

# PIANO ENERGETICO E AMBIENTALE DEL COMUNE DI PERUGIA

## III FASE - PIANO DEFINITIVO

### SCHEDA TECNICA C2) INTERVENTI SULL'INVOLUCRO C2.a) ISOLAMENTO TERMICO: MATERIALI TRASPARENTI

#### STATO DELL'ARTE

Le superfici trasparenti sono quelle parti strutturali dell'edificio che permettono il passaggio della luce, come vetri, finestre, pareti vetrate, ecc. L'importanza che questi componenti rivestono nell'ambito della progettazione energetica degli edifici è sostanziale in quanto il minore o maggiore costo energetico ed economico in termini di riscaldamento, raffrescamento e illuminazione sono principalmente legati ad essi. Le superfici trasparenti sono quelle attraverso le quali è massima la trasmissione di calore, pertanto costituiscono il punto debole dell'involucro edilizio in condizioni sia estive sia invernali e tanto maggiore è la loro estensione, tanto maggiori sono i costi di realizzazione e di esercizio degli impianti; d'altro canto però esse contribuiscono in maniera decisiva all'illuminazione degli spazi interni, consentendo un notevole risparmio energetico in termini di impianto di illuminazione. Pertanto le dimensioni e le caratteristiche delle pareti vetrate devono essere opportunamente selezionate, al fine trovare soluzioni funzionali di compromesso tra queste due opposte tendenze.

Il controllo della trasmissione di calore attraverso le finestre comprende diversi tipi di intervento:

- diminuzione della trasmittanza del vetro;
- impiego di infissi a taglio termico;
- riduzione delle infiltrazioni d'aria;
- isolamento termico del cassonetto.

#### Trasmittanza del vetro

La trasmittanza di un vetro semplice dello spessore di 4 mm è dell'ordine di  $5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Essa può assumere valori più bassi qualora si realizzino alcuni accorgimenti quali:

- l'introduzione di un ulteriore vetro sul medesimo infisso, ottenendo così un infisso a doppio vetro;
- l'aggiunta di un secondo serramento dietro o davanti al vecchio;
- la sostituzione di tutto il serramento con uno già predisposto con vetrocamera con vetro doppio o triplo; i valori di trasmittanza di vetri con intercapedine scende da circa 5 a circa  $2 - 3 \text{ W/m}^2\text{K}$  per vetri float semplici con una o due intercapedini di 12 mm; impiegando vetri riflettenti e/o basso-emissivi si possono ottenere valori di trasmittanza anche di  $1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  (vedi Tab. 1).

Tab. 1: Trasmittanza, fattore di trasmissione e fattore solare di vetri camera con intercapedine di 12 mm

TIPO	$\text{W/m}^2\text{K}$	TE%	FS %
2 FLOAT 4mm	3	50	76
2 FLOAT 6mm	$2,8 \div 3,2$	40	70-76
3 FLOAT 4mm	$2 \div 2,4$	39	74
1 RIFLET.+1FLOAT 6mm	$2,5 \div 3$	20	40-60
1 BASSO EMISSIVO+1FLOAT 4mm	$1,7 \div 2$	26	70-75
1 BASSO EMISSIVO+1FLOAT 6mm	$1,3 \div 1,8$	/	70-75

#### Infissi a taglio termico

L'impiego di infissi a taglio termico, ossia realizzati mediante interruzione della continuità del materiale, spesso metallico (alluminio), costituente l'infisso, consente di ridurre la trasmissione di calore in corrispondenza dei giunti, dove si localizzano i ponti termici. La trasmittanza di un infisso in alluminio senza taglio termico è dell'ordine di  $4 - 6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; con profili a taglio termico la trasmittanza si riduce a  $3.5 - 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### Riduzione delle infiltrazioni d'aria

Le infiltrazioni d'aria, fredda in inverno e calda in estate, possono provocare dei rinnovi d'aria eccessivi, con relative dispersioni o immissioni di calore. Fermo restando che comunque risulta necessario garantire una certa portata d'aria di rinnovo, pari alla portata di ventilazione dell'edificio, al fine di evitare problemi di qualità dell'aria interna, occorre comunque ridurre le infiltrazioni d'aria. Ciò può essere fatto inserendo delle guarnizioni per serramenti, in gomma, in alluminio o semplicemente mediante l'impiego di silicone. Tutti questi interventi risultano semplici dal punto della realizzazione, poco costosi e possono dar luogo ad un risparmio energetico significativo.

## (Segue stato dell'arte)

### Isolamento termico del cassonetto

Il cassonetto è uno dei punti di maggior dispersione in quanto di solito non è isolato e non è a tenuta. L'isolamento del cassonetto è un intervento semplice e poco costoso, laddove ci sia lo spazio per applicare l'isolante (almeno 2 cm di spessore); la tenuta può essere migliorata mediante l'inserimento di guarnizioni, tenendo comunque sempre presenti le esigenze di ricambio dell'aria, ad esempio facendo realizzare sui vecchi cassonetti (i moderni ne sono ormai forniti) delle aperture di dimensioni opportune che permettono di regolare l'afflusso d'aria. Nelle zone particolarmente ventose e nel caso di ristrutturazioni radicali dell'immobile o di nuove realizzazioni, si possono installare infissi con cassonetto *a scomparsa*, ossia accessibile solo dall'esterno e completamente inserito nella parete.

## RISVOLTI ENERGETICI, AMBIENTALI E SOCIO – ECONOMICI

### Risvolti energetici

Il controllo della trasmissione di calore attraverso le superfici finestrate, così come visto, comporta ovvi risparmi energetici, che possono essere anche rilevanti.

Si stima che l'eliminazione delle infiltrazioni d'aria dalle finestre tramite guarnizioni o silicone può comportare un risparmio energetico del 10-15%. Per le finestre con un solo vetro si possono considerare vari interventi per il risparmio di energia: inserendo un altro vetro sul medesimo infisso si hanno risparmi intorno al 5-10%, aggiungendo un secondo serramento oppure sostituendo il serramento con un altro già predisposto con vetrocamera si ottengono risparmi del 15-20%. Un altro intervento è l'eliminazione delle dispersioni dal cassonetto che è causa d'aumenti del consumo energetico per riscaldamento del 5-10%. I risparmi, in termini percentuali, che sono stati riportati sono naturalmente del tutto indicativi, essi dipendono da numerosi fattori: esposizione dell'edificio, posizione geografica e clima, ventosità e posizione della superficie vetrata (esposizione diretta ai raggi del sole).

### Risvolti ambientali

Considerando che il riscaldamento negli edifici avviene quasi esclusivamente tramite la combustione di combustibili fossili, i vantaggi ambientali dovuti ad un maggiore isolamento termico e quindi ad un consumo energetico ridotto sono importanti. Si riporta nella seguente tabella il risparmio annuo espresso in kg di gasolio per m<sup>2</sup> ottenibile in diverse città italiane attraverso la sostituzione dei vetri tradizionali (semplici, doppi o tripli) con vetri a bassa emissività.

**Tab. 2:** Risparmio annuo espresso in kg di gasolio per m<sup>2</sup> ottenibile attraverso la sostituzione dei vetri tradizionali con vetri a bassa emissività

Località	Giorni di riscaldamento	Ore	Semplice			Doppio			Triplo		
			N	E-W	S	N	E-W	S	N	E-W	S
Ortisei	210	24	37.7	36.7	35.6	13.7	13.3	12.8	5.9	6.1	6.2
Belluno	195	24	28.3	27.6	26.8	10.3	10.0	9.6	4.4	4.6	4.7
Aosta	180	14	26.0	25.3	24.5	9.4	9.2	8.6	3.9	4.1	4.2
Potenza	150	14	23.6	23.0	22.3	8.6	8.3	8.0	3.7	3.8	3.9
Milano	180	12	22.1	21.5	20.9	8.0	7.8	7.5	3.5	3.6	3.6
Bologna	180	12	20.5	20.0	19.4	7.5	7.2	7.0	3.2	3.3	3.4
Firenze	180	12	17.0	16.6	16.1	6.2	6.0	5.8	2.7	2.8	2.8
Roma	150	12	13.6	13.2	12.8	4.9	4.8	4.6	2.1	2.2	2.2
Caserta	130	10	11.5	11.2	10.9	4.2	4.1	3.9	1.8	1.9	1.9
Taranto	120	10	9.5	9.3	9.0	3.5	3.4	3.2	1.5	1.5	1.6
Napoli	130	8	8.3	8.1	7.9	3.0	2.9	2.8	1.3	1.3	1.4
Catania	120	8	6.5	6.3	6.1	2.4	2.3	2.2	1.0	1.1	1.1
Reggio C.	120	6	3.6	3.5	3.4	1.3	1.3	1.2	0.6	0.6	0.6

La sostituzione di un vetro semplice (4 mm) con un vetro camera (2 vetri di 4mm con intercapedine di 12mm diminuisce, come si è visto, la trasmittanza da 5 a 3 W/m<sup>2</sup>K; i limiti imposti dalla legislazione vigente prevedono una trasmittanza della superficie vetrata per il Comune di Perugia (zona E) pari a 1,7 W/m<sup>2</sup>K. In termini di dispersione del calore, ciò comporta un risparmio del 66%. Considerando che per produrre un kWh termico, con un generatore costruito con tecnologie all'avanguardia, si emettono circa 186 g di CO<sub>2</sub>, si può stimare che per ogni kWh prodotto per compensare le perdite di calore attraverso le superfici vetrate, si possa evitare l'immissione in atmosfera di **123 g** di anidride carbonica.

### Risvolti economici

Si riportano i costi di alcuni interventi descritti in precedenza al fine di migliorare l'isolamento termico degli edifici (Tabella 3).

## (Segue risvolti energetici, ambientali e socio-economici)

Tab. 3: interventi proposti per migliorare l'isolamento termico degli edifici

Installazioni di guarnizioni di gomma o alluminio, rifiniture con silicone	5-7 euro/m <sup>2</sup> di infisso
Inserimento di un doppio vetro sul medesimo infisso	8-10 euro/m <sup>2</sup> di infisso
Aggiunta di un secondo serramento	150-175 euro/m <sup>2</sup> di infisso
Sostituzione del serramento con un altro con vetrocamera	225-250 euro/m <sup>2</sup> di infisso
Applicazione di un isolante al cassonetto	10 euro/m <sup>2</sup>

Molti interventi di quelli elencati consentono dei risparmi economici sulla spesa di riscaldamento a fronte di basse spese e risultano, quindi, sempre convenienti. Le valutazioni di tipo economico dipendono da numerosi fattori, tra i quali sono importanti quelli climatici e di esposizione dell'edificio e lo stato di conservazione dell'edificio stesso.

Per edifici molto vecchi e mal conservati in ambienti non favorevoli (come per esempio elevata ventosità), gli interventi esposti sono notevolmente convenienti e hanno tempi di ritorno degli investimenti molto brevi.

## PROSPETTIVE DI SVILUPPO

### Nuove tecnologie per i materiali trasparenti

Le tecnologie innovative che presentano elevato interesse per le loro applicazioni in architettura sono costituite da i Tim (*Transparent insulation materials*), i materiali cromogenici (elettrocromici, termocromici e fotocromici) e i sistemi di canalizzazione della luce, le pellicole olografiche.

I Tim sono materiali che presentano una elevata trasparenza per le radiazioni solari e buone caratteristiche di isolamento termico. Essi, in base alla loro struttura geometrica, si possono classificare in quattro gruppi. Il primo è costituito da strutture multiple parallele: vetrate o film di plastica (completamente trasparenti o traslucidi). Con l'aumentare del numero degli elementi aumenta la capacità isolante, ma anche il numero delle riflessioni interne, riducendo in tal modo la trasmissione della radiazione solare.

Al secondo appartengono materiali con strutture composite, perpendicolari alla superficie vetrata, realizzate per dirigere le radiazioni verso l'interno. A questo gruppo appartengono le strutture capillari e le cosiddette strutture a nido d'ape, realizzate a partire da materiali plastici, soprattutto policarbonati e polimetacrilati. Dalla combinazione dei due tipi precedenti si ottengono le strutture a cavità denominate anche strutture cellulari. Le strutture di questo gruppo sono costituite da materiali come la schiuma di vetro, che ha bolle di dimensioni dell'ordine di millimetri. La convezione viene efficacemente soppressa, ma esistono ampie dispersioni dovute alla riflessione ed alla rifrazione della luce.

Il quarto gruppo è costituito da strutture quasi-omogenee, come gli aerogel. Queste presentano una struttura estremamente porosa, con diametro delle cavità molto inferiori alle lunghezze d'onda della radiazione solare. Le perdite per riflessione risultano inferiori e si arriva ad una trasmissione solare del 90% e ad una diffusione totale della luce. Inoltre, a causa del ridotto diametro delle cavità, la convezione è totalmente eliminata.

La combinazione dell'alta trasmissione ottica per l'energia solare ed il buon isolamento termico suggerisce l'applicazione dei Tim per le finestre ed i muri Trombe. Prototipi di finestre ad alto isolamento raggiungono valori del coefficiente di trasmissione di 0,4-0,5 W/m<sup>2</sup> K. Questo risultato rappresenta un rilevante miglioramento nelle prestazioni termiche delle finestre.

**I materiali cromogenici** - Per il controllo del surriscaldamento estivo, nel caso in cui non si possa disporre di elementi schermanti esterni, presentano un particolare interesse i materiali cromogenici.

Questi materiali, applicati tra due lastre di vetro, hanno la capacità di controllare la radiazione solare, entrante all'interno di un edificio. La trasmissione ottica nel campo del visibile di tali materiali può variare dall'80% al 5-10%. Tali materiali cambiano le loro caratteristiche di trasmissione ottica al variare della radiazione solare incidente (fotocromici), della temperatura (termocromici) o all'applicazione di un campo elettrico (elettrocromici). Ciò si manifesta con una commutazione, reversibile, da uno stato trasparente ad uno parzialmente riflettente o assorbente. Questo meccanismo può avere due tipi di attivazione: elettrica e non elettrica. I materiali attivati elettricamente sono:

elettrocromici; a cristalli liquidi; a particelle disperse (elettroforetici); a deposizione reversibile. Quelli attivati non elettricamente sono: fotocromici; termocromici. I primi hanno il vantaggio di essere controllati dagli utenti, i secondi di essere auto-regolanti.

**I materiali elettrocromici** cambiano le loro proprietà ottiche, che possono essere reversibili, per mezzo delle azioni di un campo elettrico. I maggiori vantaggi di questi materiali sono: l'elettricità è necessaria solo durante la commutazione; richiedono un basso voltaggio per operare la commutazione (1,5 volt); sono speculari in tutte le condizioni; hanno il potenziale per un'ampia produzione.

### **(Segue prospettive di sviluppo)**

**Sistemi di canalizzazione della luce naturale** - Questi dispositivi hanno la funzione di captare la luce e di condurla, mediante il sistema della riflessione dei raggi luminosi, nelle zone ove essa è più carente. Essi vengono posti: negli ambienti esposti a nord e con aperture limitate sulla facciata per evitare le dispersioni di calore; negli ambienti interni senza aperture; negli ambienti di grandi dimensioni in cui vi siano delle zone lontane da fonti luminose dirette (finestre). I sistemi di trasporto a distanza della luce naturale sono di due tipi: sistemi traccianti e sistemi non traccianti. I sistemi traccianti implicano l'impiego di cavi contenenti fibre ottiche, mentre quelli non traccianti implicano l'utilizzazione di specchi, canalizzazioni e materiali diffondenti.

**Gli elementi olografico ottici** - Nuove soluzioni per sfruttare meglio la luce diurna, sia nelle condizioni di cielo coperto che durante i periodi di illuminazione solare diretta, prevedono l'impiego di elementi olografico-ottici (Hoe). Tali materiali permettono la realizzazione di una distribuzione più omogenea della luce diurna negli spazi interni. Il vetro dotato di pellicole olografiche apre molteplici possibilità di applicazione, nelle costruzioni bioclimatiche, come nell'ambito del miglioramento della qualità dei posti di lavoro e nel trattamento con luci e colori dell'involucro esterno degli edifici.

Gli ologrammi vengono prodotti mediante laser sotto forma di pellicole sottili e successivamente incorporate all'interno di lastre trasparenti di vetro stratificato.

Mediante l'effetto fisico della diffrazione, essi guidano la luce analogamente agli specchi, prismi, lenti ed altri elementi ottici, senza peraltro diminuire in maniera significativa la trasmissione della radiazione solare. La gamma di applicazioni per i vetri dotati di pellicole olografiche è molto ampia, consentendo di ottenere un miglioramento della distribuzione dell'illuminazione diurna mediante la deviazione controllata della radiazione solare sia diffusa che diretta.

## **ATTUABILITÀ NEL TERRITORIO COMUNALE**

In ambito comunale si può considerare la possibilità di adeguamento del regolamento edilizio riguardo le prospettive di impiego di materiali trasparenti nelle superfici vetrate degli edifici nell'edilizia esistente e in quella di nuova costruzione con idonee caratteristiche che rispondano ai requisiti di risparmio energetico.

Si può prevedere, inoltre, una campagna di informazione e sensibilizzazione dell'opinione pubblica sui vantaggi che si possono ottenere in termini di risparmio economico, energetico e ambientale con un maggior isolamento termico delle superfici finestrate.

Considerando valide per il decennio 2010- 2020 le previsioni fatte per gli anni 2000-2010 nel precedente PEAC, la superficie di materiale trasparente potrà essere dell'ordine di 245.000 m<sup>2</sup> di cui 86.000 m<sup>2</sup> per il residenziale, 45.000 m<sup>2</sup> per le zone artigianali e 112.500 m<sup>2</sup> per gli edifici ristrutturati.

## **NOTE**

**Vedere anche schede C4.a, C4.b, C4.c e C2.b**