comuni e Province) è possibile procedere all'acquisizione di beni e di servizi erogati da Consip attraverso i bandi di gara dedicati alla P.A.⁹ e accedere autonomamente ai meccanismi di incentivazione. In alternativa è possibile affidare il compito di realizzare gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio ad un unico soggetto (*Energy Service Company* - ESCo) che sostiene i costi, remunerandoli attraverso la fornitura dell'energia.

ESCO: un'impresa che finanzia, sviluppa e installa progetti

ESCO è acronimo di *Energy Service Company*, ovvero Società di Servizi Energetici, che dall'art. 2 del D.lgs. 115/08 è definita come: *"Persona fisica o giuridica che fornisce servizi energetici ovvero altre misure di miglioramento dell'efficienza energetica nelle installazioni o nei locali dell'utente e, ciò facendo, accetta un certo margine di rischio finanziario. Il pagamento dei servizi forniti si basa, totalmente o parzialmente, sul miglioramento dell'efficienza energetica conseguito e sul raggiungimento degli altri criteri di rendimento stabiliti"*.

Le società ESCo¹⁰, quindi, sostengono gli investimenti relativi agli interventi tecnici necessari a ottenere i risparmi energetici al posto del cliente finale, sgravandolo da ogni forma di investimento relativa all'efficienza dei propri impianti.

In una fase antecedente alla negoziazione tra le parti, la società può provvedere a operare un controllo preliminare sui consumi (c.d. censimento o auditing energetico), volto a definire la fattibilità dell'intervento e a stabilire l'obiettivo di risparmio (c.d. risparmio medio teorico). Una volta stipulato il contratto con la P.A. la ESCo assume su di sé, in parte o interamente, il rischio tecnico e

⁹ Per i bandi di gara per servizi energetici consultare l'Appendice (<http://www.agenziaefficienzaenergetica.it/scuolesostenibili>).

¹⁰ Le caratteristiche delle ESCo sono previste dalla Norma UNI CEI 11352:2010.



commerciale dell'operazione, eventualmente indebitandosi nei confronti di istituzioni finanziarie.

Poiché si è spesso di fronte a interventi complessi l'ammmodernamento dei fabbricati/impianti deve consentire l'ottenimento di risparmi sui consumi che siano in grado di ripagare sia l'opera di riqualificazione energetica in sé, sia il costo della gestione e della manutenzione, comprensivo del costo dei vettori energetici. Perciò è previsto che la ESCo provveda alla gestione e manutenzione dei fabbricati/impianti fino al momento della riconsegna degli stessi al beneficiario. Particolare importanza riveste la fase di monitoraggio della performance in quanto è quella che permette di misurare e verificare i risultati e, in caso di scostamento dall'obiettivo prestabilito, di pianificare interventi correttivi in modo tale da riportare la prestazione energetica nei limiti prestabiliti dal contratto e per assicurare la propria quota di remunerazione.

È opportuno che la ESCo sia direttamente il soggetto esecutore, in modo da garantire gli obiettivi di risparmio energetico; inoltre la ESCo quale soggetto esecutore degli interventi di ottimizzazione energetica (di importo pari o superiore a 150 k€), deve essere in possesso dell'attestato di qualificazione SOA.

L'ESCO che seguirà direttamente gli interventi dovrà possedere l'iscrizione alla Camera di Commercio (D.M. 37/08, provvedimento per l'installazione e manutenzione impianti) e dimostrare la sua capacità operativa attraverso la dimostrazione di requisiti di realizzazione impianti, fatturato e quant'altro, secondo la normativa degli appalti pubblici.

Condizioni di riferimento

Per determinare l'entità dei canoni necessari per l'ammortamento dell'investimento occorre quantificare il risparmio energetico minimo garantito, facendo riferimento alla previsione iniziale stimata e basata su misurazioni o altre informazioni raccolte in sede di audit energetico e sulle caratteristiche tecniche di rendimento delle apparecchiature che verranno utilizzate; possono essere utilizzate le bollette energetiche degli ultimi 2/3 anni, prevedendo una "normalizzazione" in caso di variazione nell'utilizzo degli impianti oltre il carico base preventivato, o si può procedere mediante misurazioni degli impianti di



efficienza energetica pre e post installazione. Chiaramente non sarà sufficiente misurare il risparmio energetico derivante dalla differenza tra i consumi prima dell'intervento e quelli stimati dopo l'intervento, ma è altresì indispensabile verificare costantemente il risultato nella pratica dopo la messa a regime del sistema, e misurare lo scostamento tra i dati stimati e quelli reali. Tutto ciò tenendo presente che il risparmio deve essere **sempre** valutato in termini di kWh.

Malgrado tra i compiti della ESCo vi sia anche la redazione della diagnosi energetica in fase precontrattuale, si consiglia che la stessa sia effettuata direttamente dalla P.A. committente a sua maggior garanzia della stessa.

Inoltre, il committente deve cooperare con la ESCo adottando un comportamento ambientalmente sostenibile; a tal fine sottoscrive un "codice comportamentale" le cui norme dovranno essere prescritte nel protocollo tecnico allegato al contratto.

Finanziamento degli interventi

Poiché le ESCo hanno il delicato compito di farsi carico degli investimenti per gli interventi finalizzati all'ottenimento del risparmio energetico, sgravando la P.A. del reperimento delle necessarie risorse economiche, è fondamentale che i tempi di ritorno dell'investimento siano sufficientemente lunghi e adeguati per far fronte ai tempi di ammortamento degli investimenti stessi.

Il servizio integrato offerto dalla ESCo comprende anche il reperimento dei mezzi economico-finanziari necessari per la realizzazione degli interventi di efficientamento, nonché per la gestione del bene riqualificato.

Ciò può avvenire anche attraverso il **Finanziamento Tramite Terzi** (F.T.T.) (D.lgs. 115/08) se previsto dal contratto di prestazione energetica (E.P.C.); tale scopo deve essere in grado di provare l'effettiva realizzabilità del progetto e la redditività dello stesso, in modo da renderlo interessante anche in presenza degli inevitabili rischi connessi. I rischi sono in genere dovuti:

- a variazioni dei costi preventivati per la realizzazione, a possibili ritardi nella realizzazione, a eventuali minori rendimenti dell'impianto; questi rischi devono essere assorbiti dalla ESCo che deve mantenere adeguati livelli di comfort ambientale per tutta la durata del contratto, e deve essere pronta a



- far fronte a eventuali malfunzionamenti per evitare interruzioni nella erogazione del servizio;
- a variazioni dei costi dell'energia (sia in termini di costi primi che di imposizioni fiscali): normalmente sono a carico del committente;
 - a modifiche dello stato iniziale delle cose (modifiche normative, modifiche strutturali all'edificio o agli impianti comuni, diversa modalità di esercizio della propria attività rispetto a quanto considerato inizialmente, ecc.): normalmente sono a carico del committente, che determina la richiesta di variazione;
 - alla situazione finanziaria della ESCo (rischio bancarotta).

Il contratto di prestazione energetica (E.P.C.)

Il contratto di prestazione energetica (E.P.C.) è un tipo di contratto con il quale un soggetto denominato 'fornitore' (di solito una ESCo) si obbliga a migliorare l'efficienza energetica di un edificio o impianto di proprietà di altro soggetto (beneficiario) con propri mezzi finanziari o con mezzi finanziari di terzi soggetti¹¹. Tali interventi vengono realizzati dalla ESCo a fronte di un corrispettivo correlato all'entità dei risparmi energetici preventivamente individuati in fase di analisi di fattibilità. L'oggetto del contratto, quindi, consiste nella progettazione e realizzazione di interventi per l'efficienza energetica di impianti e/o edifici che assicurino un risparmio di spesa sulla bolletta energetica del cliente.

Un contratto di rendimento energetico dovrà prevedere principalmente:

- la definizione degli interventi di riqualificazione energetica e l'individuazione dell'entità dei risparmi minimi che devono essere garantiti dall'assuntore (ESCO) per tutta la durata del contratto. In tal senso ruolo fondamentale è rivestito dalla fase di caratterizzazione dello stato di fatto, che vede nella P.A. committente e non nell'assuntore la figura più idonea ad eseguire la diagnosi energetica e la conseguente individuazione degli interventi;
- la verifica, il controllo e il monitoraggio per l'intera durata del contratto, dei servizi del sistema fabbricato/impianto riqualificato energeticamente. Ciò

¹¹ Gli elementi minimi previsti nei contratti di prestazione energetica sottoscritti con il settore pubblico, sono indicati nell'allegato XIII delle Direttiva 2012/27/UE e recepiti nell'allegato 8 del D.lgs. 4 luglio 2014, n. 102.



presuppone che l'assuntore progetti e realizzi uno strumento informatico che consenta la puntuale verifica del mantenimento dei livelli prestazionali previsti dal contratto;

- la verifica del raggiungimento dei livelli prestazionali del sistema fabbricato/impianto previsti dal contratto. Tale verifica è determinante per i pagamenti. La P.A. committente paga il "canone" all'assuntore dall'inizio dei lavori e successivamente condiziona il pagamento del canone all'esito della verifica: stabilisce la normale prosecuzione del contratto, ovvero i bonus premianti in riferimento a risparmi aggiuntivi a quelli minimi oppure l'applicazione di penali o, nei casi più gravi, la rescissione di diritto del contratto.

La puntuale definizione dei risparmi minimi garantiti, i canoni, i bonus premiali, le penali e nei casi gravi la rescissione di diritto del contratto dovrebbe stimolare il fornitore al raggiungimento, o meglio al superamento, degli obiettivi stabiliti nel contratto e a garantire il beneficiario in merito alla realizzazione degli interventi di riqualificazione energetica del sistema fabbricato/impianto.

Nella stesura di un contratto di questo tipo bisogna fare particolare attenzione a tre elementi fondamentali:

- garanzie contrattuali, che nell'ambito di un contratto di prestazione energetica sono le garanzie personali;
- una commissione indipendente e paritetica che regoli la verifica del raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico previsti dal contratto;
- un codice comportamentale dell'utente, che è indispensabile in quanto garantisce al fornitore che i comportamenti del beneficiario non inficeranno il risultato cui si è obbligato.

È bene evidenziare che il contratto di prestazione energetica (EPC) ha come obiettivo prioritario la riqualificazione energetica del sistema fabbricato/impianto, comprendendo anche la manutenzione e la fornitura dell'energia¹², ma

¹² Un problema nelle esperienze degli ultimi anni di E.P.C. nella P.A. è rappresentato dalla sottostima dei costi di gestione e manutenzione (O&M) dovuto al fatto che spesso non si tiene traccia rigorosa delle spese di O&M, imputando tali spese non sui capitoli di bilancio dedicati, ma su altri capitoli di bilancio dove ci sia capienza. Poiché la ESCo è tenuta a garantire anche la



subordinando questi ultimi all'effettivo raggiungimento dei risparmi minimi garantiti.

Diversamente, nei contratti di *Energy Service* la riqualificazione energetica degli edifici è un obiettivo residuale rispetto all'oggetto principale del contratto che consiste nella manutenzione degli impianti e nella fornitura del vettore energetico.

I modelli contrattuali

In relazione alla tipologia degli interventi programmati, alla ripartizione dei rischi, alla copertura del finanziamento e alla remunerazione della ESCo, è possibile dar luogo a diversi modelli contrattuali.

I contratti più rappresentativi applicabili al settore pubblico sono i seguenti:

- *Contratto a Cessione Globale Limitata (First Out)*, in cui la ESCo fornisce essa stessa il capitale o ricorrendo a finanziatori terzi. Il risparmio energetico conseguito viene interamente utilizzato per ripagare il finanziamento dell'intervento e remunerare l'attività della ESCo. Il contratto solitamente ha una **durata di circa 5-7 anni**. Alla scadenza contrattuale il risparmio va interamente a favore del cliente che diventa proprietario degli impianti e delle opere eseguite. Con questo approccio la ESCo incamera il 100% dei risparmi realmente ottenuti fino alla scadenza contrattuale. Tutti i costi e i profitti sono dichiarati in anticipo e i risparmi sono impiegati innanzi tutto per la copertura completa di questi costi. La ESCo mantiene la proprietà dell'impianto fino alla scadenza del contratto, successivamente alla quale lo stesso si trasferisce nella titolarità del cliente. Il combustibile viene acquistato separatamente dal cliente oppure dallo stesso contraente, ma con separazione contabile e remunerazione disgiunta.

gestione e manutenzione *full risk* dell'intervento realizzato, una corretta valutazione della baseline manutentiva dovrebbe pertanto prendere in considerazione i costi evitati per manutenzione straordinaria, limitatamente all'opera rinnovata/sostituita. Indicativamente si ritiene che i costi di O&M non possano essere inferiori al 20% della somma dei costi di approvvigionamento di combustibile ed energia elettrica.



- *Contratto a Risparmio Condiviso (Shared Savings)*, in cui, come nel modello precedente, la ESCo fornisce il capitale con fonti proprie o ricorrendo a finanziatori terzi; tuttavia le parti si accordano sulla suddivisione dei proventi del risparmio. I contratti hanno una **durata di circa 7-10 anni** in considerazione del fatto che soltanto una quota del risparmio contribuisce al recupero dell'investimento iniziale. Durante l'esecuzione del contratto la proprietà degli impianti e delle opere rimane in capo alla ESCo e alla scadenza contrattuale si trasferisce al cliente. In un contratto a risparmi condivisi, dunque, l'investimento viene rimborsato sulla base di un accordo tra la ESCo e l'utente finale di suddivisione della quota di risparmio determinato dallo studio di fattibilità. Come nel modello *First Out* la ESCo, oltre al rischio tecnico inerente alla performance a cui è legata la sua remunerazione, assume anche il rischio finanziario. Il combustibile viene acquistato separatamente dal cliente oppure dallo stesso contraente, ma con separazione contabile e remunerazione disgiunta.
- *Chauffage (Asset Ownership)*, in cui il cliente affida la gestione dei propri impianti alla ESCo che provvede al pagamento delle bollette energetiche e delle fatture dei combustibili per tutta la durata del contratto, dietro il corrispettivo di un canone pari alla spesa energetica che il cliente affrontava prima dell'entrata in vigore del contratto, meno uno sconto pattuito. In sostanza con lo *Chauffage* viene posta in essere una sorta di *outsourcing*, cioè un'operazione in cui l'utente affida ad un terzo lo svolgimento di un'attività che in passato svolgeva in proprio.

Lo *Chauffage* presenta alcuni dei connotati del *performance contracting*, essendo volto a garantire all'utente il conseguimento di una quota di risparmio ed essendo la remunerazione della ESCo rapportata all'efficienza raggiunta; anche in tale schema contrattuale il *performance contracting* si combina con il Finanziamento Tramite Terzi: la ESCo interviene finanziando gli interventi di manutenzione/ammodernamento e/o adeguamento degli impianti esistenti che a fine contratto verranno consegnati al proprietario. Di norma la durata dei contratti di *Chauffage*, che può giungere a **20-30 anni**, è più lunga rispetto a quella degli altri modelli contrattuali, soprattutto al fine di consentire un adeguato tempo di recupero degli investimenti sugli impianti.



Sistema di gestione dell'energia

Per assicurare i migliori risultati nel tempo è consigliabile l'adozione di un Sistema di gestione dell'energia (SGE) secondo la norma internazionale ISO 50001. Un SGE implica la realizzazione di una diagnosi preliminare e l'introduzione di un sistema di monitoraggio in continuo, che consente di mantenere aggiornata la baseline dei consumi. Inoltre impone all'amministrazione di definire degli obiettivi quantitativi di risparmio energetico da raggiungere a breve e medio termine, definisce delle procedure interne che consentono di sfruttare al meglio l'operato dell'*energy manager*, che diventa responsabile del sistema di gestione, garantendogli un'azione sinergica con i diversi assessorati e funzioni, e richiede un approccio basato sulla verifica dei risultati conseguiti, garantendo che questi siano raggiunti nel tempo. Nel caso in cui l'amministrazione non abbia risorse per implementare un SGE autonomamente, può richiedere alla ESCo di provvedere nell'ambito del servizio, introducendo tale richiesta, prevista del resto dalla norma UNI CEI 11352 sulle ESCo, nel capitolato di appalto.