Efficientamento Energetico
del Complesso Sportivo Comunale

PROGETTO ESECUTIVO

- ☐ **A.1 RELAZIONE GENERALE**
- ☑ **A.2 RELAZIONE TECNICO-SPECIALISTICA**
- ☐ **A.3 ELABORATI GRAFICI**
- ☐ **A.4 CALCOLI ESECUTIVI STRUTTURE E IMPIANTI**
- ☐ **A.5 PIANO DI MANUTENZIONE DELL'OPERA E DELLE SUE PARTI**
- ☐ **A.6 PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO**
- ☐ **A.7 QUADRO DI INCIDENZA DELLA MANODOPERA**
- ☐ **A.8 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO**
- ☐ **A.9 ELENCO PREZZI**
- ☐ **A.10 ANALISI PREZZI**
- ☐ **A.11 QUADRO ECONOMICO**
- ☐ **A.12 CRONOPROGRAMMA**
- ☐ **A.13 SCHEMA DI CONTRATTO**
- ☐ **A.14 CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO**

Il Progettista, Geom. Sebastiano Leonardi

COMUNE DI GAGGI (ME) - AREA TECNICA

Visto si esprime Parere favorevole in linea tecnica, ai sensi dell'art. 5 della L.R. n. 12 del 12/07/2011.

Il Responsabile Unico del Procedimento
(Arch. Carlo Paglierani)

COMUNE DI GAGGI (ME) - AREA TECNICA

Gaggi, 03/09/2019

COMUNE DI GAGGI
Via E. BERLINGUER, 98030 Gaggi (ME)
Tel. +39 0942 630013 – PEC. protocollo@pec.comunegaggi.it

INDICE

1. Premessa 3

2. Efficientamento energetico involucro 4

2.1. Sostituzione chiusure verticali trasparenti 4

2.1.1. Descrizione 4

2.1.2. Posa in opera 13

3. Efficientamento energetico impianti tecnologici 14

3.1. Relamping 14

3.1.1. Descrizione 14

3.1.2. Posa in opera 18

4. Impianti da fonte di energia rinnovabile 19

4.1. Installazione impianto fotovoltaico 19

4.1.1. Descrizione 19

4.1.2. Posa in opera 20

4.2. Installazione impianto solare termico 21

4.2.1. Descrizione 21

4.2.2. Posa in opera 24

1. Premessa

La presente relazione riguarda, in dettaglio, le scelte progettuali e le caratteristiche tecniche degli interventi di efficientamento energetico e tecnologico individuati in una fase preliminare di audit e fatti oggetto del progetto esecutivo.

Nello specifico, gli interventi si focalizzano prevalentemente sugli impianti tecnologici rispondendo alle carenze riscontrate.

L'involucro edilizio degli spogliatoi sarà efficientato energeticamente attraverso:

- la sostituzione degli infissi e il ripristino dei materiali di rivestimento delle superfici opache verticali e orizzontali.

Gli impianti tecnologici saranno efficientati energeticamente e tecnologicamente attraverso:

- il relamping esterno (campi, tribune e piazzali) e interno (spogliatoi);
- l'installazione di un impianto fotovoltaico con accumulo sulla copertura degli spogliatoi;
- l'installazione di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.

2. Efficientamento energetico involucro

2.1. Sostituzione chiusure verticali trasparenti

2.1.1. Descrizione

La scelta di serramenti opportuni è un'operazione di fondamentale importanza nella progettazione termica degli edifici, sia in caso di realizzazione di nuovi edifici che in quello di riqualificazione energetica. Attraverso le finestre avvengono durante tutto l'arco dell'intera giornata importanti scambi energetici, che consistono in apporti e dispersioni in grado di influenzare il bilancio energetico dei fabbricati. La progettazione termotecnica dell'edificio implica la scelta dei serramenti esterni con l'obiettivo, a seconda dell'ubicazione del fabbricato, dell'esposizione e della latitudine, di ridurre i consumi globali derivanti dall'esercizio durante tutto il periodo dell'anno.

Scegliere la tipologia di infissi da installare comporta l'individuazione del giusto compromesso tra alcuni fattori quali:

- isolamento termico
- isolamento acustico
- sicurezza
- estetica
- durata

I serramenti svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda il comfort degli ambienti interni; essi infatti devono soddisfare una serie di requisiti legati a varie esigenze, quali:

- illuminazione: i vetri dei serramenti permettono alla luce di entrare nei nostri ambienti per consentirci di sfruttarla secondo le nostre esigenze; è compito del progettista definire la giusta superficie vetrata in funzione della dimensione del vano e della sua destinazione d'uso, al fine di garantire il corretto rapporto aeroilluminante luce/superficie del vano
- tenuta alle intemperie: il serramento deve proteggere gli interni da intemperie, vento, pioggia e neve; la protezione dagli agenti atmosferici è la funzione fondamentale per contenere i costi di riscaldamento e condizionamento e per proteggere l'ambiente interno da impurità e sostanze inquinanti, rendendolo così pulito, vivibile e sano
- resistenza meccanica: i serramenti devono avere una buona resistenza meccanica e resistere alle varie sollecitazioni, in particolare a quelle dovute al vento e agli agenti esterni

- isolamento termico: devono fornire buone prestazioni energetiche al fine di garantire comfort termico all'interno dell'unità immobiliare, contenendo i costi per il riscaldamento e il condizionamento
- ventilazione: ogni locale occupato da persone deve essere costantemente areato; la finestra ha lo scopo di assicurare i giusti ricambi d'aria per il benessere di chi occupa i locali. In particolare gli infissi devono soddisfare esigenze di ventilazione o di microventilazione con l'obiettivo di garantire:
    - il ricambio d'aria per riossigenare e rendere efficiente la respirazione delle persone
    - l'allontanamento dell'anidride carbonica emessa dall'uomo e dell'eventuale ossido di carbonio generato dalle fiamme
    - la diluizione di odori generati dalle persone, dal fumo prodotto dalle sigarette o dai contaminanti che derivano dalla cottura, dal lavaggio e dalle altre attività domestiche
    - la diminuzione dell'umidità dell'aria per evitare la condensa e la formazione delle muffe
- sicurezza: i serramenti devono garantire la giusta sicurezza nei confronti dell'eventuale ingresso da parte di malintenzionati e/o animali
- estetica: gli infissi devono soddisfare anche esigenze estetiche, per garantire il decoro e la bellezza dei locali interni; esiste una vasta gamma di colori e finiture in grado di coprire qualsiasi richiesta
- isolamento acustico: gli infissi devono proteggere gli occupanti dai rumori proveniente dall'ambiente esterno

Esistono in commercio svariate tipologie di serramenti. I principali materiali utilizzati per i telai sono i seguenti:

- legno
- alluminio
- PVC
- acciaio
- materiali misti

Ciascuna tipologia offre caratteristiche differenti. Di seguito si analizzano in dettaglio i materiali, con particolare attenzione a vantaggi e svantaggi di ciascuno di essi.

Il **legno** (Figura 26) è il materiale tradizionalmente più usato per la produzione di serramenti. Esso è caratterizzato da un basso coefficiente di trasmittanza termica, da un aspetto gradevole, dall'attitudine ad essere lavorato e dal soddisfacente comportamento in esercizio del serramento.

Le proprietà naturali del materiale sono: durabilità naturale, adeguata massa volumetrica, stabilità dimensionale in fase di esercizio, resistenza meccanica e rigidezza, durezza superficiale.

Le essenze più utilizzate sono: larice, abete, pino, castagno, rovere, iroko, hemlock, douglas, pitch-pine, legni lamellari.

Per migliorare la durata dell'infisso ed evitare l'insorgere di deformazioni e di fenomeni d'imbarcamento, il legno deve essere opportunamente essiccato. Inoltre, se il legno non presenta una sufficiente durabilità naturale, è indispensabile un trattamento preservante che abbia un'efficace azione contro funghi ed insetti.

Figura 1. Infisso in legno.

PROPRIETÀ DEL MATERIALE	
Vantaggi	**Svantaggi**
• durabilità naturale • adeguata massa volumetrica • stabilità dimensionale • resistenza meccanica • rigidezza • durezza superficiale • tenuta delle viti	• possibili deformazioni • attacco dagli agenti atmosferici • necessità di manutenzione ogni 5÷10 anni

PRESTAZIONI ENERGETICHE	
Larghezza media telaio	**Trasmittanza Termica U (W/m² K) - UNI EN 10077**
Legno 30 mm	2,20
Legno 50 mm	1,90
Legno 100 mm	1,42
Permeabilità all'aria	classe A3 (UNI EN 1026)
Tenuta all'acqua	classe E4 (UNI EN 1027)
Resistenza al vento	classe V3 (UNI EN 12211)

Figura 2. Caratteristiche infissi in legno.

I profili di legno sono gli elementi caratterizzanti le parti strutturali di un infisso e, per garantire una durata nel tempo del serramento, è necessario un corretto dimensionamento dello spessore, della larghezza media e della loro lunghezza.

Sempre più spesso si usano i legni lamellari, che garantiscono buona stabilità all'infisso, ottenuti per incollaggio di sottili elementi uniti tra loro in modo da sfalsare i nodi per controbilanciare la tendenza all'imbarcamento di ciascun elemento.

L'infisso in legno deve essere opportunamente protetto dagli agenti esterni (umidità e radiazioni ultraviolette) mediante l'uso di vernici; recentemente si stanno diffondendo materiali protettivi provenienti dalle nano-tecnologie.

Gli infissi, realizzati con cura e precisione, conservano un'ottima tenuta nel tempo e resistenza meccanica, tuttavia richiedono operazioni di manutenzione, come ad esempio il trattamento con particolari vernici o impregnanti, da effettuare mediamente ogni 5 anni.

Di seguito si riporta una tabella di riepilogo con le caratteristiche principali, i vantaggi e i limiti dei serramenti con telaio in legno.

L'**alluminio** (Figura 28) utilizzato per la fabbricazione dei profili dei serramenti è costituito da leghe di silicio e magnesio, con basse percentuali di rame. Infatti, legare l'alluminio con un altro materiale significa migliorarne le caratteristiche fisiche, di finitura e di lavorazione.

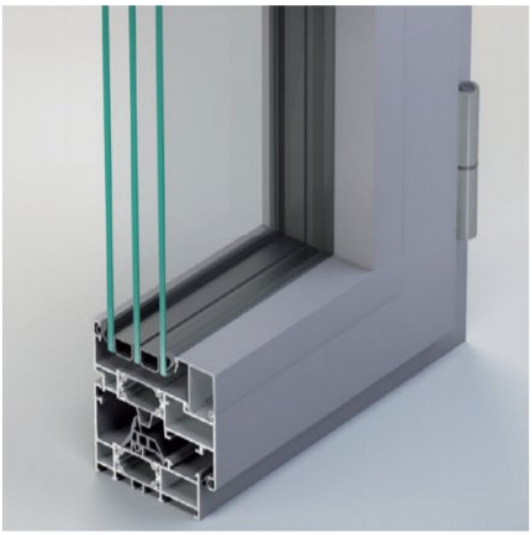

Figura 3. Infisso in alluminio.

Altri metalli che possono formare leghe con l'alluminio sono lo zinco e il manganese.

I serramenti in alluminio possono presentarsi al naturale, ossia con l'aspetto e il colore che derivano dal processo di ossidazione anodica, oppure possono essere colorati per elettrocolorazione o verniciati con resine sintetiche.

L'alluminio ha numerose proprietà quali: resistenza, leggerezza, buone proprietà meccaniche, buona tenuta agli agenti atmosferici. Quest'ultima proprietà fa si che i serramenti in alluminio

abbiano una buona durabilità nel tempo; tuttavia l'alluminio è un buon conduttore di calore, proprietà che non è molto utile alla realizzazione di serramenti.

Per ridurre i valori di trasmittanza dei profili si realizza il cosiddetto "taglio termico". I profilati a taglio termico si basano sul principio dell'interruzione della continuità del metallo attraverso l'inserimento di un opportuno materiale a bassa conducibilità termica in corrispondenza di una camera interna al profilato.

Il sistema più diffuso consiste nell'iniettare una schiuma poliuretanica all'interno del profilato estruso e provvedere alla successiva asportazione meccanica di strisce dell'estruso.

Relativamente alla tenuta agli agenti atmosferici la produzione attuale si avvale di infissi a "giunto aperto". Infatti, la guarnizione esterna utilizzata nei serramenti normali non è sufficiente ad evitare infiltrazioni di aria ed acqua all'interno del serramento quando, ad esempio, in presenza di elevata pressione esterna il profilo dell'anta tende ad inflettersi determinando il distacco della guarnizione dal controtelaio.

Nel caso di infissi "a giunto aperto" l'acqua, eventualmente penetrata all'interno, viene drenata attraverso fori di scarico grazie ad un fenomeno di equilibrio della pressione interna al profilato con quella esterna, che rende noto questo tipo di giunto anche con il nome di "giunto a compensazione di pressione". La ricerca degli ultimi anni agisce sull'assottigliamento dei setti, per ridurre la conduttività, su una compartizione più evoluta della camera del telaio per minimizzare le dispersioni termiche e sull'aumento dello spessore del taglio termico.

PROPRIETÀ DEL MATERIALE	
Vantaggi	**Svantaggi**
• resistenza e leggerezza • buona tenuta agli agenti atmosferici • durabilità • bassi costi di manutenzione • possibilità di avere grandi luci • lavorabilità	• Elevata conduzione termica (necessità di taglio termico)

PRESTAZIONI ENERGETICHE	
Tipo di telaio	**Trasmittanza Termica U (W/m² K)**
Telaio a taglio termico	3,1 - 3,7
Senza taglio termico	7 - 5
Permeabilità all'aria	classe A3 (UNI EN 1026)
Tenuta all'acqua	classe E3 (UNI EN 1027)
Resistenza al vento	classe V3 (UNI EN 12211)

Figura 4. Caratteristiche infissi in alluminio.

Il **PVC**, polivinilcloruro, (Figura 30) è stato introdotto nel marcato negli anni '50 e si è fortemente sviluppato grazie ai costi particolarmente contenuti e alle caratteristiche di isolamento, stabilità agli urti, resistenza agli agenti atmosferici.

Il PVC si presenta sottoforma di polvere composta per il 57% da sale e il 43% da petrolio che, miscelata con vari additivi, viene trasformata in prodotto finito. In base al tipo e alla percentuale di tali sostanze aggiunte, si ottengono differenti formulazioni di PVC, dai materiali flessibili simili (alla gomma) ai materiali rigidi.

I profili sono ottenuti attraverso un processo di estrusione a caldo. La produzione è molto vasta e consente di avere profili di diverse dimensioni, complanari all'esterno, a gradino ecc. La camera centrale è spesso rinforzata con un profilo di acciaio zincato.

Nei serramenti in PVC l'evoluzione è consistita soprattutto nell'aumentare il numero di camere in modo da massimizzare la stabilità finale del profilo.

Figura 5. Infissi in PVC.

PROPRIETÀ DEL MATERIALE	
Vantaggi	**Svantaggi**
• Impermeabilità • leggerezza • bassa conduttività termica • elevata durabilità • manutenzione ridotta • buon isolamento termico e acustico • economicità • stabilità cromatica	• bassa resistenza meccanica • elevata deformabilità

PRESTAZIONI ENERGETICHE	
Numero di camere	**Trasmittanza Termica U (W/m² K)**
PVC una camera	2,4
PVC 2-3 camere	1,6 - 1,9
Permeabilità all'aria	classe A3/ A4 (UNI EN 1026)
Tenuta all'acqua	classe E7 (UNI EN 1027)
Resistenza al vento	classe V3 (UNI EN 12211)

Figura 6. Caratteristiche infissi in PVC.

L'**acciaio** è impiegato sotto forma di profilati o estrusi speciali per telai e di lamiere di vario spessore per i tamponamenti. I profilati di acciaio sono adatti a ricoprire luci elevate: sono indeformabili e, se muniti di opportune guarnizioni, assicurano una buona tenuta all'aria.
Il maggiore inconveniente è dato dall'ossidazione del metallo, per cui necessitano di opportuni trattamenti di protezione superficiale (protezione galvanica, cataforesi e zincatura).
Anche per i serramenti in acciaio "a risparmio energetico", come per quelli in alluminio, la produzione punta su profili a taglio termico. produzione punta su profili a taglio termico.
I serramenti possono essere composti da varie tipologie di vetri.
I **vetri singoli e sottili** sono ormai, oltre che sconsigliati, quasi spariti dalla produzione di serramenti e soppiantati dal vetro camera.
Il **vetro camera** (Figura 32) è generalmente formato da due o tre lastre di vetro separate da opportune intercapedini, solitamente riempite d'aria o altri gas.

Figura 7. Vetrocamera.

Le lastre possono essere formate da vetro monolitico o da vetro stratificato, costituito da due lastre incollate con una speciale pellicola detta PVB, che ne aumenta la resistenza.
La struttura dei vetri viene solitamente indicata con 3 numeri, come ad esempio "4-9-4", che sta ad indicare che il vetro interno ha spessore 4 mm, l'intercapedine è di 9 mm e il vetro esterno è spesso 4 mm.
Al variare degli spessori e dei materiali utilizzati variano le prestazioni energetiche della vetrata.
La presenza dell'intercapedine è un fattore fondamentale per migliorare il flusso termico tra interno ed esterno: essa, infatti, impedisce al calore di fuoriuscire durante l'inverno e, viceversa, di entrare in estate.

Nell'intercapedine, al posto dell'aria è possibile inserire gas nobili (più pesanti dell'aria) come argon e kripton. Questi rallentano ancora di più il flusso di calore da una lastra all'altra.
Nell'illustrazione successiva è riportato il valore della resistenza termica dell'intercapedine al variare dello spessore e del gas di riempimento usato. Si nota come i risultati migliori si ottengono con il gas Kripton.

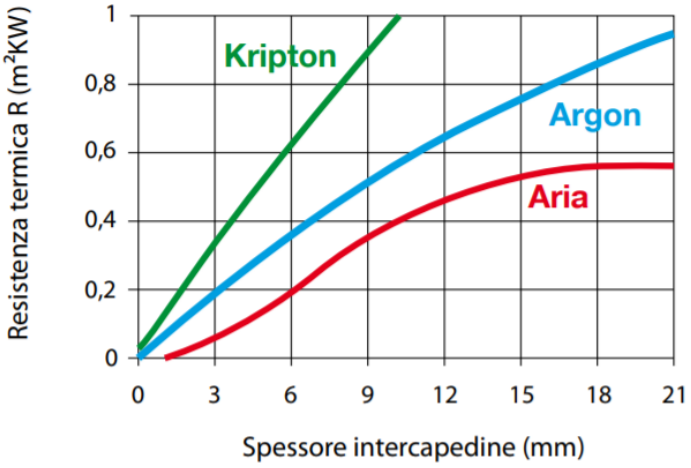

Figura 8. Resistenza termica delle intercapedini con gas.

La ricerca e lo sviluppo tecnologico in campo vetrario hanno permesso di raggiungere elevatissimi livelli di isolamento termico per il vetrocamera, abbassandone notevolmente la trasmittanza termica. Questo è stato possibile, oltre alla sostituzione dell'aria con gas nobili, operando sulle componenti radiative della vetrata isolante mediante particolari vetri dotati di depositi selettivi.
La riduzione della componente radiativa del vetrocamera si ottiene modificando le caratteristiche spettrofotoniche dei vetri, tramite il deposito molecolare di ossidi e metalli particolarmente selettivi in grado di riflettere la radiazione puramente termica.
In pratica, con l'uso dei **vetri a "bassa emissività"** si riesce a riflettere verso l'interno parte del calore emesso come radiazione termica dai corpi contenuti nei locali abitati, riducendo notevolmente la dispersione termica. Il calore viene riflesso dalla lastra trattata analogamente a quanto accade con uno specchio che riflette la radiazione puramente luminosa.
Il vetro basso emissivo altro non è che un vetro isolante, costituito da due o più lastre distanziate da uno o più profili distanziatori.
Un vetro isolante differisce da un vetro semplice, perché dotato di un particolare trattamento, grazie a cui si riescono a contenere le dispersioni.
Il vetro di partenza è sempre un vetro float, cui però si aggiungono 4 diversi tipi di strati: strato di adesione, strato d'argento, strato selettivo, strato di riempimento.

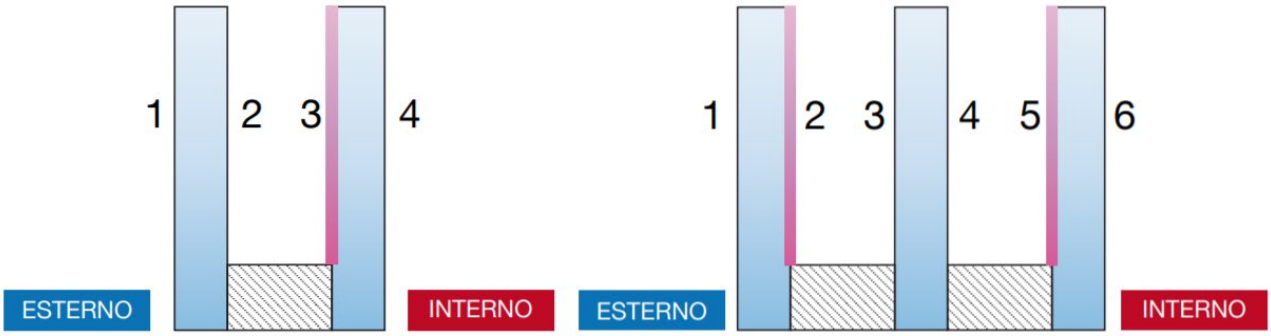

Figura 9. Schemi vetri basso-emissivi.

Il **vetro a controllo solare** è un prodotto ad elevato contenuto tecnologico che consente il passaggiodella luce solare attraverso una finestra, operando contemporaneamente la riflessione all'esterno di gran parte del calore solare.

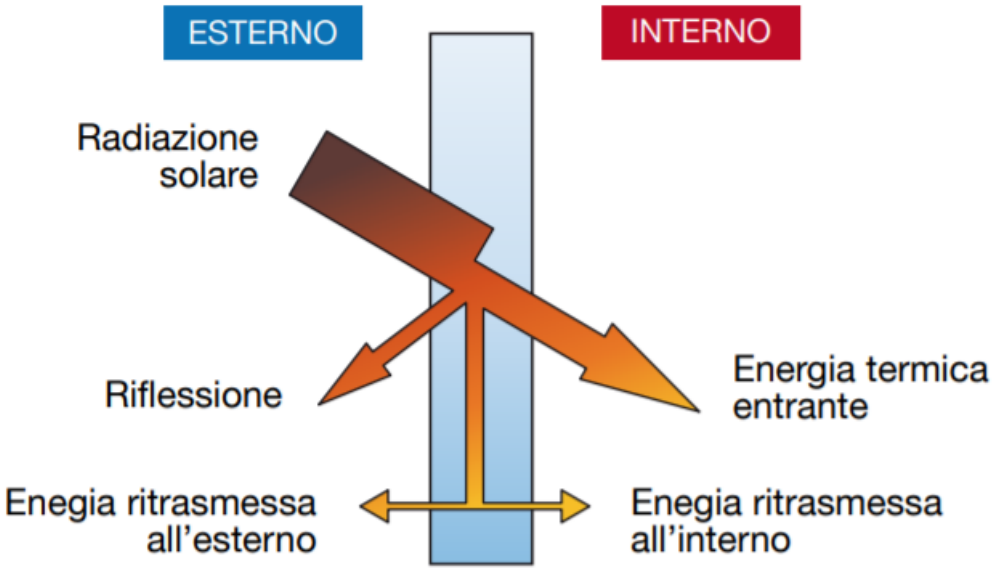

Figura 10. Vetro a controllo solare.

In particolare, la componente radiativa solare ad onda corta (IR-corta) viene schermata dal vetro a controllo solare riducendo il flusso termico in ingresso.

Ciò è possibile grazie ad un particolare strato, denominato coating, di metalli trasparenti di spessore microscopico applicati su una superficie del vetro che è in grado di riflettere il calore verso l'esterno, che consente di avere delle prestazioni di riflessione e/o assorbimento molto più elevate rispetto a quelle dei vetri tradizionali, non coatizzati. Un altro vantaggio offerto dai vetri a controllo solare è la riduzione riflesso abbagliante causato dalla luce solare diretta.

Il vetro a controllo solare è indicato in situazioni dove un eccessivo apporto di calore solare può costituire un problema in varie applicazioni come ad esempio verande di ampie dimensioni, passerelle pedonali vetrate, facciate di edifici.

2.1.2. Posa in opera

Per il presente progetto è stato individuato un infisso in PVC con vetrocamera 4-6-4 e trasmittanza pari a 2.0 W/(m²/K).

In generale, le vetrate soddisferanno i seguenti requisiti:

- Protezione contro lo scasso;
- Controllo della Rottura del vetro;
- Limitazione dell'eccessiva radiazione solare nei luoghi di lavoro;
- Protezione dalle temperature troppo alte o troppo basse mediante misure tecniche locali o attrezzature di protezione individuale;
- Corretta illuminazione, evitando la riflessione e l'abbagliamento.

In particolare, gli infissi dovranno rispondere alla normativa europea ed essere realizzati con vetri antisfondamento sia all'interno che all'esterno dell'infisso, di classe 2B2, come prescritto dalla direttiva UNI EN 12600, e di classe 1B1 per le superfici finestrate ad altezza parapetto fino a cm 90 da terra o comunque a pericolo di caduta.

Inoltre, le ante verranno realizzate:

- a battente.

L'intervento prevede le seguenti fasi operative:

- Smontaggio degli infissi esistenti;
- Ripristino della muratura se danneggiata;
- Montaggio dei nuovi serramenti.

3. Efficientamento energetico impianti tecnologici

3.1. Relamping

3.1.1. Descrizione

Il settore delle tecnologie per l'illuminazione è in continua evoluzione e consente di conseguire risparmi energetici elevati, offrendo nel contempo un valore aggiunto molto importante rappresentato da un comfort visivo migliore.
Ciò è particolarmente importante sia nel terziario che nel settore delle piccole e medie industrie dove un incremento dell'efficienza nell'illuminazione, oltre a produrre effetti economici diretti grazie al risparmio energetico, può consentire miglioramenti produttivi di una certa consistenza legati al maggior comfort dei dipendenti (riduzione dell'assenteismo, maggior produttività).
Se da un lato la sostituzione e/o l'upgrade dei modelli di lampade con prodotti di mercato sempre nuovi consente notevoli margini di risparmio energetico, giova considerare che, nella gestione degli impianti esistenti, un utilizzo più efficiente delle apparecchiature per l'illuminazione si fonda, a livello tecnico, principalmente su un uso adeguato di apparecchi in grado di procedere alla regolazione del flusso emesso dalle sorgenti luminose.
Considerando che la percentuale di consumo energetico per illuminazione sul consumo energetico globale è in ambito stabilimento pari a circa il 4÷5 % e in ambito uffici pari a circa il 50%, in considerazione degli alti margini di riduzione raggiungibili è intuibile come una razionalizzazione degli impianti in essere possa condurre ad un risultato di tangibile rilevanza sulla riduzione dei consumi totali.
I fattori illuminotecnici che caratterizzano le principali sorgenti luminose, ponendo in rilievo quelli che maggiormente possono influenzare la ricerca dell'efficienza, sono:

- Illuminamento: unità di misura è il lux (lm/m2), è il flusso luminoso incidente su una superficie di area unitaria, e che rappresenta la classe di qualità per la limitazione dell'abbagliamento diretto.
- Efficienza luminosa delle sorgenti luminose: è data dal rapporto fra il flusso luminoso emesso, all'inizio del ciclo di vita, e la potenza elettrica assorbita comprensiva di quella dovuta agli accessori connessi alla sorgente stessa, viene espressa in lm/W (lm acronimo di lumen).
- Temperatura di colore: tiene conto della tonalità della luce emessa da una sorgente luminosa ed è espressa in gradi Kelvin (K). Viene determinata per confronto con quella di un corpo nero riscaldato ad una temperatura compresa fra 2000 e 10000 K. Pertanto

si definisce "fredda" una luce con Tcolore > 5300 K, neutra con Tcolore 3300 ÷ 5300 K e calda con Tcolore <3300 K.

- Indice di resa cromatica "Ra": esprime il grado di fedeltà della sorgente luminosa nell'apprezzamento delle sfumature di colore degli oggetti che essa illumina. Variabile in una scala compresa fra 0÷100, è ottenuto comparando l'illuminamento della lampada in esame a quello ottenuto, su un set di colori campione, con una sorgente a corpo nero portata ad una temperatura di colore prossima a quella della lampada stessa.
- Durata di vita della lampada. Sussistono varie possibilità di definizione:
    - vita tecnica individuale: ore di accensione dopo le quali il funzionamento cessa;
    - vita media: tempo dopo cui il 50% delle lampade di un lotto cessa di funzionare;
    - vita economica: tempo dopo il quale il flusso emesso da un lotto di lampade è calato del 30%se trattasi di lampade per esterno, del 20% se da interno.

La normativa vigente in ambito illuminotecnico è basata, per quanto riguarda il settore d'uso industriale, sulle norme UNI 10380/A1 (1999) e UNI EN 12464-1 (2002).

Essa si applica agli impianti nuovi e ai rifacimenti sostanziali (adeguamenti) di impianti esistenti ed ha l'obiettivo di definire le prestazioni illuminotecniche che un impianto deve avere in funzione della sua destinazione d'uso ed in considerazione del fatto che "… influisce sulla capacità visiva, sull'attività, sulla sicurezza e sul benessere delle persone".

Le indicazioni fornite riguardano principalmente:

- livelli ed uniformità di illuminamento;
- ripartizione delle luminanze;
- limitazione dell'abbagliamento;
- direzionalità della luce;
- colore della luce;
- resa del colore.

In particolare, si ipotizza un illuminamento pari a 300 lux, tenendo conto di alcune indicazioni riportate nella Norma UNI EN 12464.

Si riporta, di seguito, un breve elenco delle tipologie di lampade oggi più diffuse presso utenze esistenti, evidenziando i prodotti in fase di dismissione, quelli che ancora rappresentano una buona soluzione tecnica e le lampade più efficienti sul mercato.

- **Lampade ad incandescenza a ciclo di alogeni** (Figura 36): lampade in fase di dismissione, con efficienza fino a 25 lm/W, temperatura di colore fra i 2900÷3200 K e resa cromatica ottimale. Durata media di vita 2000 h.

Figura 11. Lampada ad incandescenza a ciclo di alogeni.

- **Lampade a fluorescenza tubolari lineari** (Figura 37): lampade di gran lunga più diffuse in commercio. L'efficienza luminosa è variabile fra i 45 ed i 104 lm/W (limite teorico), sostanzialmente funzione del tipo di polveri fluorescenti utilizzate e, grazie a reattori elettronici ad alta frequenza, è possibile aumentarla di un 10%. La temperatura di colore varia da 2900 a 5500 K. Vita media, 5000 h.

Figura 12. Lampada a fluorescenza tubolare lineare.

- **Lampade ai vapori di sodio ad alta pressione**: fanno parte della categoria delle lampade ad alta densità di scarica e sono utilizzate prevalentemente nell'illuminazione di stabilimenti in quanto presentano un'elevata efficienza luminosa coprendo, nel contempo, un arco di potenze che va da 50 a 1000 W. Garantiscono una Ra 20÷85, un'efficienza luminosa 70÷120 lm/W, e durata di vita economica tra le 9000 e le 12000 ore.
- **Lampade ai vapori di sodio a bassa pressione**: usate nell'illuminazione di spazi esterni allo stabilimento e nel campo delle segnalazioni di sicurezza all'interno di uffici e stabilimenti. Si presentano nella forma di bulbi tubolari di vetro contenenti al loro interno il tubo a scarica ripiegato ad U. Il colore della luce emessa è quasi monocromatico, di qui l'efficienza molto alta variabile da 100÷200 lm/W a seconda della potenza.

- **LED** (Figura 38): lampade basate su tecnologia a semiconduttori, rappresentano la vera rivoluzione nel campo dell'illuminazione degli ultimi 5 anni. Una peculiarità che contraddistingue questa tecnologia di illuminazione è legata al fatto che le sorgenti LED non generano luce bianca (il colore della luce emessa dal LED dipende dal materiale usato) ma ottengono il "bianco" attraverso la sintesi additiva dei tre colori fondamentali, RGB. L'efficienza oggi media dei LED è dell'ordine dei 70÷90 lm/W con l'obiettivo di superare i 100 lm/W per prodotti "da banco" e su tutte le gradazioni di colore e temperatura. Attualmente sono già disponibili prodotti di vario tipo, dalla plafoniera da incasso (che sostituisce i vecchi "quadrotti" 60 × 60 cm) fino agli spotlight da 50 W. Grazie alla direzionalità ed all'angolo di luce facilmente modificabile grazie ad ottiche ad hoc, oggi i LED consentono risparmi energetici fino al 50% rispetto alle già efficienti lampade fluorescenti lineari.

Figura 13. LED.

Le strategie principali consistono nell'ottimizzare la gestione degli impianti esistenti e nel sostituire i corpi illuminanti con prodotti più performanti. Pertanto, in ordine di investimento crescente, le tecniche di ottimizzazione si possono così riassumere:

- **Spegnimento automatico degli impianti quando non utilizzati**: grazie ad orologi, sensori di presenza (es. dei bagni), etc.
- **Massima utilizzazione della luce naturale**: l'opportunità di integrare la luce artificiale con quella del sole consente di ottenere il più significativo risparmio energetico. Per far ciò sarà necessario regolare automaticamente, tramite fotosensore posto nelle vicinanze del luogo interessato o eventualmente all'esterno dell'edificio, sia esso stabilimento, laboratorio o ufficio, il flusso emesso dalle lampade in relazione al livello che viene assicurato sul piano di lavoro dalla luce naturale.
- **Riduzione del flusso luminoso**: grazie a sistemi che modificano la tensione di alimentazione delle lampade (autotrasformatori, inverter, ecc.) è possibile ridurre fino al livello di illuminamento minimo normativo, il flusso luminoso degli impianti esistenti. Controindicazione: non tutte le lampade si prestano ad operare, o mantengono

efficienze e qualità di illuminazione accettabili, quando soggette a variazione della tensione di alimentazione.

- **Utilizzo di sorgenti luminose di massima efficienza**: la vasta disponibilità di sorgenti esistente, rende necessaria un'attenta valutazione di quale sia tra esse la più adatta a ciascuna tipologia di lavoro o compito. Tuttavia in casi in cui la lunghezza del fascio luminoso richiesto non superi i 5 metri, si può affermare che oramai la tecnologia verso la quale i vari player si orientano è il LED, soprattutto nel settore terziario.

3.1.2. Posa in opera

L'intervento consiste nello smontaggio dei punti luce esistenti e nel montaggio dei nuovi dispositivi LED sia all'interno che all'esterno.
Negli spogliatoi, inoltre, saranno riviste le linee elettriche dal punto di comando al punto luce.

4. Impianti da fonte di energia rinnovabile

4.1. Installazione impianto fotovoltaico

4.1.1. Descrizione

Un impianto fotovoltaico sfrutta la radiazione solare per produrre energia elettrica. Questa tecnologia permette la conversione diretta della fonte primaria nel vettore energetico elettricità. L'elemento che consente tale trasformazione è la cella fotovoltaica generalmente composta di un elemento semiconduttore in grado di sviluppare una differenza di potenziale se sottoposta a radiazione solare.

Un impianto fotovoltaico viene generalmente collegato alla rete elettrica di distribuzione (detto quindi "grid connected") con lo scopo di fornire il servizio elettrico per soddisfare parzialmente il fabbisogno energetico dell'utenza alla quale è collegato. In tal senso, l'utilizzo della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio del combustibile;
- nessun inquinamento acustico;
- l'assenza di organi in movimento;
- una ridotta manutenzione.

Le applicazioni degli impianti fotovoltaici sono numerosissime sia nel settore civile che in quello industriale. Tuttavia, negli ultimi anni, soprattutto grazie alle politiche incentivanti, l'installazione degli impianti fotovoltaici è stata finalizzata alla riduzione dei consumi di energia elettrica attraverso l'immissione dell'energia elettrica direttamente nella rete di distribuzione.

In altri ambiti, il ricorso ad impianti fotovoltaici è necessario laddove non sia disponibile una rete elettrica (riserve, parchi, zone montane, ecc.). In tal caso, gli impianti sono del tipo "stand alone" normalmente corredati di sistemi di accumulo per garantire l'erogazione di potenza elettrica anche durante le ore notturne o, comunque, con scarso soleggiamento.

I componenti dell'impianto fotovoltaico collegato in parallelo alla rete sono:

- moduli fotovoltaici: Un generatore fotovoltaico è composto da alcune "stringhe" di moduli fotovoltaici connessi tra loro in serie. Le stringhe sono connesse in parallelo tramite quadri di campo CC. La stringa può essere provvista di opportuno sezionatore e diodo di blocco ed è protetta contro le sovratensioni per mezzo di scaricatori (uno per ogni polo) collegati a terra. I moduli fotovoltaici possono essere di tipologia, dimensioni

e potenza diversi a seconda della scelta progettuale. Come principale differenza tra le varie tipologie dei moduli in silicio si distingue tra:

  - moduli monocristallini (cristalli di silicio uniformemente orientati) con le maggiori efficienze di trasformazione, dell'ordine del 15-20%;
  - moduli policristallini (cristalli di silicio orientati in modo casuale) con efficienze minori, dell'ordine del 12-15% ma con un buon rendimento in condizioni di irraggiamento non ottimali;
  - moduli in silicio amorfo (deposito di micro-cristalli su supporti sottili) con efficienze ancora più basse, non superiori al 10% ma con costi industriali decisamente minori e versatilità di installazione grazie alla disponibilità sul mercato di moduli flessibili, di geometrie diverse, ecc.;
- convertitori statici corrente continua corrente alternata (inverter): gli inverter hanno lo scopo di convertire la corrente continua prodotta dai moduli fotovoltaici in corrente alternata. Inoltre essi contengono una serie di dispositivi elettronici (MMPT, ovvero "maximum power point tracker") che, attraverso software di base, sono in grado di ottimizzare la produzione di energia elettrica modulando la corrente continua uscente dai moduli e la tensione di alimentazione dei moduli stessi. Gli inverter possono essere sia monofase che trifase (in funzione generalmente della taglia) e sono connessi tra di loro in parallello nel quadro generale AC.;
- trasformatore di isolamento;
- quadri di campo e quadro di raccolta DC;
- quadro di raccolta AC;
- quadro generale d'interfaccia rete.

Completano l'impianto fotovoltaico una serie di accessori non opzionali (cavi, interruttori, centraline di controllo rete, trasformatori di isolamento, ecc.) ed altri il cui impiego consente di migliorare la produzione di energia elettrica (sensori di temperatura, interfacce di comunicazione, ecc.).

4.1.2. Posa in opera

I moduli fotovoltaici verranno posti sulla copertura piana, paralleli alla superficie, con una leggera inclinazione per evitare il deposito di polvere o il ristagno di acqua. Gli inverter e l'accumulo verranno installati protetti all'interno del locale tecnico.

4.2. Installazione impianto solare termico

4.2.1. Descrizione

Gli impianti solari termici convertono l'energia della radiazione solare in energia termica e possono essere utilizzati sia per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS), sia per il riscaldamento degli ambienti (di solito ad integrazione dei sistemi tradizionali).

I **collettori solari** rappresentano la parte funzionale più importante, in termini di conversione energetica, di un impianto solare termico. Attualmente, esistono molte tipologie di collettori solari termici, diversi in funzione dell'applicazione.

Scopo di un qualsiasi collettore solare è la conversione della massima parte dell'energia elettromagnetica associata alla radiazione solare incidente in calore.

Al fine di rendere più facile e chiara la descrizione del principio di funzionamento di un collettore solare si farà riferimento ad una particolare tipologia di pannello, il collettore piano vetrato. Questo tipo di tecnologia è adatta alla maggior parte delle applicazioni e per questo risulta la più diffusa.

I collettori solari piani presentano una filosofia costruttiva molto semplice, dovuta ad un principio di funzionamento altrettanto elementare; infatti, qualsiasi "lastra" metallica esposta alla radiazione solare tende ad assorbirne parte di questa energia riscaldandosi (la capacità più o meno elevata di attuare questo fenomeno dipende dalle caratteristiche intrinseche della piastra).

Una piastra metallica di colore scuro, colpita dalla radiazione solare, l'assorbe ed aumenta la sua temperatura; l'energia termica raccolta viene trasferita per conduzione ad un fluido termovettore (in genere una miscela di acqua e glicole) che circola in tubazioni saldamente connesse alla piastra. Il calore prodotto viene inviato al serbatoio, dove viene accumulato per assicurare alle utenze la necessaria autonomia giornaliera.

Poiché, nelle condizioni operative, la piastra si trova ad una temperatura superiore a quella ambiente, tende a scambiare calore non solo con il fluido termovettore, ma anche con l'ambiente esterno. Al fine di utilizzare al meglio l'energia captata, i collettori piani vetrati sono studiati per minimizzare le perdite termiche. Un buon collettore avrà quindi spiccata attitudine a captare la radiazione solare e ridotta dispersione verso l'esterno.

I collettori piani vetrati sono costituiti da una piastra captante, al cui interno circola un fluido termovettore, sormontata da una lastra trasparente (di solito vetro) ed isolata posteriormente da materiale coibentante; il tutto racchiuso e protetto in una scatola di contenimento.

Riassumendo, i componenti di un collettore solare piano vetrato sono:

- Piastra captante;

- Copertura trasparente;
- Materiale isolante;
- Scatola di contenimento;
- Fluido termovettore.

La **piastra captante** è realizzata in rame o acciaio, è trattata superficialmente con vernici scure e opache (abbattono la riflessione ed aumentano l'assorbimento) e, in alcuni casi, selettive (bassa emissività per lunghezze d'onda caratteristiche della radiazione infrarossa, tipica di un corpo con una temperatura vicina ai 100 °C).

Funzione della piastra è trasferire il calore ai tubi ad esse collegati. Sono da privilegiare le soluzioni in cui la resistenza termica tra tali elementi sia minima (ad es. tubi e piastra saldati). Normalmente, le canalizzazioni sono realizzate per resistere a pressioni di 6 - 7 bar, ma alcuni tipi garantiscono la resistenza fino a 10 bar.

La **copertura** deve essere trasparente alle lunghezze d'onda della radiazione solare che trasmettono la maggior parte dell'energia e, contemporaneamente, opaca alla radiazione infrarossa che disperdono gran parte dell'energia alle temperature del pannello. I materiali più utilizzati per la sua realizzazione sono il vetro singolo (ottima trasparenza ma non blocca le perdite per convezione), il vetro doppio (diminuisce la trasparenza ma aumenta la capacità di isolamento termico) ed il policarbonato alveolare (leggero, economico, resistente, è caratterizzato da ridotte perdite per convezione rispetto al vetro singolo, ma è meno trasparente, tende ad opacizzarsi nel tempo e, pertanto, riduce il ciclo di vita del collettore).

Il **materiale isolante**, dalla struttura porosa o in fibra, deve ridurre al minimo le perdite per conduzione verso le superfici laterali ed inferiori del collettore. I materiali maggiormente utilizzati sono poliuretano, lana di poliestere, lana di vetro o lana di roccia (lastre, rotoli, schiume iniettate a pressione). L'isolamento termico diminuisce notevolmente nel caso di presenza di umidità (le strutture porose sono assimilabili a spugne); pertanto, sulle lastre di isolante viene posto un foglio di alluminio per limitare i fenomeni di condensa.

La **scatola di contenimento** conferisce compattezza e solidità meccanica al collettore ed ha lo scopo di proteggere gli elementi interni da sporcizia ed agenti atmosferici.

Per realizzarla sono solitamente impiegati materiali come l'acciaio inossidabile (di norma zincato e pre-trattato), l'alluminio anodizzato o, più raramente, la vetroresina.

A parità di quantità di calore da sottrarre, è necessario che il fluido **termovettore** sia caratterizzato da un'elevata densità ed un alto calore specifico, che non eserciti azione corrosiva sulle pareti del circuito, chimicamente inerte e stabile per temperature intorno ai 100°C. È inoltre necessario che il fluido scelto abbia durezza contenuta, basso punto di congelamento e bassa viscosità.

Tra i fluidi che rispondono a queste caratteristiche l'acqua sicuramente risulta la più adatta; tuttavia, al fine di limitare i problemi di durezza ed un punto di congelamento facilmente raggiungibile anche in zone temperate, nella maggior parte dei casi si utilizza la soluzione acqua-glicole etilenico o propilenico.

Come già accennato, solo parte della radiazione solare incidente viene effettivamente resa disponibile come calore nel fluido vettore (Figura 44); infatti, già la copertura non risulta perfettamente trasparente e parte della radiazione viene immediatamente riflessa e non raggiunge la piastra captante. La percentuale di energia incidente che riesce a passare dipende dalle caratteristiche ottiche della copertura e dalla posizione relativa di sole e collettore.

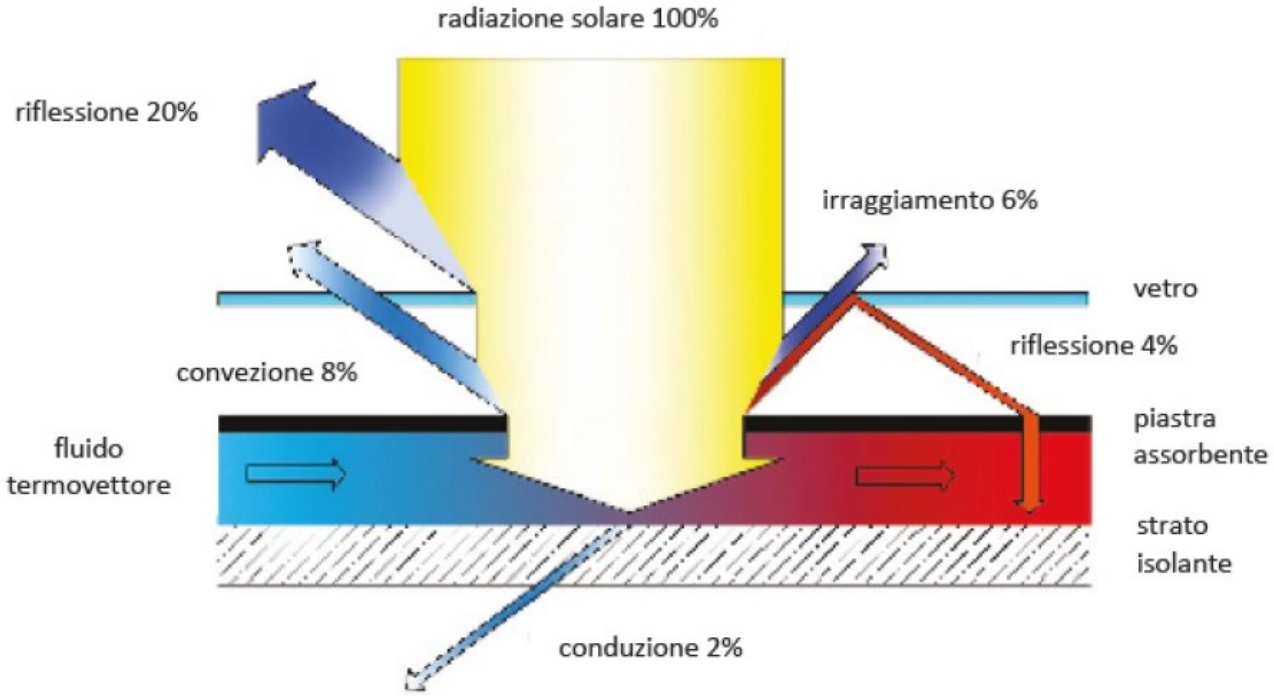

Figura 14. Flussi energetici in un collettore piano.

Come già osservato, una volta scaldatasi, la piastra captante inizia a scambiare calore sia con il fluido termovettore, sia con l'ambiente circostante (per conduzione, irraggiamento e moti convettivi dell'aria all'interno del collettore).

Lo strato isolante permette di limitare notevolmente le perdite per conduzione, sulle parti posteriori e laterali del collettore. Le perdite per irraggiamento verso l'esterno vengono limitate dalla copertura trasparente, opaca alla radiazione infrarossa (effetto serra).

Maggiori problematiche si hanno rispetto alle perdite per convezione, soprattutto in condizioni climatiche non favorevoli (bassa temperatura esterna).

Infatti, l'aria presente nell'intercapedine al di sotto della copertura, una volta scaldatasi a contatto con la piastra, grazie a moti convettivi, raggiunge la superficie trasparente (ottima conduttrice di calore) cedendogli parte del calore assorbito dalla piastra.

La tecnologia dei collettori sottovuoto permette di ridurre le perdite per convezione senza ridurre la trasparenza della copertura.

Al fine di valutare le prestazioni energetiche di un collettore solare piano occorre utilizzare la "**curva di efficienza istantanea**", che indica il rendimento dei pannelli in relazione alle caratteristiche costruttive, alle condizioni di lavoro e alla radiazione solare incidente. Tale curva viene fornita direttamente dalle case costruttrici dei pannelli.

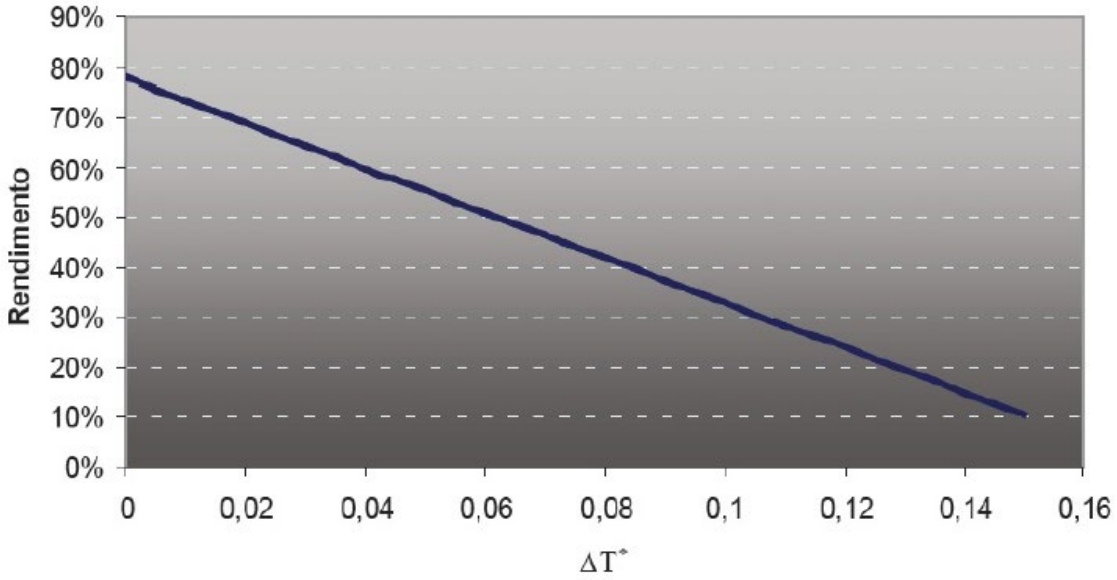

Figura 15. Curva di efficienza istantanea del collettore piano vetrato.

Attraverso questa curva è possibile valutare direttamente l'efficienza del sistema captante in funzione del parametro ΔT* che si ottiene come rapporto tra la differenza tra la temperatura media del fluido termovettore e la temperatura dell'aria esterna diviso il valore della radiazione solare.

Il rendimento istantaneo di un collettore solare è dato dalla seguente relazione:

$$\mu = A - B \cdot \Delta T^*$$

In cui i valori A e B sono dei parametri caratteristici del pannello considerato, mentre il ΔT* rappresenta le condizioni operative del pannello.

$$\Delta T^* = \frac{T_m - T_a}{I}$$

Tm = Temperatura media fluido termovettore (Tout-Tin)/2;

Ta = Temperatura ambiente esterno;

I = Potenza radiazione incidente (W/m2).

4.2.2. Posa in opera

I collettori solari verranno posti paralleli alla copertura, con una leggera inclinazione.