

**Committente: Comune di Varano de' Melegari**

Via Martiri della Libertà, 14 - 43040

Varano de' Melegari (PR)

**Progetto: Lavori di riqualificazione energetica della Sede Comunale del Comune di Varano de' Melegari**

*Interventi: isolamento termico a cappotto e della copertura, sostituzione dei serramenti, sostituzione dei corpi illuminanti, installazione impianto fotovoltaico.*

Edificio oggetto della proposta: Edificio comunale, via Martiri della Libertà, 14 – 43040 Varano de' Melegari (PR)

CUP: J94J23000260006

RUP:

**PROGETTO ESECUTIVO**

Art. 23 c.8 D.Lgs 18/04/2016 n.50

ELABORATO

N. E02A

**RELAZIONE SPECIALISTICA DEGLI INTERVENTI**

DATA EMISSIONE

20/04/2023

SCALA: -

PROGETTO DI:

**AzzeroCO<sub>2</sub>**  
il clima nelle nostre mani



azzero2.it

**AZZEROCO2 S.r.l.**  
Via Genova, 23 - 00184 Roma  
P.IVA/C.F. 04445650955

PROGETTISTA

(Ing. Sofia Santori)

DIRETTORE TECNICO

(Ing. Rocco Antonio Iannotti)

Rev.	DESCRIZIONE	DATA	EMISSIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	Prima emissione	20/04/2023	CDA, LP	SS	RAI

# Sommario

<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. L'ISOLAMENTO TERMICO.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Alcuni concetti e nozioni di base .....</b>	<b>2</b>
1.1.1. Cos'è l'isolamento termico .....	2
1.1.2. Condense e muffe .....	4
1.1.3. Traspirabilità.....	5
<b>1.2. Il quadro normativo.....</b>	<b>6</b>
1.3. Reazione al fuoco .....	8
1.4. L'efficacia del sistema di isolamento termico a cappotto.....	10
<b>1.5. Il sistema a cappotto .....</b>	<b>12</b>
1.5.1. Componenti .....	12
1.5.2. Caratteristiche e prestazioni attese dai vari componenti.....	12
<b>1.5.3. La corretta realizzazione del sistema cappotto.....</b>	<b>16</b>
1.5.4. La preparazione dei supporti.....	16
1.5.5. Posa dei profili di contenimento e di protezione .....	17
1.5.6. Posa dei pannelli isolanti .....	17
1.5.7. Fissaggio meccanico (tassellatura) .....	19
1.5.8. Elementi di rinforzo e protezione .....	21
1.5.9. Realizzazione della rasatura armata (intonaco di fondo con armatura) .....	21
1.5.10. Protezione del sistema .....	22
1.5.11. Realizzazione del rivestimento di finitura (intonaco di finitura) .....	23
<b>1.6. Isolamento termico della copertura .....</b>	<b>24</b>
<b>1.7. I componenti del sistema prescelto.....</b>	<b>25</b>
1.7.1. Caratteristiche tecniche dell'isolante per il cappotto termico esterno.....	25
1.7.2. Caratteristiche tecniche dell'isolante per l'isolamento della copertura .....	26
<b>2. SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1 Norma di riferimento .....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Descrizione dello stato di progetto.....</b>	<b>29</b>
<b>3. IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Caratteristiche elettriche dell'utenza e producibilità attesa dell'impianto .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Definizioni e prescrizioni.....</b>	<b>31</b>

3.3	Normativa tecnica di riferimento .....	31
3.4	Posizionamento impianto fotovoltaico.....	32
3.5	Schema elettrico generale .....	34
3.6	Calcoli e verifiche di progetto .....	36
4.	<b>RELAMPING CON LAMPADE AD ALTA EFFICIENZA (LED) .....</b>	<b>42</b>
4.1	Stato dell'impianto di illuminazione .....	42
4.2	Proposta progettuale.....	43

## INTRODUZIONE

La presente relazione generale introduce il progetto esecutivo degli **interventi di efficientamento energetico previsti per il “Municipio” del Comune di Varano dè Melegari**, nell’ambito dell’incarico affidato dal Comune per i servizi di ingegneria e architettura.

Per la riqualificazione energetica dell’edificio in oggetto, si prevede di riqualificare mediante **isolamento termico a cappotto delle mura perimetrali, isolamento della copertura, la sostituzione degli infissi, installazione di un impianto fotovoltaico, relamping interno.**

Nelle pagine successive si illustrano gli interventi in progetto.

# 1. L'ISOLAMENTO TERMICO

Gli interventi in progetto che riguardano l'isolamento delle componenti opache si distinguono in:

- Isolamento a cappotto delle pareti verticali
- Isolamento termico della copertura

Nei paragrafi seguenti si riporta la descrizione delle soluzioni progettuali individuate. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

## 1.1 Alcuni concetti e nozioni di base

### 1.1.1. Cos'è l'isolamento termico

L'isolamento termico permette di avere le migliori condizioni abitative in tutte le situazioni. Per gli edifici di nuova costruzione e per la riqualificazione energetica di quelli esistenti, le normative vigenti prevedono un limite massimo per il valore di **Trasmittanza U ( $W/m^2K$ )**; tale valore esprime la dispersione del calore che avviene attraverso un metro quadrato della parete, progettata o realizzata, in un'ora di tempo, per una differenza di un grado di temperatura tra le due facce della costruzione (interna ed esterna). Banalizzando la definizione, la Trasmittanza U rappresenta quanto calore si trasmette (disperde) dall'interno verso l'esterno dell'edificio nella stagione invernale. Minore è il valore di U, minore è il passaggio del calore, maggiore è quindi la prestazione isolante della parete realizzata o riqualificata.

Ogni materiale edile (laterizi, isolanti, ecc) è caratterizzato da una propria attitudine a trasmettere il calore, chiamata **Conduttività termica  $\lambda$** , che è determinata sperimentalmente e si esprime in  $W/mK$ . Minore è il valore di  $\lambda$ , minore è la capacità del materiale di trasmettere il calore, maggiore è quindi la sua capacità coibente. Oltre alla conduttività termica, è importante considerare anche la **Capacità inerziale** (o la Capacità termica) di un materiale, cioè la sua capacità di accumulare calore per poi rilasciarlo successivamente, espresso in  $J/K$ .

Per esempio in inverno, maggiore è la capacità inerziale della parete interna, maggiore è la capacità della struttura di accumulare calore quando è disponibile (impianto di riscaldamento acceso), per rilasciarlo quando si raggiunge la temperatura impostata, ottenendo così un notevole risparmio di combustibile. In estate, maggiore è la capacità inerziale, maggiore è la capacità della struttura di accumulare calore nelle ore più calde rallentandone l'ingresso nei locali interni, per rilasciarlo nelle ore notturne quando è possibile ventilare gli ambienti. L'isolamento a cappotto massimizza entrambi questi effetti.

La qualità estiva di un involucro edilizio è valutata in riferimento alle condizioni di comfort raggiunte negli ambienti interni e per comprendere meglio tale concetto consideriamo due dei parametri in gioco:

- **Sfasamento ( $\phi$ ) dell'onda termica:** rappresenta il tempo, misurato in ore, che intercorre tra il picco di temperatura sul lato esterno e quello interno di una struttura edilizia – maggiore è lo sfasamento, migliore è la capacità della struttura di ritardare l'onda termica e quindi migliore è la prestazione.
- **Fattore di attenuazione ( $f_a$ ) dell'onda termica:** rappresenta la diminuzione d'ampiezza (attenuazione) che subisce l'onda termica attraversando la struttura edilizia – minore è il fattore di attenuazione, migliore è la capacità della struttura di smorzare l'onda termica.

È immediato comprendere come l'isolamento termico delle pareti possa essere ottimizzato agendo solamente su due parametri: la natura dei materiali utilizzati (quindi la loro capacità coibente ed inerziale) ed il loro spessore. La corretta progettazione di un involucro deve quindi tenere conto di diversi parametri e del contesto nel quale l'edificio è ubicato: un involucro molto prestazionale nei confronti del freddo potrebbe non essere ottimale in quelli del caldo. A questo va aggiunta la giusta sequenza degli strati dei materiali utilizzati; una diversa disposizione degli stessi materiali cambia, infatti, in maniera piuttosto significativa la prestazione totale in termini di: difesa nei confronti di caldo e freddo, inerzia termica, punto di rugiada, ecc.

## Ponti termici

Si tratta di discontinuità nell'isolamento termico e rappresentano la via preferenziale attraverso la quale il calore si trasmette.

Determinano dispersioni, patologie e scarso comfort:

- dispersioni di calore verso l' esterno in inverno, con conseguente raffreddamento degli ambienti interni ed aumento di consumi per il riscaldamento;
- trasmissione del calore verso l' interno in estate, con conseguente surriscaldamento degli ambienti interni ed aumento di consumi per il raffrescamento;
- raffreddamento delle superfici interne in loro corrispondenza e prossimità, in inverno, con conseguente formazione di condense e sviluppo precoce di muffe e batteri.

Escludendo quelli occasionali, i ponti termici possono essere suddivisi in due macro categorie:

- costruttivi: dovuti all'elevata conduttività ( $\lambda$ ) di alcuni materiali come, ad esempio, il cemento armato (travi e pilastri);

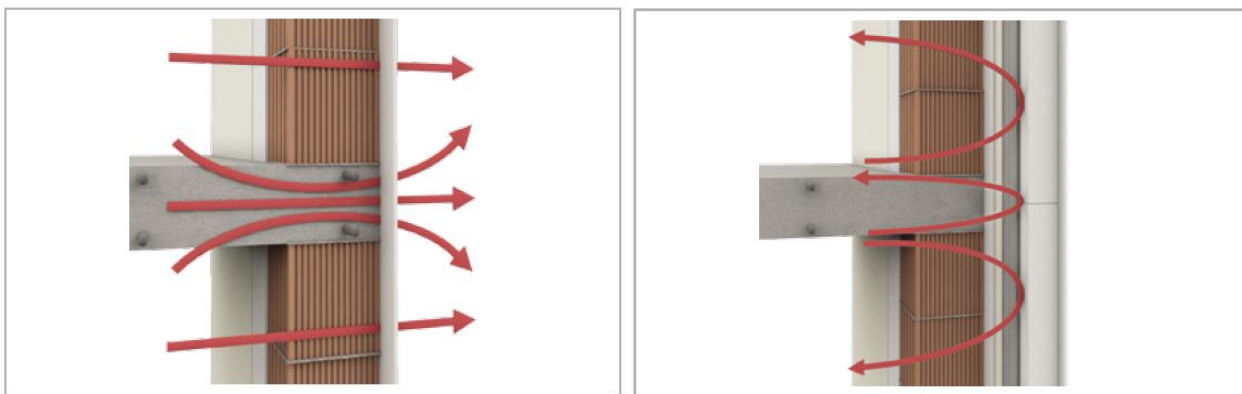


Figura 1 – Ponte termico costruttivo (sx), ponte termico corretto con isolamento (dx)

- geometrici: zone in cui la superficie interna è inferiore a quella esterna determinando maggiori dispersioni di calore, come, ad esempio, gli spigoli degli edifici.

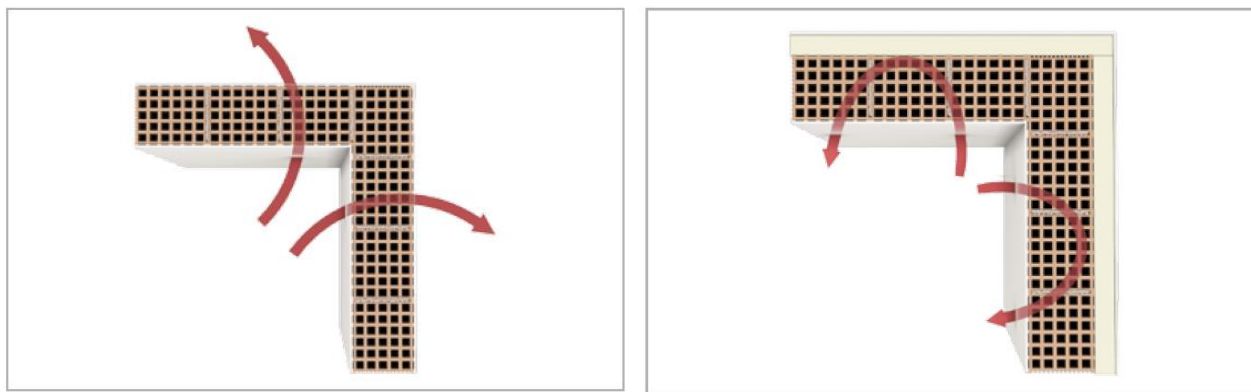


Figura 2 - Ponte termico geometrico (sx), ponte termico corretto con isolamento (dx)

### 1.1.2. Condense e muffe

Il vapore acqueo è generato all'interno delle abitazioni dalle normali attività quotidiane: cucinare, fare la doccia, asciugare il bucato, ma anche respirare e parlare. Al contrario di alcune false informazioni solo l'1-3% del vapore generato nell'abitazione migra attraverso la struttura muraria (si veda il vol. 4 "Muffa, condensa e ponti termici" della collana "L'isolamento termico e acustico" realizzata da ANIT – Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico).

Il vapore acqueo, così generato, condensa quando incontra superfici sufficientemente fredde (temperatura inferiore al punto di condensa). Se la quantità di vapore acqueo è elevata, la condensa si forma anche quando incontra superfici non particolarmente fredde; ad esempio, in un ambiente interno a +20°C e 80% di umidità relativa, si crea condensa su tutte le superfici aventi una temperatura uguale o inferiore a 18°C!

Si può così comprendere con quanta facilità si generino condense sulle superfici murarie interne, in particolare in corrispondenza dei ponti termici dove la temperatura superficiale è sensibilmente più bassa. Si noti che la formazione di condensa si riscontra anche con tassi di umidità relativa ritenuti di buona salubrità, cioè inferiori al 60%.

Tutte le zone di condensa rappresentano terreno fertile di coltura per il proliferare di batteri e muffe, generando ambienti insalubri. Per rendere più difficoltosa la formazione di condensa e le relative conseguenti patologie è necessario che la temperatura delle superfici interne sia la più alta possibile; questo si può ottenere solamente attraverso un adeguato isolamento termico realizzato sulla superficie esterna e controllando la percentuale di umidità relativa presente negli ambienti mediante opportuni ricambi d'aria.



Figura 3 – Profili di temperatura in corrispondenza dei ponti termici e con isolamento (dx)

### 1.1.3. Traspirabilità

La traspirabilità o, più propriamente, la permeabilità al vapore acqueo, esprime la quantità di vapore acqueo che riesce a passare attraverso una superficie. Quando si fa riferimento alle pareti esterne, un'alta traspirabilità è molto utile per smaltire eventuale acqua di costruzione residua o piccoli accumuli di condensa all'interno della struttura; molto spesso la traspirabilità è però erroneamente intesa come il vapore acqueo, prodotto all'interno dell'abitazione, che riesce ad essere smaltito verso l'esterno attraversando le pareti stesse. In realtà, la quantità di vapore che attraversa le pareti è pochissima rispetto a quella generata all'interno di un'abitazione durante le normali attività quotidiane. Numerosi esempi di modelli di calcolo confermano che i muri non respirano e che non è grazie alla traspirabilità delle pareti che si riesce a smaltire il vapore acqueo generato all'interno delle abitazioni ma che, per farlo, sia indispensabile operare opportuni ricambi d'aria.

In definitiva, utilizzando il sistema cappotto si migliora il comfort abitativo perché è la soluzione più efficace per porre in quiete termica l'edificio, correggere i ponti termici, innalzare sensibilmente la temperatura delle superfici interne e minimizzare, di conseguenza, la formazione di condense e di tutte le conseguenti dannose patologie. Pur non condizionando la permeabilità delle strutture, il sistema cappotto è spesso abbinato ad altri interventi edili che migliorano l'efficienza energetica dell'edificio e non è quindi possibile prescindere da un'opportuna gestione degli ambienti, eseguendo periodici ricambi d'aria attraverso le finestre, utilizzando cappe aspiranti durante la cottura dei cibi o, come avviene nelle moderne abitazioni ad alta efficienza energetica, dotarsi di impianti di ventilazione meccanica controllata.

## 1.2. Il quadro normativo

La prestazione energetica di un edificio, considerata poco significativa in passato, sta diventando sempre più importante a causa dei vincoli ambientali che impongono una riduzione delle emissioni di gas climalteranti e dei costi crescenti di combustibile ed energia. Questi argomenti hanno fatto emergere la necessità di limitare le dispersioni termiche delle abitazioni e permesso lo sviluppo di soluzioni adeguate creando un settore in rapida crescita nella moderna edilizia.

Nel 1997 è nato il Protocollo di Kyoto, un trattato internazionale volto a ridurre le emissioni nell'ambiente. Entrato in vigore nel 2005 e sottoscritto da quasi 190 nazioni, ha imposto ai governi di legiferare in materia di efficienza energetica, facendo così diventare tale tema centrale e largamente diffuso a livello popolare.

L'Unione Europea ha, in tal senso, demandato agli stati membri la libertà di legiferare in recepimento alla direttiva 2002/91/CE detta anche EPBD (Energy Performance Buildings directive), in seguito sostituita integralmente con la Direttiva 2010/31/UE pubblicata in Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea il 18 giugno 2010.

Con ciò si impone la prescrizione di requisiti prestazionali minimi per gli edifici e l'obbligatorietà di certificarli ufficialmente. Questo ha significato una vera e propria rivoluzione nel sistema edilizio, andando verso la costruzione o la riqualificazione di edifici ad alta prestazione energetica, aventi cioè basse emissioni nocive e bassi costi di gestione (sia per il riscaldamento sia per il raffrescamento), ottenendo dispersioni termiche bassissime di tutti gli elementi costituenti l'involucro esterno, drastica riduzione del Fabbisogno di Energia Primaria (FEP), assenza di condense interstiziali, correzione dei ponti termici, ecc.

Per l'ottenimento di tutte queste prestazioni, il sistema d'isolamento a cappotto è diventato la tecnologia principale grazie alla sua semplicità, economicità, praticità ed elevatissima efficacia in tutti i climi, caldi o freddi che siano.

Riassumiamo ora quanto accaduto in Italia a partire dal recepimento della Direttiva 2010/31/UE avvenuto con la pubblicazione del Decreto Legge n. 63 del 4 giugno 2013 pubblicato in Gazzetta Ufficiale il 5 giugno 2013 (*Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale*).

Con il DL 63/13 si introducono i presupposti per ridefinire gli interventi in “*riqualificazione energetica di un edificio*” e “*ristrutturazione importante di un edificio*” (modifica dell'articolo 2 del DLgs 192/05) senza entrare nel merito dei nuovi limiti di legge (saranno poi pubblicati nel DM 26/6/15).

Con l'introduzione del **DM 26/6/15** (pubblicato sulla G.U. 15 luglio 2015 in attuazione alla Legge 90/13 di recepimento della Direttiva 2010/31/UE), si introducono nuove regole per l'efficienza energetica degli edifici, entrate in vigore dal 1 ottobre 2015 inerenti a:

- nuovi requisiti minimi per le nuove costruzioni, le ristrutturazioni importanti e le riqualificazioni energetiche dell'involucro e degli impianti esistenti;
- la certificazione energetica degli edifici, con i nuovi modelli di Attestato di Prestazione Energetica (APE) e di Attestato di Qualificazione Energetica (AQE);

- le modalità di compilazione della relazione tecnica da consegnare presso gli uffici comunali, integrata da tre nuovi modelli distinti in funzione della tipologia dell'intervento in esame.

Le prestazioni energetiche degli edifici sono valutate mediante l'**APE** (comunemente chiamato "Targa energetica") che certifica la quantità di energia richiesta dall'edificio per il condizionamento degli ambienti interni: riscaldamento, raffreddamento, produzione acqua calda, ventilazione, ecc. In tale analisi sono pertanto inclusi i dati quantitativi di energia richiesta di tutti gli elementi costituenti l'involucro (muri, finestre, coperture, pavimenti, ecc.) e tutti gli impianti (caldaie, impianti di ventilazione, condizionatori, ecc.) in modo da consentire ad acquirenti o locatari, di valutare la prestazione energetica e confrontare diverse unità immobiliari.

L'APE deve essere rilasciato da esperti qualificati ed indipendenti (cioè estranei alle altre fasi del progetto e/o della realizzazione), e certifica la prestazione energetica attraverso l'utilizzo di specifici descrittori e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica.

#### QUADRO TEMPORALE LEGISLATIVO EUROPEO

Documento	In vigore da	Descrizione
<b>Direttiva 2002/91/CE</b>	4 gen. 2002	La direttiva indica le nuove disposizioni in materia di efficienza energetica del sistema edificio-impianto che ogni Stato membro della Comunità Europea deve introdurre a livello nazionale entro il 4 gennaio 2006
<b>Direttiva 2010/31/CE</b>	9 lug. 2010	La direttiva aggiorna e integra i contenuti della direttiva 2002/91/CE obbligando gli stati membri ad aggiornare i propri recepimenti nazionali
<b>Direttiva 2012/27/CE</b>	4 dic. 2012	La direttiva stabilisce un quadro comune di misure per la promozione dell'efficienza energetica nell'Unione al fine di garantire il conseguimento dell'obiettivo principale dell'Unione relativo all'efficienza energetica del 20 % entro il 2020 e di gettare le basi per ulteriori miglioramenti dell'efficienza energetica al di là di tale data.

#### QUADRO TEMPORALE LEGISLATIVO ITALIANO

Da	A	In vigore
<b>17 gen 1991</b>	16 ago 2005	L 10/91 e decreti attuativi
<b>17 ago 2005</b>	7 ott 2005	L 10/91 e decreti attuativi + DM 178/05

8 ott 2005	1 feb 2007	DLgs 192/05
2 feb 2007	24 giu 2009	DLgs 192/05 + DLgs 311/06
25 giu 2009	28 mar 2011	DLgs 192/05 + DLgs 311/06 + DPR 59/09
29 mar 2011	5 giu 2013	DLgs 192/05 + DLgs 311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11
6 giu 2013	3 ago 2015	DLgs 192/05 + DLgs 311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11 + DL 63/13
4 ago 2013	30 set 2015	DLgs 192/05 + DLgs 311/06 + DPR 59/09 + DLgs 28/11 + DL 63/13 + L 90/13
1 ott 2015	–	DLgs 192/05 + DLgs 311/06 + DLgs 28/11 + DL 63/13 + L 90/13 + DM 26/6/15

### 1.3. Reazione al fuoco

I concetti di resistenza e reazione al fuoco sono differenti, ad interessare i sistemi a cappotto è quello di reazione.

La **resistenza al fuoco** è la capacità di una costruzione, di una parte di essa o di un elemento costruttivo di mantenere per un tempo prefissato:

- la resistenza **R**: attitudine a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco;
- l'ermeticità **E**: attitudine a non lasciar passare, né produrre, se sottoposto all'azione del fuoco su un lato, fiamme, vapori o gas caldi sul lato non esposto;
- l'isolamento termico **I**: attitudine a ridurre la trasmissione del calore.

La **reazione al fuoco** è il grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto.

Ogni tipologia di materiale ha una propria reazione al fuoco che viene definita in base a prove effettuate in conformità al Decreto Ministeriale vigente che stabilisce una classificazione specifica che varia dalla classe A (materiale incombustibile), alla classe F (materiale facilmente infiammabile). I parametri di riferimento tengono conto soprattutto del grado di combustibilità, della velocità di propagazione della fiamma, dello sviluppo di calore nell'unità di tempo.

In Italia, il Ministero dell'Interno - dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile - ha pubblicato il 15/04/2013 l'aggiornamento della Guida Tecnica su "requisiti di sicurezza antincendio delle facciate negli edifici civili".

Si tratta di una modalità operativa per affrontare il tema della prevenzione incendi dove al paragrafo 4 "Reazione al fuoco" è riportata la seguente indicazione:

*“I prodotti isolanti presenti in una facciata, comunque realizzata secondo quanto indicato nelle definizioni di cui al punto 2, devono essere almeno di classe 1 di reazione al fuoco ovvero classe B-s3-d0, in accordo alla decisione della Commissione europea 2000/147/CE del 8.2.2000”.*

Per una più semplice interpretazione della richiesta di prestazione, riportiamo di seguito una tabella estratta dalla norma tecnica UNI EN 13501-1 per le classi di reazione al fuoco previste per i prodotti impiegati a parete o a soffitto con le relative descrizioni per ogni classe riportata.

A1		
A2-s1, d0	A2-s1, d1	A2-s1, d2
A2-s2, d0	A2-s2, d1	A2-s2, d2
A2-s3, d0	A2-s3, d1	A2-s3, d2
B-s1, d0	B-s1, d1	B-s1, d2
B-s2, d0	B-s2, d1	B-s2, d2
B-s3, d0	B-s3, d1	B-s3, d2
C-s1, d0	C-s1, d1	C-s1, d2
C-s2, d0	C-s2, d1	C-s2, d2
C-s3, d0	C-s3, d1	C-s3, d2
D-s1, d0	D-s1, d1	D-s1, d2
D-s2, d0	D-s2, d1	D-s2, d2
D-s3, d0	D-s3, d1	D-s3, d2
E		
E-d2		
F		

Per tutti i prodotti da costruzione, esclusi i pavimenti

- Classe F: Prodotti per i quali non si determina alcun comportamento per la reazione al fuoco o che non possono essere classificati in una delle classi A1, A2, B, C, D, E.
- Classe E: Prodotti che possono resistere, per un breve periodo, all’attacco di una piccola fiamma senza propagazione sostanziale del fuoco.
- Classe D: Prodotti che soddisfano i criteri della classe E e che possono resistere, per un periodo più lungo, all’attacco di una piccola fiamma senza propagazione sostanziale della fiamma. Tali prodotti devono poter sostenere un attacco termico derivante dall’incendio di un singolo oggetto con rilascio di calore sufficientemente ritardato e limitato.
- Classe C: Come la classe D, ma rispondente a requisiti più severi. Devono inoltre avere una limitata propagazione laterale dell’incendio quando sottoposti all’attacco termico provocato dall’incendio di un singolo oggetto.
- Classe B: Come la classe C, ma rispondente a requisiti più severi.
- Classe A2: Soddiscano gli stessi criteri della classe B per la EN 13823. Inoltre questi prodotti, se sottoposti alle condizioni di un incendio completamente sviluppato, non devono contribuire significativamente al carico e alla crescita dell’incendio.

Classe A1: I prodotti di classe A1 non contribuiscono a nessuna fase dell'incendio, nemmeno in presenza di un incendio generalizzato. Per questo motivo, si presume che siano in grado di soddisfare automaticamente tutti i requisiti di tutte le classi inferiori.

Ulteriori classificazioni per la produzione di fumi:

- s3 Non è richiesto alcun limite di produzione di fumi.
- s2 La produzione totale di fumi è limitata, così come il rapporto di crescita di produzione di fumi.
- s1 Sono soddisfatti criteri più severi rispetto ad s2.

Ulteriori classificazioni per la produzione di gocce/particelle infiammate:

- d2 Nessuna limitazione.
- d1 Nessuna goccia/particella infiammata persistente oltre un determinato periodo di tempo.
- d0 Nessuna goccia/particella infiammata.

#### **1.4. L'efficacia del sistema di isolamento termico a cappotto**

Il sistema d'isolamento termico a cappotto permette l'ideale coibentazione termica (e non solo) delle superfici verticali opache degli edifici. La sua efficacia è evidente tanto nelle nuove costruzioni quanto nella riqualificazione di quelle esistenti. Con questo semplice sistema si riescono ad ottimizzarne prestazioni e caratteristiche: comfort abitativo, protezione delle strutture edili, ottemperamento alle normative vigenti, risparmio energetico, abbattimento delle spese inerenti riscaldamento e raffrescamento, abbattimento delle emissioni inquinanti, risoluzione o prevenzione dei problemi di natura termo-igrometrica, salubrità degli ambienti interni.

Isolando le pareti dall'esterno, in inverno, si ottengono l'eliminazione di tutti i punti freddi e l'aumento della capacità di accumulo termico (inerzia) dell'edificio. I muri si scaldano, accumulano calore e poi lo restituiscono all'ambiente interno. Questo fa sì che l'impianto possa funzionare un minor numero di ore complessive, con un risparmio sensibile di combustibile e una riduzione delle emissioni inquinanti.

Un sicuro vantaggio dell'isolamento a cappotto è l'eliminazione totale e definitiva dei ponti termici, cioè di quei punti critici (perimetro dei serramenti, angoli, solai, pilastri inseriti nella muratura,...) dove è più facile che si verifichino, internamente, fenomeni di formazione di muffe e di macchie. L'isolamento termico a cappotto, inoltre, viene realizzato senza disturbare eccessivamente gli abitanti dello stabile e non è necessario che i locali siano vuoti (si lavora solo all'esterno), posizionando l'isolante solo sull'esterno dell'edificio. È ideale quando siano necessari lavori di ristrutturazione delle facciate dell'edificio poiché, ponendo in quiete termica la struttura, evita gli stress fisici ed impedisce la formazione di nuove fessure.

Il sistema a cappotto è estremamente performante nelle diverse stagioni. In inverno:

- la dispersione di calore verso l'esterno, in corrispondenza dei tamponamenti in laterizio, si riduce di oltre 4 volte;
- i ponti termici risultano perfettamente eliminati ed in loro corrispondenza si registrano riduzioni di dispersione di calore di entità ancora superiore rispetto a quelle dei tamponamenti;
- il flusso termico si riduce di oltre 3 volte in corrispondenza dei tamponamenti;
- il flusso termico si riduce di un fattore ancora superiore in corrispondenza dei ponti termici;
- impedisce la formazione di condensa all'interno delle strutture murarie che rimangono calde;
- massimizza lo sfruttamento della capacità di accumulo della parete (inerzia termica);
- mette in quiete termica le pareti, riducendo notevolmente le tensioni di natura igro-termica sulle intere strutture dell'edificio

In estate:

- all'interno dell'abitazione entra una quantità di calore 3 volte inferiore;
- il calore arriva all'interno dell'abitazione ritardato di circa un 50%;
- in corrispondenza dei ponti termici si registreranno riduzioni di trasmissione di calore verso l'interno e ritardo nella trasmissione ancora superiori ed i ponti termici risulteranno perfettamente eliminati;
- il flusso termico si riduce di quasi 4 volte in corrispondenza dei tamponamenti;
- il flusso termico si riduce di un fattore ancora superiore in corrispondenza dei ponti termici;
- evita il surriscaldamento delle pareti;
- mette in quiete termica le pareti, riducendo notevolmente le tensioni di natura igro-termica sulle intere strutture dell'edificio.

## 1.5. Il sistema a cappotto

### 1.5.1. Componenti

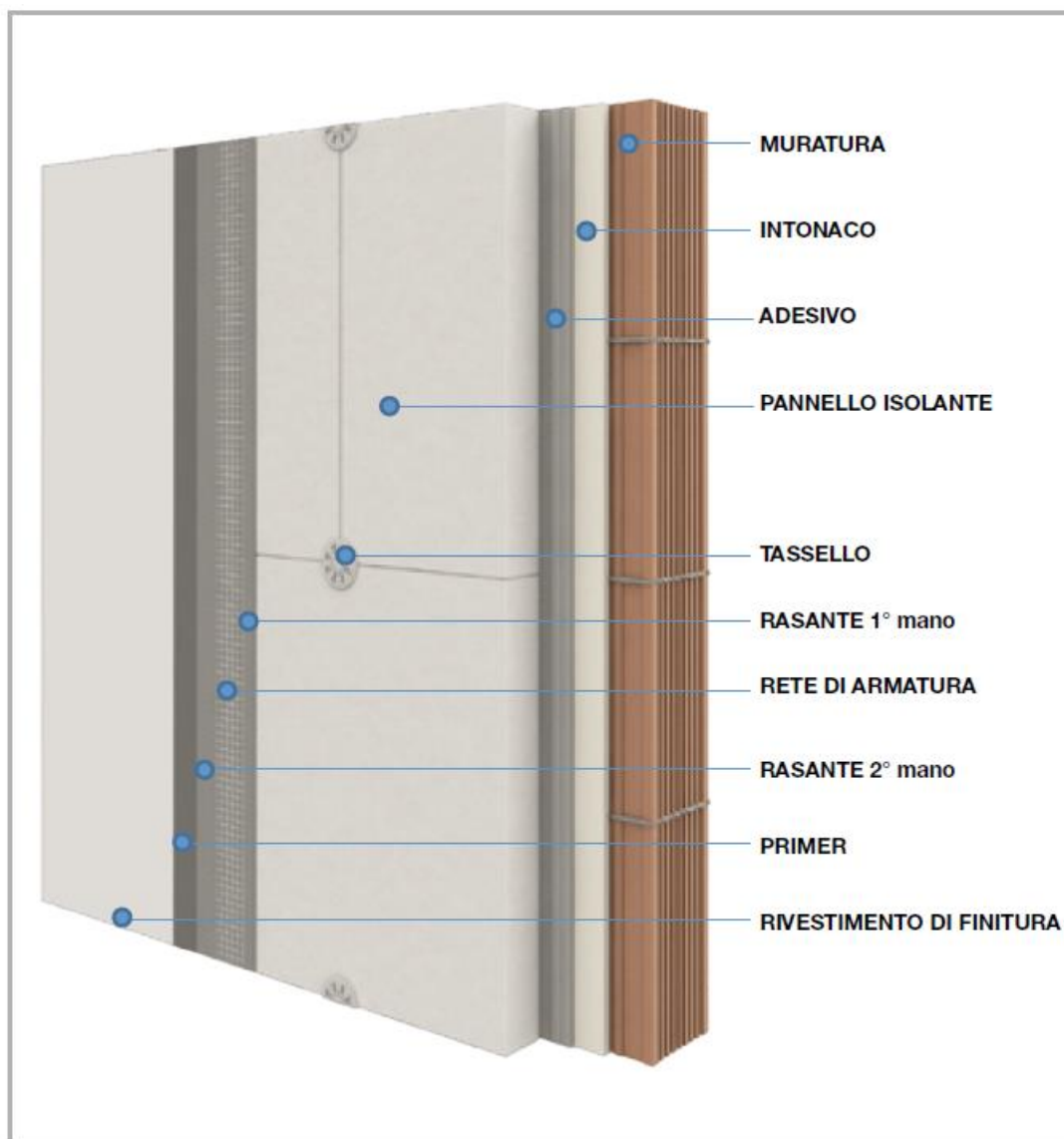


Figura 4 – Elementi costituenti il sistema termico a cappotto

### 1.5.2. Caratteristiche e prestazioni attese dai vari componenti

È evidente come il sistema a cappotto, essendo costituito da diversi componenti, debba essere valutato e considerato nel suo insieme ed ogni singolo elemento debba essere reciprocamente compatibile con gli altri; questo è di fondamentale importanza per la prestazione e la durata pluri- decennale che un sistema a cappotto deve garantire, di conseguenza ogni singolo elemento deve possedere specifici requisiti prestazionali.

È altrettanto evidente, come siano strategici gli elementi di connessione di tutti i costituenti del sistema, cioè l'adesivo ed il rasante (solitamente si tratta dello stesso materiale).

A questi due elementi è affidato il compito di tenere legato tutto il sistema e di contrastare le varie ed importanti sollecitazioni alle quali il sistema stesso è sottoposto.

### **Supporto**

È bene considerare il supporto murario come elemento costitutivo del sistema cappotto, anche se tecnicamente non lo è. Infatti il cappotto può essere applicato praticamente su ogni tipologia di supporto, purché questo risulti adeguato o correttamente preparato. Il cappotto è un elemento portato e, di conseguenza, il supporto (muratura o intonaco che sia) deve garantirne un adeguato sostegno, supportando l'azione del peso proprio, del vento, di eventuali carichi e, soprattutto, delle sollecitazioni termo-igrometriche.

È necessario quindi prevedere la planarità del supporto, in modo che il cappotto possa essere posato con le metodiche più performanti, infatti è dimostrato come sia più efficace e duraturo nel tempo il sistema d'incollaggio con stesura dell'adesivo a strato continuo.

### **Adesivo**

L'adesivo è il primo fondamentale elemento connettente del sistema e deve garantire prestazioni di adesione nel tempo, resistendo a rilevanti sforzi di taglio e di peel, contrastando le dilatazioni termiche alle quali i pannelli isolanti sono soggetti. Ciò può avvenire solo se le sue caratteristiche sono state correttamente concepite, se vengono utilizzate materie prime selezionate, se i siti produttivi utilizzano standard di qualità certificati e se il suo utilizzo in cantiere avviene rispettando i corretti rapporti di miscelazione e l'applicazione viene eseguita a regola d'arte.

### **Pannello isolante**

La determinazione dello spessore della lastra isolante è di competenza del tecnico che si occupa del dimensionamento del sistema, attraverso calcoli che tengano conto della tipologia dell'edificio (nuovo, esistente), della stratigrafia delle pareti, della sua struttura portante (cls, mattoni, termolaterizi, pietre ecc.), della località dove è situato e delle normative vigenti (eventualmente anche in merito a possibili detrazioni fiscali derivanti dalla riqualificazione energetica).

La scelta della tipologia della lastra isolante è da eseguirsi in funzione delle esigenze specifiche; è infatti possibile abbinare alle capacità d'isolamento termico differenti proprietà, in funzione dell'aspetto che si vuole privilegiare: isolamento acustico, massima reazione al fuoco, massima permeabilità al vapore acqueo, bassissimo assorbimento d'acqua, bioedilizia, economicità, semplicità di posa, ecc.

In commercio si possono trovare numerose varietà di pannelli di diversa natura e dimensioni e non è possibile indicarne una come la migliore, ma è opportuno scegliere in base a ciò che si vuole ottenere. Attualmente non esiste un pannello che racchiuda in sé tutte le prestazioni possibili, si dovranno quindi individuare le caratteristiche essenziali ed orientare la scelta sul pannello che ne racchiude il maggior numero. È necessario utilizzare pannelli che abbiano la marcatura CE e che siano dichiarati idonei per i sistemi a cappotto (ETICS) dai rispettivi produttori.

## Tassello

Anche se la tenuta complessiva del sistema è a carico dell'adesivo, il fissaggio meccanico delle lastre isolanti con i tasselli rappresenta un importante elemento di sicurezza e diviene imprescindibile in presenza di determinate circostanze.

Lo schema di tassellatura ed il numero di tasselli è da determinarsi in funzione della tipologia della muratura, della lastra isolante e della tecnica d'incollaggio. Molteplici sono le proposte del mercato ma, come per la rete d'armatura, spesso l'unico parametro di scelta è la sua economicità, trascurando fattori importanti come la tipologia di isolante su cui verrà utilizzato, l'adeguata lunghezza, la tipologia di supporto, la corretta posa, le caratteristiche prestazionali (diametro, rigidità e portata del piattello, resistenza alla trazione, conducibilità termica puntuale, ecc), ecc.

È certamente consigliabile utilizzare tasselli che rispettino le prescrizioni della linea guida ETAG 014 che li classifica, con delle lettere (A, B, C, D, E), in funzione della loro idoneità per i diversi supporti.

## Rasante

È il secondo fondamentale elemento connettente del sistema e deve garantire nel tempo adesione agli elementi che connette, deve contribuire a contrastare le tensioni derivanti dalle variazioni termiche (con particolare riguardo alle dilatazioni e contrazioni termiche dei pannelli isolanti), deve conferire elevata resistenza meccanica all'intero sistema.

È, infatti, la rasatura armata che conferisce resistenza meccanica al sistema e non la densità del pannello isolante, come spesso erroneamente si crede. La resistenza meccanica del sistema deve essere garantita tanto a secco quanto a umido, pertanto risulta importantissima la composizione chimica del rasante ed in particolare la qualità del legante contenuto; è inoltre di primaria importanza lo spessore applicato, che in alcuni casi può superare i 5 mm.

## Rete d'armatura

La rete in fibra di vetro, generalmente avente peso di 140-160 g/m<sup>2</sup>, è inserita all'interno dello strato rasante ed è necessaria per distribuire le sollecitazioni provenienti dal sottofondo e per aumentare la resistenza meccanica agli urti del sistema.

Deve necessariamente subire un trattamento con appretto antialcali che la protegga dall'aggressione del pH basico del rasante in cui è inserita e deve essere ordita per garantire una corretta distribuzione degli sforzi.

Reti più pesanti (300-360 g/m<sup>2</sup>) offrono resistenze meccaniche più alte e per questo motivo, in alcuni casi, vengono utilizzate nelle zoccolature degli edifici, eventualmente in abbinamento con specifici rasanti in grado di conferire una resistenza meccanica decisamente superiore rispetto ai tradizionali rasanti da cappotto.

## Primer

L'utilizzo del primer prepara ed uniforma la superficie che verrà ricoperta con il rivestimento di finitura, evitando difformità di colore dovute a reazioni diverse fra i materiali e/o differenti possibilità d'assorbimento

del supporto. Utilizzando primer colorati (fondi) si ottengono migliori risultati di omogeneità. L'utilizzo di primer a solvente, oltre che non essere necessario, è assolutamente sconsigliato perché può interagire con il pannello alterandone le caratteristiche e causando distacchi della rasatura o collasso del pannello stesso (nel caso sia in materiale sintetico).

### **Rivestimento di finitura**

Il sistema a cappotto deve essere protetto dalle sollecitazioni termo - igrometriche e dagli agenti atmosferici con dei rivestimenti di finitura specifici: generalmente a spessore o comunque utilizzando appositi sistemi che garantiscano specifiche prestazioni.

Le caratteristiche che un rivestimento di finitura deve possedere sono: la plasticità atta a non generare fessure, una bilanciata permeabilità al vapore acqueo, il basso assorbimento d'acqua per evitare estrazione di sali o di carbonati dal rasante e per non portare all'interno del sistema sali ed inquinanti provenienti dall'esterno, la stabilità del colore (considerando che ci si trova su barriera termica), la capacità di resistere all'aggressione di alghe e muffe, la tonalità chiara del colore allo scopo di preservare il sistema da temperature decisamente elevate che si manifestano sulla superficie in seguito all'irraggiamento solare e che innescano maggiori sollecitazioni all'intero sistema (indice di riflessione superiore al 20%).

### 1.5.3. La corretta realizzazione del sistema cappotto

La corretta realizzazione del sistema di isolamento a cappotto non può prescindere da una scelta accurata dell'intero kit costituente, quindi non solo dello strato coibente, ma soprattutto dei materiali destinati alla preparazione dei supporti, all'incollaggio dei pannelli termoisolanti, alle rasature ed alle finiture che conferiscono alla facciata la resistenza meccanica, la protezione e l'aspetto estetico definitivo. Allo stesso modo la corretta realizzazione in cantiere e una corretta progettazione dei particolari costruttivi nelle zone peculiari dell'edificio rappresentano condizioni essenziali per garantire il comfort abitativo e conseguire i risultati attesi dal punto di vista del risparmio energetico e della sostenibilità ambientale. Nei paragrafi che seguono vengono, pertanto, definite le modalità di impiego dei materiali e quelle di realizzazione dell'intero sistema cappotto.

### 1.5.4. La preparazione dei supporti

Le superfici oggetto dell'intervento debbono presentarsi meccanicamente resistenti, prive di zone in procinto di distaccarsi, perfettamente pulite e prive di qualsiasi traccia di polvere, sporco, grasso, tracce di disarmante e di qualsiasi sostanza che possa compromettere l'adesione del pannello al supporto.

Nel caso di edifici esistenti sia in muratura sia con intelaiatura in c.a. che si presentino intonacati, prima dell'incollaggio dei pannelli termoisolanti, occorre accertarsi che l'intonaco risulti ben aderente al supporto procedendo alla demolizione delle porzioni che risultino, invece, distaccate. La ricostruzione delle zone di intonaco rimosse potrà avvenire impiegando malta cementizia fibrorinforzata livellante oppure malte cementizie modificate con lattice.

Prima dell'incollaggio dei pannelli, inoltre, occorre verificare la consistenza superficiale dell'intonaco, per esempio eseguendo alcune prove di resistenza allo strappo. Se l'intonaco dovesse evidenziare valori particolarmente bassi, è buona norma procedere ad una spazzolatura per la rimozione della superficie di scarsa coesione ed, eventualmente, procedere ad un trattamento da effettuarsi con un primer altamente penetrante e consolidante. In presenza di intonaci con pitture o con rivestimenti superficiali di tipo plastico, si dovrà accertare preventivamente che siano ben aderenti al supporto. Nelle zone che si presentino degradate e/o esfoliate, si procederà ad un'accurata spazzolatura seguita da lavaggio dell'intera superficie con acqua in pressione.

Allo stesso modo nelle facciate con rivestimenti di mosaici ceramici o di vetro o di piastrelle in klinker occorrerà accertarsi che questi siano ben aderenti al supporto. Gli elementi in fase di distacco verranno rimossi e ripristinati.



### 1.5.5. Posa dei profili di contenimento e di protezione

Prima di procedere alla posa dei pannelli termoisolanti si dovranno posizionare, mediante tasselli di fissaggio posizionati ad interasse di circa 40 cm, i profili di partenza con eventuale aggiunta di profilo antifessurazione, ed eventuali altri profili di contenimento e protezione come chiusure laterali, sottodavanzali, copertine, lattonerie, ecc.



### 1.5.6. Posa dei pannelli isolanti

L'incollaggio dei pannelli termoisolanti al supporto viene effettuato mediante l'impiego di speciali adesivi premiscelati da mescolare con acqua. Indipendentemente dal tipo di adesivo che verrà utilizzato occorrerà accertarsi preventivamente che i pannelli da incollare non presentino una superficie troppo liscia ("pelle") che ne ostacoli l'adesione al supporto.



In presenza di un supporto planare l'incollaggio avverrà distribuendo l'adesivo omogeneamente su tutta la superficie del retro del pannello isolante, altrimenti si procederà con l'incollaggio a cordolo perimetrale e punti centrali assicurandosi di ottenere una superficie d'incollaggio pari o superiore al 40%. In caso di supporti con rilevante assenza di planarità (superiore a 15 mm con staggia da 4 m) si dovrà procedere alla loro rettifica, localizzata o generalizzata, utilizzando una malta cementizia monocomponente a grana grossa per l'incollaggio e la rasatura di pannelli termoisolanti.

Durante la posa dei pannelli si avrà cura che l'adesivo non rifluisca nel giunto tra pannelli contigui creando, per la maggiore conducibilità, un ponte termico o, ancor peggio, la formazione di fessure in corrispondenza dello stesso.

Lo spessore di adesivo da utilizzare è quello strettamente necessario per coprire omogeneamente la superficie del pannello e/o per eliminare le eventuali differenze di planarità del supporto contenute al di sotto dei 5 mm. Per ottenere lo spessore consigliato si suggerisce l'utilizzo di una spatola dentata N° 10.



Nel caso di supporti non perfettamente planari, utilizzare il sistema d'incollaggio a cordolo perimetrale e punti centrali, avendo cura di non compensare con l'adesivo asperità superiori ai 15 mm, allo scopo di non generare inevitabili tensioni e distacchi durante la fase di ritiro del collante; inoltre, il collante non più adeso non sarebbe in grado di contrastare le dilatazioni termiche dei pannelli.

Accertarsi che il sistema di posa dell'adesivo non permetta il passaggio di aria tra il pannello isolante ed il supporto, in modo da non creare un effetto camino che può indurre il distacco delle lastre isolanti causando un pericoloso effetto vela.

La posa dei pannelli termoisolanti avverrà partendo dal basso verso l'alto, disponendo gli stessi con il lato più lungo in posizione orizzontale, sfalsando i giunti verticali di almeno 25 cm. In corrispondenza degli spigoli le teste dei pannelli isolanti dovranno essere alternate.



**Figura 5 – Posa corretta pannelli in corrispondenza degli spigoli**

Al fine di beneficiare del massimo potere di adesione è opportuno procedere alla posa del pannello, specialmente in periodi caldi e ventilati, immediatamente dopo la stesura dell'adesivo sul retro dello strato isolante.

Con l'obiettivo di massimizzare la superficie di contatto supporto / adesivo / pannello, sarà opportuno, subito dopo la posa, esercitare sul pannello una leggera pressione mediante un frattazzo, quindi, con frequenza mediante una staggia, controllare la planarità delle superfici e provvedere al suo eventuale ripristino mediante pressione.

A collante asciugato sarà possibile perfezionare ulteriormente la planarità delle superfici, e ottenere un risultato estetico di assoluto rilievo, mediante rabottatura (pannelli sintetici) o realizzazione di una rasatura di compensazione (pannelli fibrosi).



La corretta ed attenta posa dello strato isolante è di fondamentale importanza per ottenere un cappotto di qualità ed una resa estetica di assoluto livello.

Se ad incollaggio avvenuto dovessero evidenziarsi fughe tra pannelli di ampiezza superiore a 2 mm, occorrerà inserire all'interno delle fughe stesse inserti di materiale isolante o, solo per fughe inferiori a 5 mm, utilizzare una idonea schiuma isolante a bassa densità; in entrambi i casi il riempimento deve realizzarsi per tutto lo spessore del pannello isolante. In corrispondenza delle aperture (porte e finestre) gli accostamenti tra pannelli non devono essere allineati con le spallette, gli architravi o gli spigoli delle aperture stesse.



**Figura 6 – Posa corretta dei pannelli in prossimità delle aperture**

I giunti di dilatazione strutturali eventualmente presenti devono essere rispettati e protetti con specifici profili coprigiunto lineari o angolari. In caso di isolamento di imbotti delle aperture (spallette e voltini di porte e finestre) i pannelli posati in facciata devono sporgere oltre il bordo delle aperture, ricoprendo così anche il bordo dell'isolante posto all'interno degli imbotti.

Nel caso i pannelli in EPS o XPS rimangano esposti alla radiazione solare per lunghi periodi, la superficie formerà una patina incoerente che deve essere rimossa mediante spazzolatura prima dell'applicazione del rasante. È bene prevedere protezioni nei confronti dell'umidità e delle precipitazioni atmosferiche, in particolare nel caso di pannelli fibrosi.

### **1.5.7. Fissaggio meccanico (tassellatura)**

In aggiunta (ma non in alternativa) all'incollaggio può essere previsto un fissaggio meccanico dei pannelli con tasselli. I tasselli verranno applicati a collante indurito, in corrispondenza dello stesso e fino al raggiungimento della porzione portante del supporto (quindi non in corrispondenza, ad esempio, dell'intonaco).

In caso di pannelli isolanti particolarmente pesanti può essere utile inserire un primo tassello centrale al momento della posa allo scopo di sorreggerne il peso mentre il collante realizza il suo processo di presa; seguirà tassellatura standard a collante indurito.

Nel caso il supporto si dovesse presentare incoerente e/o scarsamente planare, oppure la distribuzione dell'adesivo dovesse avvenire a cordolo e punti, sarà opportuno procedere ad aumentare il numero di tasselli posizionandoli in corrispondenza dei vertici e del centro dei pannelli fino al raggiungimento della parte coesa del supporto ed assicurando una profondità d'ancoraggio adeguata (in funzione della profondità d'ancoraggio prevista per lo specifico tassello).

Per pannelli in materiale sintetico è consigliabile utilizzare lo schema di tassellatura a "T", in modo da coadiuvare l'adesivo ed il rasante nel contrastare le dilatazioni termiche dei pannelli.

Per pannelli fibrosi è consigliabile lo schema di tassellatura a "W", in modo da non rischiare la perforazione del pannello (pull-through) in corrispondenza degli spigoli dei pannelli.

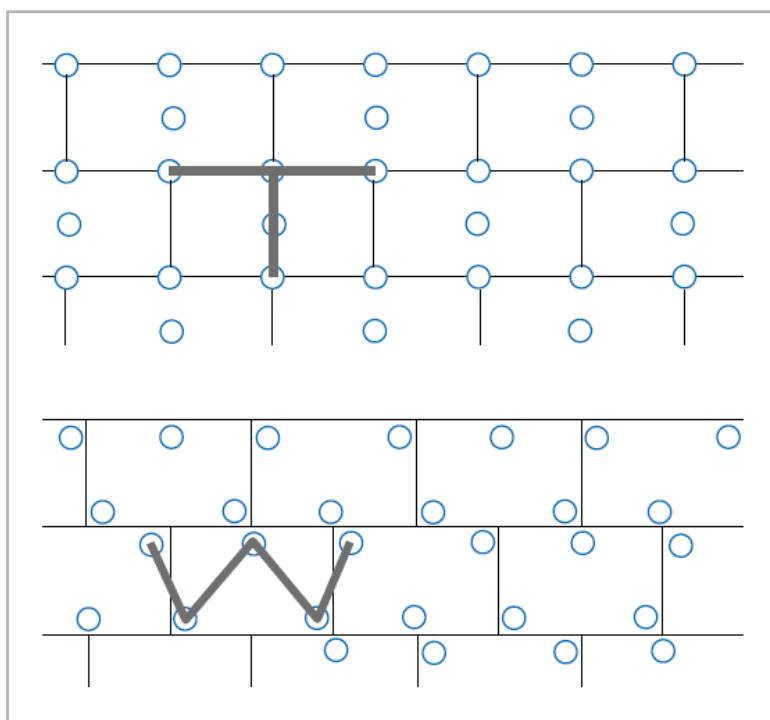


Figura 7 – Schema di tassellatura

I fori per i tasselli devono essere eseguiti a collante indurito (almeno 2-3 giorni) per non compromettere la planarità delle lastre posate, con punte di trapano aventi lo stesso diametro dello stelo del tassello, utilizzando la modalità a percussione del trapano solo in caso di supporto in calcestruzzo o mattoni pieni.

Il tassello deve essere posato con il piatto a filo della superficie del pannello isolante o, nel caso di tasselli a scomparsa, apponendo l'apposito copri tassello.

Ogni tassello posato deve risultare perfettamente in presa, altrimenti deve essere rimosso, il foro riempito con apposita schiuma isolante e collocato un nuovo tassello nelle vicinanze.

### 1.5.8. Elementi di rinforzo e protezione

Dopo la posa dei pannelli, a collante indurito, devono essere applicati elementi di rinforzo, fissandoli apponendo sul pannello lo stesso adesivo/ rasante per una larghezza pari a quella della striscia di rete del profilo da posare; l'elemento di rinforzo deve quindi essere premuto sul rasante in modo che il profilo e le strisce di rete siano annegate in esso.

Gli elementi di rinforzo, che devono essere in PVC o lega d'alluminio (mai zincati o in ferro verniciato), sono:

- paraspigoli in corrispondenza degli spigoli per la loro piombatura e protezione meccanica;
- profili per giunti di dilatazione lineari o angolari;
- profili con gocciolatoi per spigoli orizzontali da posizionarsi perfettamente in bolla mediante livella;
- profili per intradosso finestre in grado di sigillare il sistema e compensare le diverse dilatazioni termiche dei differenti materiali che giungono a contatto;
- armature diagonali in corrispondenza di tutti gli spigoli delle aperture, della dimensione di circa 30x40 cm (ritagli di rete), poste a perfetto contatto dell'angolo ed inclinate di 45°, allo scopo di contrastare le sollecitazioni che si concentrano in queste sezioni e prevenire, di conseguenza, l'insorgere delle tipiche fessure diagonali.

### 1.5.9. Realizzazione della rasatura armata (intonaco di fondo con armatura)

La rasatura dei pannelli isolanti viene effettuata mediante l'impiego di speciali adesivi in pasta da mescolare con cemento (CEM II/A-LL 42,5R conforme alle norme UNI EN 197/1) in rapporto ponderale 1:0,7, oppure con prodotti premiscelati da mescolare con acqua.

È possibile ottenere una finitura particolarmente liscia utilizzando il rasante in pasta esente da cemento, fibrato,



flessibile, colorabile, alleggerito e resistente all'aggressione di alghe e muffe. L'utilizzo di tale rasante rende possibile l'applicazione della finitura senza l'applicazione di un primer e permette la realizzazione di un sistema a cappotto dall'elevatissima resistenza agli urti.

Accertarsi preventivamente che i pannelli da rasare non presentino una superficie polverosa che comprometta l'adesione del rasante al pannello stesso.

L'applicazione della malta di rasatura deve essere effettuata solo dopo che lo strato di adesivo sia sufficientemente indurito (questo tempo è determinato anche dalle condizioni termoigrometriche, normalmente almeno 48-72 ore). La malta rasante deve essere applicata con una spatola in acciaio per uno spessore uniforme di circa 4 mm in due mani.



Nel caso di pannelli fibrosi potrebbe essere opportuno realizzare una rasatura preliminare di livellamento, allo scopo di ottenere una resa estetica di assoluto rilievo.

Si procederà quindi alla formazione della prima mano di rasatura dello spessore di circa 2,5-3 mm e su questo strato ancora fresco sarà messa in opera la rete in fibra di vetro alcali resistente, dall'alto verso il basso, avendo cura di sovrapporre i teli per almeno 10 cm. Durante questa lavorazione deve essere accuratamente evitata la formazione di bolle o pieghe, che in ogni caso non devono essere eliminate ricorrendo al taglio della rete. La rete dovrà risultare posizionata circa a metà dello strato rasante complessivo (o nel terzo esterno in caso di spessori superiori a 4 mm – ad esempio come normalmente avviene su pannelli fibrosi). In corrispondenza degli spigoli (dell'edificio, delle aperture, ecc.) la rete d'armatura dovrà sormontare quella solidale al paraspigolo.



Dopo circa 24 ore e comunque ad avvenuta essiccazione del primo strato, si procederà all'applicazione della seconda mano nello spessore di circa

1-1,5 mm, formando uno strato omogeneo e uniforme nel quale la rete non dovrà essere più visibile e dovrà risultare ricoperta da uno strato di almeno 1 mm.

#### **1.5.10. Protezione del sistema**

Al fine di impedire in qualsiasi punto il contatto del pannello isolante con l'esterno, onde evitare il passaggio di acqua, aria o polvere nei giunti di interconnessione tra il sistema a cappotto e altre parti o elementi dell'edificio, al fine di compensare i movimenti di dilatazione/ contrazione dei materiali isolanti, e compensare le differenti dilatazioni/ contrazioni termiche dei diversi materiali che vengono a contatto tra loro, si dovrà provvedere, alla protezione delle specifiche sezioni critiche con quanto necessario: cordoncini di schiuma polietilenica estrusa, sigillanti acrilici in dispersione acquosa monocomponenti sovraverniciabili tipo e appropriati accessori idonei allo scopo.

### 1.5.11. Realizzazione del rivestimento di finitura (intonaco di finitura)



Attendere la perfetta asciugatura e stagionatura del rasante (in buona stagione dopo almeno 14 giorni) allo scopo di non causare estrazione di sali o carbonati dal rasante stesso e di non “bruciare”, a causa dell’alcalinità ancora residua sul rasante, la resina ed i pigmenti di natura organica eventualmente contenuti all’interno della finitura.

Si procederà quindi con l’applicazione di un primer conforme al rivestimento che si andrà ad applicare. Dopo almeno 12 ore può essere realizzata la finitura utilizzando un rivestimento a spessore in pasta, applicato

dall’alto verso il basso, con spatola inox o di plastica e rifinito con frattazzo di spugna o di plastica secondo la tipologia del prodotto.

Per l’esecuzione di queste operazioni devono essere impiegate finiture a spessore, atte a contrastare l’insorgere di eventuali fessurazioni. I rivestimenti a spessore aventi granulometria di almeno 1,2 mm possono essere applicati in mano unica, mentre quelli a granulometria inferiore devono essere applicati in più mani fino al raggiungimento dello spessore minimo di 1,2 mm.

Le interruzioni di posa devono corrispondere al completamento di intere superfici ed è consigliabile prevedere l’utilizzo di tecniche appropriate e sufficiente manodopera per evitare giunti visibili; prevedere eventualmente fasce d’interruzione orizzontali e/o verticali per prevenire difetti derivanti da riprese d’applicazione.

È consigliato l’utilizzo di finiture dalla comprovata efficacia nel contrastare l’insorgere di alghe e muffe.

La natura del ciclo di protezione e finitura dovrà tener conto della tipologia di pannello isolante utilizzato, dell’architettura dell’edificio e del contesto in cui è inserito, del clima e delle indicazioni del progettista e del Direttore dei Lavori.



## 1.6. Isolamento termico della copertura

La copertura piana costituita dall'ultimo solaio verso il sottotetto, sarà isolata mediante la posa di pannelli sandwich in poliuretano sotto membrana impermeabile a vista dello spessore di 100 mm.

Il pannello sarà costituito da un componente isolante in schiuma polyiso, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito sulla faccia superiore con velo vetro bitumato accoppiato PP, idoneo alla sfiammatura, e su quella inferiore con fibra minerale saturata.

La posa sarà fatta ai sensi della norma UNI 11442.

I pannelli saranno fissati usando collanti poliuretanici o schiume monocomponenti in bombolette, a formare una serie di cordoli continui distanziati di circa 15 cm.



Figura 8 – Esempio posa isolante solaio verso sottotetto

## 1.7. I componenti del sistema prescelto

### 1.7.1. Caratteristiche tecniche dell'isolante per il cappotto termico esterno

Si riportano le specifiche tecniche dei materiali isolanti da utilizzare al fine del rispetto delle verifiche normative ai sensi del DM 26/06/2015:

1. **Pannello isolante per cappotto termico:**  $\lambda \leq 0,028$  W/mK, spessore 12 cm, tipologia poliuretano
2. **Pannello isolante per risvolto imbottito finestre:**  $\lambda \leq 0,028$  W/mK, spessore 5 cm, tipologia Poliuretano (o similare)

**Il pannello isolante dovrà possedere la certificazione CAM fornita dal produttore ai sensi del DM 23 giugno 2022 n. 256. I componenti del Sistema Cappotto Termico devono essere dotati di certificazione ETA in conformità con quanto previsto dalla Guida ETAG 004.**

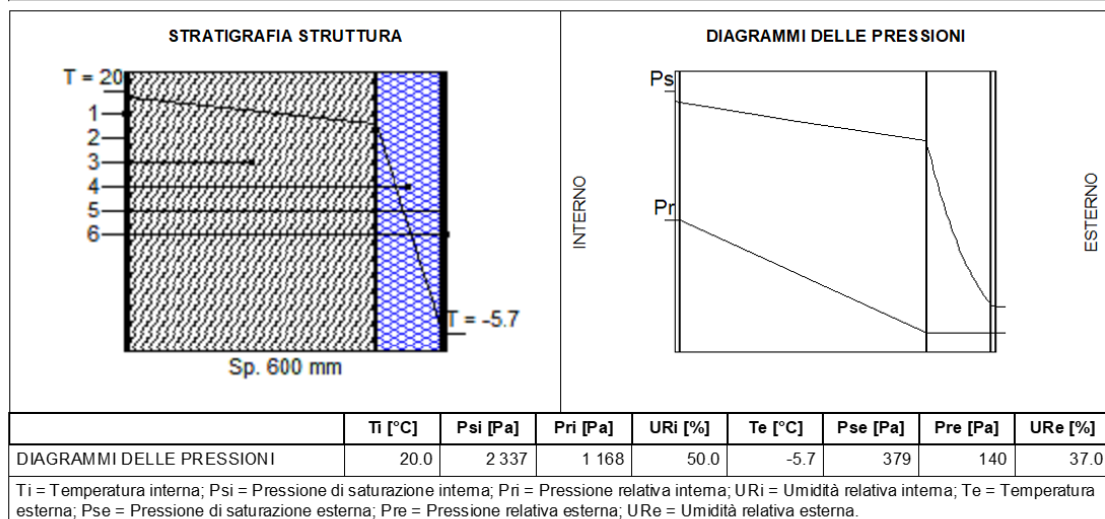
Per ogni ulteriore approfondimento si rimanda al computo metrico e agli elaborati grafici di progetto.

#### CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: 01  
Descrizione Struttura: Parete in pietrame 48 cm

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50°10¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0	0.130
2	Intonaco interno.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	1000	0.014
3	Mattoni e sassi	460	0.900	1.957	920.00	0.019	1000	0.511
4	Poliisocianurati in lastre ricavate da blocchi - mv.32	120	0.028	0.233	3.84	1.850	1600	4.286
5	Intonaco esterno Calore Specifico 1000 J/kgK.	10	0.900	90.000	18.00	8.500	1000	0.011
6	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 4.992 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.200 W/m²K		
SPESSORE = 600 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 66.314 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 924 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.00 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.01				SFASAMENTO = 19.32 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.8356								

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50°10¹² = Pemeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D Lgs.192/05 e s.m.i..



## 1.7.2. Caratteristiche tecniche dell'isolante per l'isolamento della copertura

Si riportano le specifiche tecniche dei materiali isolanti da utilizzare al fine del rispetto delle verifiche normative ai sensi del DM 26/06/2015:

1. **Pannello isolante per copertura:**  $\lambda \leq 0,022$  W/mK, spessore 10 cm, tipologia poliuretano

**Il pannello isolante dovrà possedere la certificazione CAM fornita dal produttore ai sensi del DM 23 giugno 2022 n. 256.**

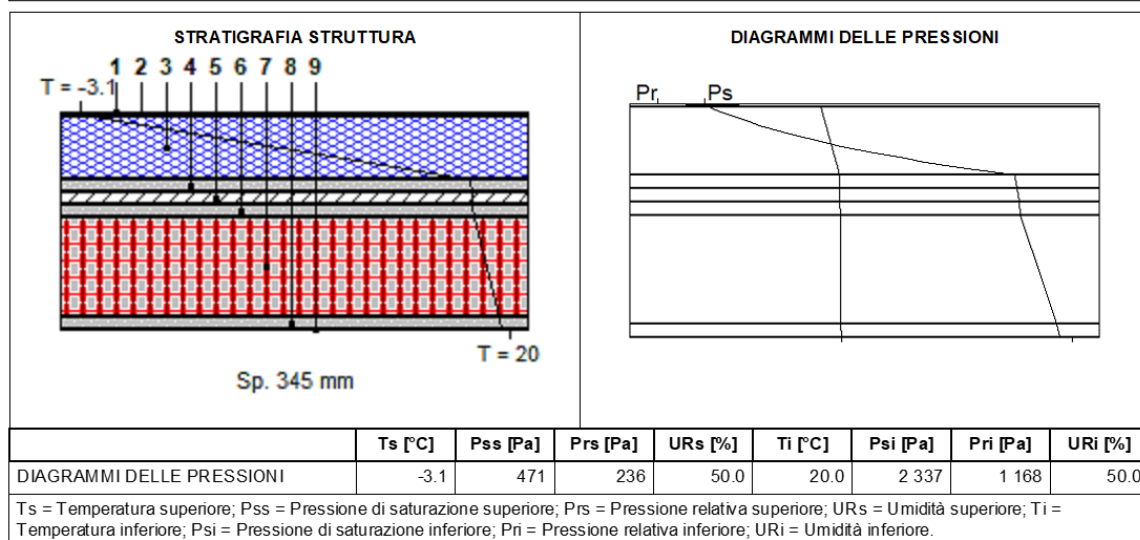
Per ogni ulteriore approfondimento si rimanda al computo metrico e agli elaborati grafici di progetto.

### CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: SOL03  
Descrizione Struttura: Solaio verso sottotetto isolato

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 <sup>12</sup> [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		10.000			0	0.100
2	Fogli di materiale sintetico.	5	0.230	46.000	5.50	0.010	900	0.022
3	Poliuretani in lastre ricavate da blocchi - mv.40	100	0.022	0.220	4.00	1.800	1600	4.545
4	Malta di cemento.	20	1.400	70.000	40.00	8.500	1000	0.014
5	Massetto in calcestruzzo alleggerito-1	20	1.160	58.000	8.00	193.000	1000	0.017
6	Malta di cemento.	20	1.400	70.000	40.00	8.500	1000	0.014
7	Blocco laterizio da 16	160		3.311	144.00	193.000	1000	0.302
8	Intonaco esterno Calore Specifico 1000 J/kgK.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	1000	0.022
9	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0	0.100
RESISTENZA = 5.137 m²K/W						TRASMITTANZA = 0.195 W/m²K		
SPESSORE = 345 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA = 64.642 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 242 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.03 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.18				SFASAMENTO = 10.18 h		
FRSI - FATTORE DI TEMPERATURA = 0.0000								

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50\*10<sup>12</sup> = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..



## 2. SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI

L'intervento prevede la sostituzione delle componenti trasparenti delimitanti il volume climatizzato dall'esterno, con nuovi serramenti ad elevata resistenza termica. L'intervento interessa la superficie lorda disperdente complessiva delle vetrate che risulta pari a circa **110 m<sup>2</sup>**.

La scelta delle componenti vetrate da installare deve soddisfare alcuni requisiti tecnici in materia di sicurezza, quali: protezione contro lo scasso, controllo della rottura del vetro, limitazione dell'eccessiva radiazione solare, protezione dalle temperature troppo alte o troppo basse, corretta illuminazione, evitando la riflessione e l'abbagliamento. Inoltre è necessario che i nuovi serramenti siano caratterizzati da valori di trasmittanza termica che rispettino i limiti imposti dalla normativa vigente.

In particolare, così come disposto dal Decreto interministeriale 16 febbraio 2016, recante "l'aggiornamento delle discipline per l'innovazione dei piccoli interventi di incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili cui al DM 28 dicembre 2012 (c.d. Conto termico)", i valori della trasmittanza termica U delle componenti trasparenti, soggette a riqualificazione energetica, sono definiti dalla tabella seguente:

Zona climatica A	$\leq 2,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Zona climatica B	$\leq 2,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Zona climatica C	$\leq 1,75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Zona climatica D	$\leq 1,67 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Zona climatica E	$\leq 1,30 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Zona climatica F	$\leq 1,00 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

**Tabella 1 - Trasmittanza termica  $U_w$  massima consentita per le chiusure trasparenti, comprensive di infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione (Decreto interministeriale 16 febbraio 2016, Allegato 1 Tabella 1)**

Per il Comune di Varano dè Melegari (PR) ricadente in zona climatica E, l'intervento di riqualificazione energetica dovrà consentire di raggiungere un valore di trasmittanza termica complessivo dei serramenti post-operam inferiore a  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 2.1 Norma di riferimento

Nel corso dell'ultimo decennio il legislatore ha arricchito il quadro normativo in materia di efficienza energetica nell'edilizia con norme progressivamente sempre più stringenti e vincolanti. Il seguente elenco riassume i principali atti normativi in materia:

- UNI 7697: 2021 – Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie.  
La norma, in vigore dal 26 agosto 2021, si applica ai vetri per edilizia ed a qualsiasi altro impiego non regolamentato da norme specifiche pertinenti, mentre per quelli regolamentati, la norma indica esclusivamente il riferimento da applicare.
- UNI EN 12207:2017 – Finestre e porte – Permeabilità all'aria – Classificazione

La norma, in vigore dal 26 gennaio 2017, definisce la classificazione dei risultati di prova di finestre completamente assemblate e porte pedonali, interne ed esterne, di qualsiasi materiale, sottoposte alla prova in conformità alla EN 1026.

- UNI EN 1026:2016 – Finestre e porte – Permeabilità all'aria – Metodo di prova

La norma, in vigore dal 14 aprile 2016, definisce il metodo di prova che deve essere utilizzato per determinare la permeabilità all'aria di porte e finestre, realizzate in qualsiasi materiale e completamente assemblate, quando sottoposte a prova sotto pressione positiva o negativa. Il presente metodo di prova considera le condizioni di utilizzo, quando la finestra o la porta è installata in conformità alle specifiche del fabbricante e ai requisiti delle norme europee pertinenti e dei codici di pratica.

- UNI EN 12208:2000 Finestre e porte – Tenuta all'acqua – Classificazione

La norma, in vigore dal 31 luglio 2000, è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 12208 (edizione novembre 1999). La norma definisce la classificazione dei risultati di prova di finestre e porte, di qualsiasi materiale, sottoposte alla prova di tenuta all'acqua.

- UNI EN 1027:2016 Finestre e porte – Tenuta all'acqua – Metodo di prova

La norma, in vigore dal 14 aprile 2016, definisce il metodo di prova che deve essere utilizzato per determinare la tenuta all'acqua di porte e finestre, realizzate in qualsiasi materiale e completamente assemblate, quando sottoposte a prova sotto pressione positiva o negativa. Il presente metodo di prova considera le condizioni di utilizzo, quando la finestra o la porta è installata in conformità alle specifiche del fabbricante e ai requisiti delle norme europee pertinenti e dei codici di pratica.

- UNI EN 12210:2016 Finestre e porte– Resistenza al carico del vento – Classificazione

La norma, in vigore dal 14 aprile 2016, definisce la classificazione dei risultati di prova per porte e finestre, realizzate in qualsiasi materiale e completamente assemblate, dopo averle sottoposte a prova in conformità alla EN 12211.

- UNI EN 12211:2016 Finestre e porte– Resistenza al carico del vento – Metodo di prova

La norma, in vigore dal 14 aprile 2016, definisce il metodo di prova che deve essere utilizzato per determinare la resistenza al carico del vento di porte e finestre, realizzate in qualsiasi materiale e completamente assemblate, quando sottoposte a prova sotto pressione positiva o negativa. Il presente metodo di prova considera le condizioni di utilizzo, quando la finestra o la porta è installata in conformità alle specifiche del fabbricante e ai requisiti delle norme europee pertinenti e dei codici di pratica.

- UNI 11673-1:2017 “Posa in opera di serramenti - Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione”.

La norma, in vigore dal 2 marzo 2017, definisce le metodologie di verifica dei requisiti di base dei progetti di posa in opera dei serramenti, fornendo indicazioni di carattere progettuale. Le metodologie descritte sono concepite per la verifica delle prestazioni dei giunti di installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti

- Decreto legislativo 19 Agosto 2005 n. 192 “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia” con le disposizioni correttive ed integrative apportate dal decreto legislativo 29 Dicembre 2006, n. 311;

- Decreto legislativo n. 115/2008 “Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE”;

- Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia";
- Decreto legislativo 4 luglio 2014, n. 102 Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE;
- Decreto interministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici;
- Decreto interministeriale 26 giugno 2015, Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici;
- Decreto interministeriale 16 febbraio 2016, aggiornamento delle discipline per l'innovazione dei piccoli interventi di incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili cui al DM 28 dicembre 2012 (c.d. Conto termico).

## 2.2 Descrizione dello stato di progetto

L'intervento prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con dei nuovi aventi le seguenti caratteristiche:

- **telaio in alluminio, classe 1 di reazione al fuoco**
- **permeabilità all'aria classe 4 secondo la norma UNI EN 12207**
- **tenuta all'acqua classe 8A secondo la norma UNI 12208**
- **potere fonoisolante classe E secondo la UNI EN 12354**
- **valore isolamento acustico R36 dB**
- **resistenza agli urti classe 1B1 secondo norma EN 12600**
- **doppio vetro con vetrocamera bassoemissivo**
- **trasmittanza termica totale delle chiusure trasparenti, comprensive di infissi,  $U_w < 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  secondo la UNI 10077-1.**
- **Il fattore solare di trasmissione dell'infisso deve essere 0,35**

Per tutti i dettagli sulle caratteristiche degli infissi e le tipologie, si rimanda all'elaborato grafico di progetto.

### 3. IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L'intervento in esame è la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza di nominale complessiva pari a **11,88 kW<sub>p</sub>** da installare sulla copertura dell'edificio. L'impianto fotovoltaico è destinato a produrre energia elettrica che sarà in parte autoconsumata, in collegamento alla rete elettrica di distribuzione di bassa tensione in corrente alternata e a lavorare in regime di scambio sul posto.

#### 3.1 Caratteristiche elettriche dell'utenza e producibilità attesa dell'impianto

La tabella seguente mostra la radiazione solare incidente media mensile e media giornaliera (H) e la produzione di energia elettrica media mensile e media giornaliera (E) nel sito oggetto di intervento.

I dati sono stati ottenuti attraverso il nuovo software del Joint Research Center di Ispra ([https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/it/#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/it/#PVP)), inserendo le coordinate della corretta posizione geografica del luogo oggetto di intervento e la disposizione dei moduli fotovoltaici. Dal calcolo si evince una producibilità stimata di **1.361 kWh/kW<sub>p</sub>·mese**, ovvero per l'impianto in oggetto si possono raggiungere complessivamente circa **16.168 kWh/anno** di energia elettrica prodotta.

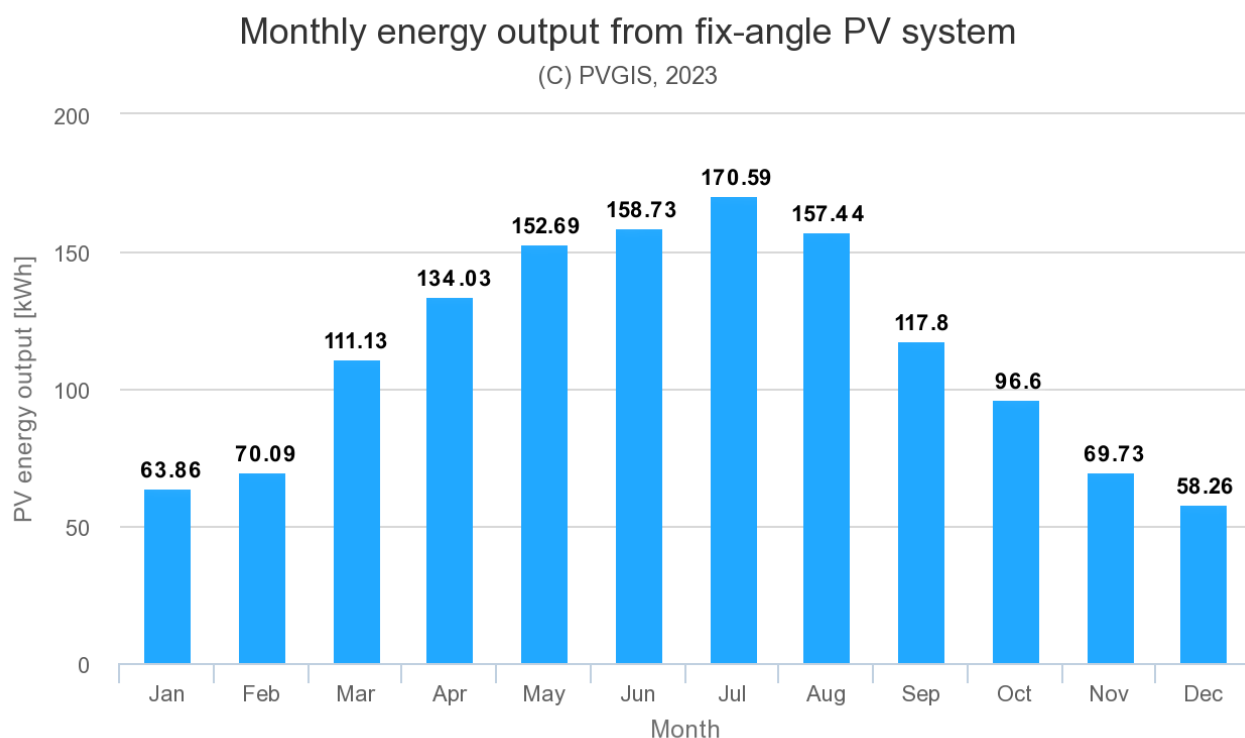


Figura 9 – Stima dell'andamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico

La maggior produzione è prevista per i mesi centrali dell'anno, quando l'irraggiamento sul piano di posa dei moduli fotovoltaici raggiunge il valore massimo, per poi decrescere nella restante parte dell'anno. Se non autoconsumata, l'energia elettrica prodotta verrà immessa in Rete e remunerata secondo il meccanismo dello Scambio Sul Posto ottenendo il contributo in Conto Scambio.

## 3.2 Definizioni e prescrizioni

Le principali normative e leggi di riferimento adoperate per la progettazione e l'installazione dell'impianto fotovoltaico sono le seguenti:

- norme CEI-IEC per la parte elettrica convenzionale;
- conformità al marchio CE per i moduli fotovoltaici e per il gruppo di conversione c.c./c.a.;
- norme CEI-IEC e/o JRC-ESTI per i moduli fotovoltaici; in particolare, la CEI EN 61215 per moduli al silicio cristallino e la CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- norme UNI-ISO per le strutture meccaniche di supporto e ancoraggio dei moduli FV;
- DLgs 81/2008 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- DM 37/2008, Norme per la sicurezza degli impianti.

Si richiamano le norme EN 60439-1 e IEC 439 per quanto riguarda i quadri elettrici, le norme CEI 110-31 e le CEI 110-28 per il contenuto di armoniche e i disturbi indotti sulla rete dal convertitore c.c./c.a., le norme CEI 110-1, le CEI 110-6 e le CEI 110-8 per la compatibilità elettromagnetica (EMC) e la limitazione delle emissioni in RF.

Un elenco sintetico di parte della normativa applicabile è riportata nel paragrafo seguente.

Le opere e installazioni saranno eseguite a regola d'arte in conformità alle Norme applicabili CEI, IEC, UNI, ISO vigenti.

## 3.3 Normativa tecnica di riferimento

CEI 64-8: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua;

CEI 11-20: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;

CEI EN 60904-1: Dispositivi fotovoltaici Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione-corrente;

CEI EN 60904-2: Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;

CEI EN 60904-3: Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;

CEI EN 61727: Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;

CEI EN 61215: Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;

CEI EN 61000-3-2: Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);

CEI EN 60555-1: Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;

CEI EN 60439-1-2-3: Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione;

CEI EN 60445: Individuazione dei morsetti e degli apparecchi e delle estremità dei conduttori designati e regole generali per un sistema alfanumerico;

CEI EN 60529: Gradi di protezione degli involucri (codice IP);

CEI EN 60099-1-2: Scaricatori;

CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750V;

CEI 81-1: Protezione delle strutture contro i fulmini;

CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;

CEI 81-4: Valutazione del rischio dovuto al fulmine;

CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;

CEI 0-21;V1: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;

UNI 10349: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

CEI EN 61724: Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici. Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;

IEC 60364-7-712 Electrical installations of buildings - Part 7-712:  
Requirements for special installations or locations Solar photovoltaic (PV) power supply systems.

Qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si applicano le norme più recenti. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra elencate, i documenti tecnici emanati dalle società di distribuzione di energia elettrica riportanti disposizioni applicative per la connessione di impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.

### **3.4 Posizionamento impianto fotovoltaico**

L'impianto fotovoltaico incluso nell'intervento di efficientamento della sede Comunale sarà costituito da **n. 24 moduli di potenza di picco 495 Wp**, posizionati sulla copertura dell'edificio.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

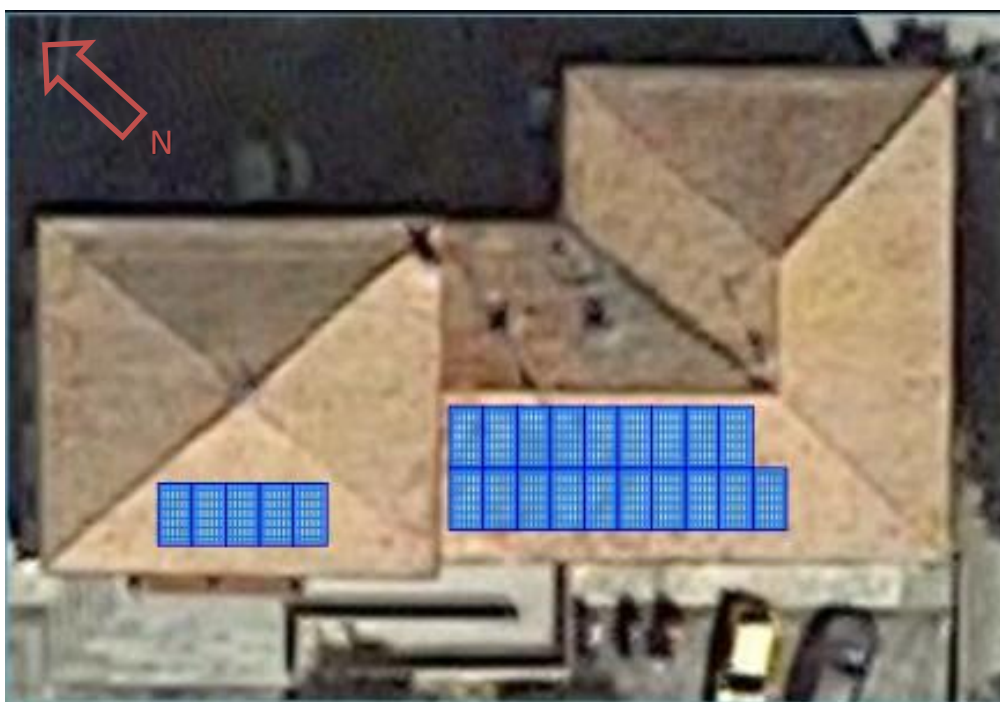


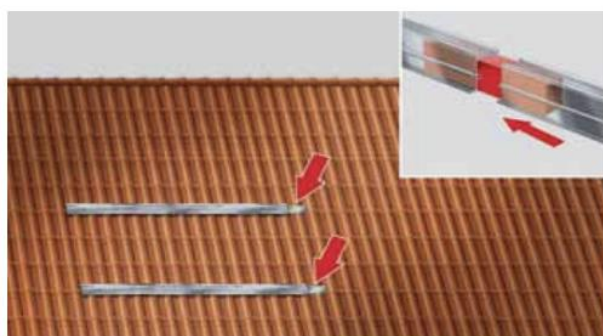
Figura 10 – Fotoinserimento impianto fotovoltaico, vista dall'alto

Il sistema di fissaggio sarà composto da profilati in alluminio fissati alla copertura, ai quali saranno assicurati i moduli fotovoltaici mediante morsetti centrali e terminali opportunamente posizionati.



Figura 11 – Vista elementi che compongono la struttura di fissaggio dei moduli su pensilina

In copertura saranno utilizzati appositi ganci per l'installazione di impianti su falda inclinata costituita da tegole.



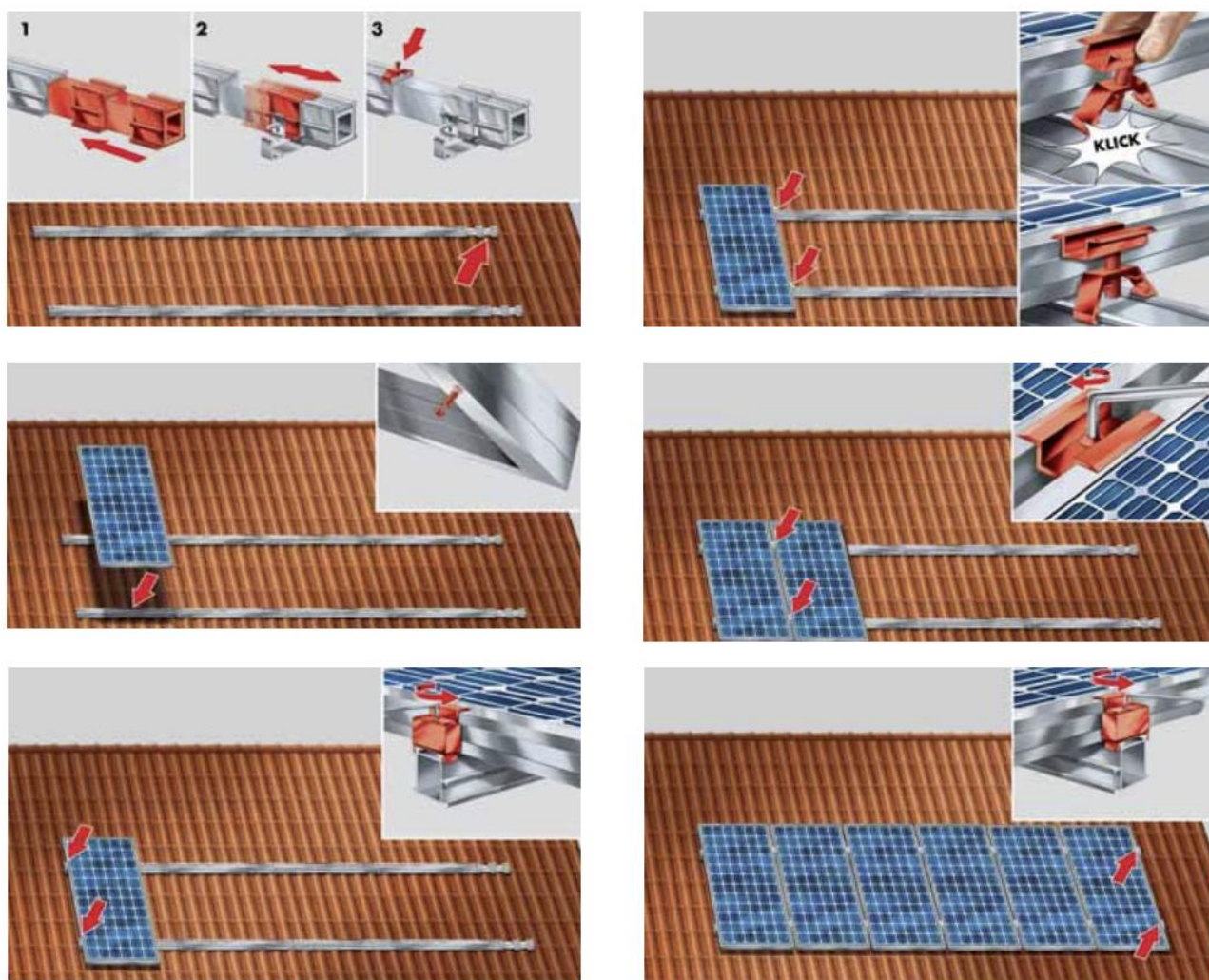


Figura 12 – Esempio fasi lavorative e sistema di fissaggio per moduli fotovoltaici in copertura

Per garantire la sicurezza nelle varie fasi di lavorazione, si ritiene necessaria l'installazione di un sistema di linee vita per l'ancoraggio in copertura e di un parapetto provvisorio.

Gli inverter, i quadri di campo lato DC e il quadro lato AC completo di protezioni, saranno alloggiati all'interno nel vano tecnico posto al piano seminterrato in adiacenza al contatore di scambio.

### 3.5 Schema elettrico generale

#### Descrizione

La tavola allegata riporta lo schema elettrico unifilare dell'impianto fotovoltaico, attraverso il quale è possibile evidenziare le principali funzioni svolte dai vari sottosistemi e apparecchiature che compongono l'impianto stesso.

Il generatore fotovoltaico posto sul tetto dell'edificio è composto complessivamente da 24 moduli di potenza pari a 495 Wp in silicio monocristallino disposti in parallelo e connesse all'inverter e collegate al medesimo contatore di scambio.

Con riferimento alle caratteristiche dei moduli fotovoltaici e dell'inverter utilizzato, nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche principali dell'impianto: la potenza complessiva di picco lato corrente continua, simulando l'utilizzo di moduli da 495Wp, risulta essere 11,88 kWp.

L'inverter è del tipo trifase senza trasformatore di isolamento di potenza analoga. Le fasi e il neutro in uscita dall'inverter sono poi collegate all'impianto elettrico dell'utenza. Nella tabella seguente sono riportati i dati caratteristici dell'inverter da utilizzare.

L'involucro esterno degli inverter è in grado di resistere alla penetrazione di solidi e liquidi con grado di protezione IP65.

### **Quadro di campo**

Il quadro di campo è necessario per effettuare il parallelo delle stringhe ed è installato immediatamente a monte dell'inverter, lato cc.

All'interno saranno installati sezionatori con fusibili per ogni stringa e dopo il parallelo uno scaricatore di sovratensione lato cc di tipo 2 per coppia di stringhe. Nel caso in cui fosse presente un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche, è necessario utilizzare uno scaricatore di sovratensione di tipo 1.

### **Quadro di corrente alternata**

Il nuovo quadro lato AC sarà posizionato in corrispondenza dell'inverter, e all'interno saranno presenti:

- il dispositivo di sgancio del generatore DDG, interruttore magnetotermico differenziale  $I_n = 25\text{ A}$ ,  $I_{cn} = 4,5\text{ kA}$ , Caratteristica C, 4P;
- gli scaricatori di sovratensione SCA;
- un dispositivo di interfaccia 4 poli avente corrente esercizio nominale  $I_e \leq 25\text{ A}$ , conforme a IEC 60947;
- un interruttore magnetotermico di sezionamento della linea FV posizionato a monte del contatore di produzione (SEZ 1), con  $I_n = 25\text{ A}$ , 4 P.

### **Quadro di parallelo con l'impianto elettrico esistente**

Il parallelo dell'impianto fotovoltaico con la Rete sarà effettuato all'interno del Quadro Generale dell'utenza adiacente al contatore. Si prevede di posare un nuovo armadio per alloggiare l'eventuale nuovo contatore di scambio nonché l'adeguamento del dispositivo generale esistente.

### **Prescrizioni VVF e misure adottate**

Secondo l'Allegato alla nota prot. N.1324 del 07/02/2012, gli impianti fotovoltaici non rientrano fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122".

In via generale l'installazione di un impianto fotovoltaico (FV), in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio. L'aggravio potrebbe concretizzarsi, per il fabbricato servito, in termini di:

- interferenza con il sistema di ventilazione dei prodotti della combustione (ostruzione parziale/totale di traslucidi, impedimenti apertura evacuatori);
- ostacolo alle operazioni di raffreddamento/estinzione di tetti combustibili;
- rischio di propagazione delle fiamme all'esterno o verso l'interno del fabbricato (presenza di condutture sulla copertura di un fabbricato suddiviso in più compartimenti — modifica della velocità di propagazione di un incendio in un fabbricato mono compartimento).

L'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi richiede gli adempimenti previsti dal comma 6 dell'art. 4 del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011.

A tal proposito, sarà installato un pulsante di sgancio d'emergenza a lancio di corrente dotato di spia luminosa per verificare la presenza Rete. Sarà ubicato all'ingresso del fabbricato sul lato esterno e comanderà lo sgancio del DDG a valle dell'inverter (lato AC), quindi nel punto in cui la porzione di impianto fotovoltaico entra nel compartimento antincendio, in modo da mettere in sicurezza ogni parte dell'impianto elettrico all'interno del compartimento antincendio.

### 3.6 Calcoli e verifiche di progetto

#### Variazione della tensione con le temperature per la sezione c.c.

Occorre verificare che in corrispondenza dei valori minimi di temperatura esterna e dei valori massimi di temperatura raggiungibili dai moduli fotovoltaici risultino essere verificate tutte le seguenti disuguaglianze:

$$V_{m \min} \geq V_{inv \text{ MPPT min}}$$

$$V_{m \max} \leq V_{inv \text{ MPPT max}}$$

$$V_{oc \max} < V_{inv \max}$$

Nelle quali  $V_{inv \text{ MPPT min}}$  e  $V_{inv \text{ MPPT max}}$  rappresentano, rispettivamente, i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di massima potenza, mentre la  $V_{inv \max}$  è il valore massimo di tensione c.c. ammissibile ai morsetti dell'inverter. Considerando una variazione della tensione a circuito aperto di ogni modulo in dipendenza dalla temperatura pari a  $-0,30 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$  e i limiti di temperatura estremi pari a  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+70^{\circ}\text{C}$ ,  $V_m$  e  $V_{oc}$  assumono valori differenti rispetto a quelli misurati a STC ( $25^{\circ}\text{C}$ ).

Assumendo che tali grandezze varino linearmente con la temperatura, le precedenti disuguaglianze, nei vari casi, diventano come in tabella. In tutti i casi le disuguaglianze risultano verificate e pertanto si può concludere che vi è compatibilità tra le stringhe di moduli fotovoltaici e l'inverter adottato.

MPPT 1			MPPT 2		
$V_{oc, \max}$	<	$V_{inv, \max}$ OK	$V_{oc, \max}$	<	$V_{inv, \max}$ OK
778,3		800	658,6		800
$V_{mpp, \min}$	>	$V_{inv, \text{ mppt min}}$ OK	$V_{mpp, \min}$	>	$V_{inv, \text{ mppt min}}$ OK
470,7		270	398,3		270
$V_{mpp, \max}$	<	$V_{inv, \text{ mppt max}}$ OK	$V_{mpp, \max}$	<	$V_{inv, \text{ mppt max}}$ OK
643,8		800	544,7		800

$I_{sc}$	<	$I_{inv, cc}$	OK	$I_{sc}$	<	$I_{inv, cc}$	OK
12,5		56		12,5		34	

Tabella 2 - Verifica dei limiti di tensione all'ingresso dell'inverter da 15 kW

### **Portata dei cavi in regime permanente**

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono tali da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolamenti sottoposti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati e in condizioni ordinarie di esercizio.

La verifica per sovraccarico è stata eseguita utilizzando le relazioni:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \text{ e } I_f = 1,45 \cdot I_Z$$

- *Collegamenti tra i moduli fotovoltaici e parallelo stringhe*

Cavo solare H1Z2Z2-K unipolare di sezione 4 mm<sup>2</sup>

$$I_B = 11,63 \text{ A}$$

$$I_N = 12 \text{ A}$$

$$I_Z = 55 \text{ A}$$

- *Collegamenti tra parallelo stringhe e l'inverter*

Cavo solare H1Z2Z2-K unipolare di sezione 4 mm<sup>2</sup>

$$I_B = 20,44 \text{ A}$$

$$I_N = 25 \text{ A}$$

$$I_Z = 55 \text{ A}$$

- *Collegamenti tra l'uscita dagli inverter e il DDG*

Cavo quadripolare FG16OM16 di sezione 4x4 mm<sup>2</sup>

$$I_B = 21,7 \text{ A}$$

$$I_N = 25 \text{ A}$$

$$I_Z = 41 \text{ A}$$

### **Protezione contro il cortocircuito**

Per la parte di circuito in corrente continua, la protezione contro il cortocircuito è assicurata dalla caratteristica tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limita la corrente di cortocircuito degli stessi a valori noti e di poco superiori alla loro corrente nominale.

Nel calcolo della portata dei cavi in regime permanente si è già tenuto conto di tali valori, attribuibili a  $I_N$  e  $I_f$ . In tal modo, pertanto, anche la protezione contro il cortocircuito risulta assicurata. Per ciò che riguarda il circuito in corrente alternata, la protezione contro il cortocircuito è assicurata dal dispositivo limitatore contenuto all'interno dell'inverter.

L'interruttore magnetotermico posto a valle dell'inverter (dispositivo di generatore) agisce da ricalzo all'azione del dispositivo di protezione all'interno dell'inverter stesso.

## **Cavi**

Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica, l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttore di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio);
- Conduttore di fase: grigio/marrone/nero;
- Conduttore per circuiti in c.c.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con “+” e del negativo con “-”.

## **Misuratori di energia**

I misuratori di energia saranno 2:

- un misuratore dell'energia totale prodotta dal sistema fotovoltaico da posizionare a valle del generatore fotovoltaico (inverter), che sarà installato dal Distributore di rete;
- un misuratore bidirezionale di energia, che effettua la misurazione dell'energia elettrica sia in entrata che in uscita. In entrata, il misuratore conteggerà il prelievo di energia elettrica dalla rete, ovviamente al netto dell'eventuale apporto dell'impianto fotovoltaico.

## **Sistema di monitoraggio**

Sarà installato a bordo dell'inverter un sistema di monitoraggio tipo ABB o equivalente con trasmissione dati Wi-fi o GSM (a seconda della possibilità di utilizzare una rete wi-fi) al fine di monitorare la produzione dell'impianto fotovoltaico da remoto (pc, smartphone, tablet).

## **Stipamento dei cavi in tubi**

I cavi saranno stipati in tubazioni rigide a sezione circolare o rettangolare con percentuale della sezione occupata dai cavi inferiore al 50%, come è prescritto dalle norme CEI 64-8. I cavi unipolari di collegamento tra moduli fotovoltaici non necessitano di protezione.

## **Sezione dei conduttori di protezione**

La sezione del conduttore di protezione dell'inverter fino al nodo di terra (o barra equipotenziale) è pari a 10 mm<sup>2</sup>. Lo scaricatore di sovratensione lato c.a. è collegato a terra con cavi di protezione sezione 16 mm<sup>2</sup>. Le strutture dei moduli, se non di classe II di isolamento, saranno connesse al nodo di terra con cavo di protezione di sezione 6 mm<sup>2</sup>. Tutti i cavi sono di tipo N07V-K unipolare G/V. Se presente un sistema di protezione dalle scariche atmosferiche (LPS), sarà necessario collegare le strutture dei moduli, se non di classe II di isolamento, all'LPS.

## **Misure di protezione contro i contatti diretti**

Ogni parte elettrica dell'impianto, sia in corrente alternata che in corrente continua, è da considerarsi in bassa tensione.

La protezione contro i contatti diretti è assicurata dall'utilizzo dei seguenti accorgimenti:

- utilizzo di componenti dotati di marchio CE Direttiva CEE 73/23;

- utilizzo di componenti aventi un idoneo grado di protezione alla penetrazione di solidi e liquidi;
- collegamenti effettuati utilizzando cavo rivestito con guaina esterna protettiva, idoneo per la tensione nominale utilizzata e alloggiato in condotto portacavi (canale o tubo a seconda del tratto) idoneo allo scopo. Alcuni brevi tratti di collegamento tra i moduli fotovoltaici non risultano alloggiati in tubi o canali. Questi collegamenti, tuttavia, essendo protetti dai moduli stessi, non sono soggetti a sollecitazioni meccaniche di alcun tipo, né risultano ubicati in luoghi ove sussistano rischi di danneggiamento.

### **Misure di protezione contro i contatti indiretti**

#### **Sistema in corrente continua**

Le stringhe di ogni sezione sono protette ciascuna da sezionatori tipo GPV con fusibili da 12 A.

#### **Sistema in corrente alternata (TT)**

Gli inverter e quanto contenuto nel quadro elettrico c.a. sono collegati all'impianto elettrico dell'edificio e pertanto fanno parte del sistema elettrico di quest'ultimo.

La protezione contro i contatti indiretti è, in questo caso, assicurata dal seguente accorgimento:

- collegamento al conduttore di protezione di protezione PE di tutte le masse, ad eccezione degli involucri metallici delle apparecchiature di Classe II.

Poiché è stato scelto un inverter senza trasformatore, non è possibile garantire la separazione galvanica tra sezione in c.c. e c.a. e, pertanto, la sezione in c.c. è da considerarsi un'estensione del circuito primario, ossia del sistema a cui l'impianto fotovoltaico è collegato (norme CEI 64-8/4).

### **Misure di protezione sul collegamento alla rete elettrica**

La protezione del sistema di generazione fotovoltaica nei confronti sia della rete autoproduttore che della rete di distribuzione pubblica è realizzata in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-20, con riferimento anche a quanto contenuto dal documento Enel DK5940.

L'impianto dovrà risultare pertanto equipaggiato con un sistema di protezione che si articola su 3 livelli: dispositivo del generatore, dispositivo di interfaccia, dispositivo generale.

#### **Dispositivo di generatore**

L'inverter è internamente protetto contro il cortocircuito e il sovraccarico con un dispositivo in grado di bloccare le componenti in corrente continua in uscita. Il riconoscimento della presenza di guasti interni provoca l'immediato distacco dell'inverter dalla rete elettrica.

Il dispositivo di generatore per gli inverter è costituito da un interruttore magnetotermico differenziale, corrente nominale 32 A, 4P, I<sub>dn</sub> 30 mA, caratteristica C, potere di interruzione 4,5 kA. A tale dispositivo sarà collegato il pulsante di emergenza a lancio di corrente.

#### **Dispositivo di interfaccia**

Il dispositivo di interfaccia deve provocare il distacco dell'intero sistema di generazione in caso di guasto sulla rete elettrica.

Il riconoscimento di eventuali anomalie sulla rete avviene considerando come anormale le condizioni di funzionamento che fuoriescono da una determinata finestra di tensione e frequenza.

La protezione offerta dal dispositivo di interfaccia impedisce, inoltre, che l'inverter continui a funzionare, con particolari configurazioni di carico, anche nel caso di black-out esterno. Questo fenomeno, detto funzionamento in isola, deve essere assolutamente evitato, soprattutto perché può tradursi in condizioni di pericolo per il personale addetto alla ricerca e alla riparazione dei guasti.

La protezione di interfaccia sarà del tipo Lovato PMVF20 (o similari) a cui sarà collegato un UPS di potenza 60 W che, in assenza della tensione principale, ne consente il funzionamento per almeno 5 s: il sistema di alimentazione ausiliario deve essere opportunamente dimensionato per consentire, in assenza dell'alimentazione principale, il funzionamento del SPI, la tenuta in chiusura del DDI e dell' eventuale dispositivo di comando per il ricalzo almeno per il tempo sopra definito, come prescritto dalla Norma CEI 0-21.

### **Dispositivo generale**

Il dispositivo generale ha la funzione di salvaguardare il funzionamento della rete nei confronti di guasti nel sistema di generazione elettrica. Per questo tipo di impianto sarà necessario installare un nuovo interruttore magnetotermico posizionato a protezione delle nuove linee, quella esistenti del quadro generale materna ed elementare e quelle nuove del quadro fotovoltaico e dell'

### **Misure di protezione contro gli effetti delle scariche atmosferiche**

#### **Fulminazione diretta**

L'impianto fotovoltaico non influisce sulla forma o volumetria dell'edificio e pertanto non aumenta la probabilità di fulminazione diretta sulla struttura.

#### **Fulminazione indiretta**

L'abbattersi di scariche atmosferiche in prossimità dell'impianto può provocare il concatenamento del flusso magnetico associato alla corrente di fulmine con i circuiti dell'impianto fotovoltaico, così da provocare sovratensioni in grado di mettere fuori uso i componenti tra cui, in particolare, gli inverter.

Nel quadro di parallelo in corrente alternata è installato uno scaricatore a varistore, corrente impulsiva nominale di scarica  $8/20 \mu s = 20 \text{ kA}$ , corrente impulsiva massima di scarica  $8/20 \mu s = 40 \text{ kA}$  e dotato di indicatore di guasto.

### **Verifica tecnico funzionale**

A lavori ultimati l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- continuità elettrica nelle connessioni tra moduli fotovoltaici;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;
- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- condizione:  $P_{cc} > 0,85 \cdot P_{nom} \cdot I / I_{STC}$ , ove:

- Pcc è la potenza (in kW) misurata all'uscita del generatore fotovoltaico, con precisione migliore del 2%,
- Pnom è la potenza nominale (in kW) del generatore fotovoltaico;
- I è l'irraggiamento (in W/m<sup>2</sup>) misurato sul piano dei moduli, con precisione migliore del 3%;
- ISTC, pari a 1000 W/m<sup>2</sup>, è l'irraggiamento in condizioni standard;

Tale condizione deve essere verificata per  $I > 600 \text{ W/m}^2$ .

- condizione:  $P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$ , ove:
  - Pca è la potenza attiva (in kW) misurata all'uscita del gruppo di conversione, con precisione migliore del 2%;

Tale condizione deve essere verificata per  $P_{ca} > 90\%$  della potenza di targa del gruppo di conversione della corrente continua in corrente alternata.

- $P_{ca} > 0,75 * P_{nom} * I / ISTC$

Inoltre l'installatore dell'impianto, in possesso di tutti i requisiti previsti dalle leggi in materia, emetterà una scheda di collaudo, firmata e siglata in ogni parte, che attesti l'esito delle verifiche e la data in cui le predette sono state effettuate.

## 4. RELAMPING CON LAMPADE AD ALTA EFFICIENZA (LED)

L'intervento prevede la messa a norma secondo la UNI EN 12464 e la sostituzione degli attuali sistemi di illuminazione con corpi illuminanti ad alta efficienza utilizzando la tecnologia LED (Light Emitting Diode). I nuovi dispositivi di illuminazione a LED, installati in luogo delle attuali lampade fluorescenti lineari, garantiranno sia un risparmio dei consumi che il rispetto dei requisiti minimi previsti dalla normativa vigente. Il presente intervento non interesserà il preesistente impianto di luci di emergenza poiché si tratta di un impianto del tutto autonomo ed indipendente da quello di illuminazione.

### 4.1 Stato dell'impianto di illuminazione

L'illuminazione interna della struttura è fornita principalmente faretti a parete e da plafoniere a sospensione, da 36 o 58 W. La durata media degli impianti simili a quelli attualmente in uso è di 10/15.000 ore.

A titolo esemplificativo si riportano alcune immagini dei corpi illuminanti attualmente installati all'interno dell'edificio.

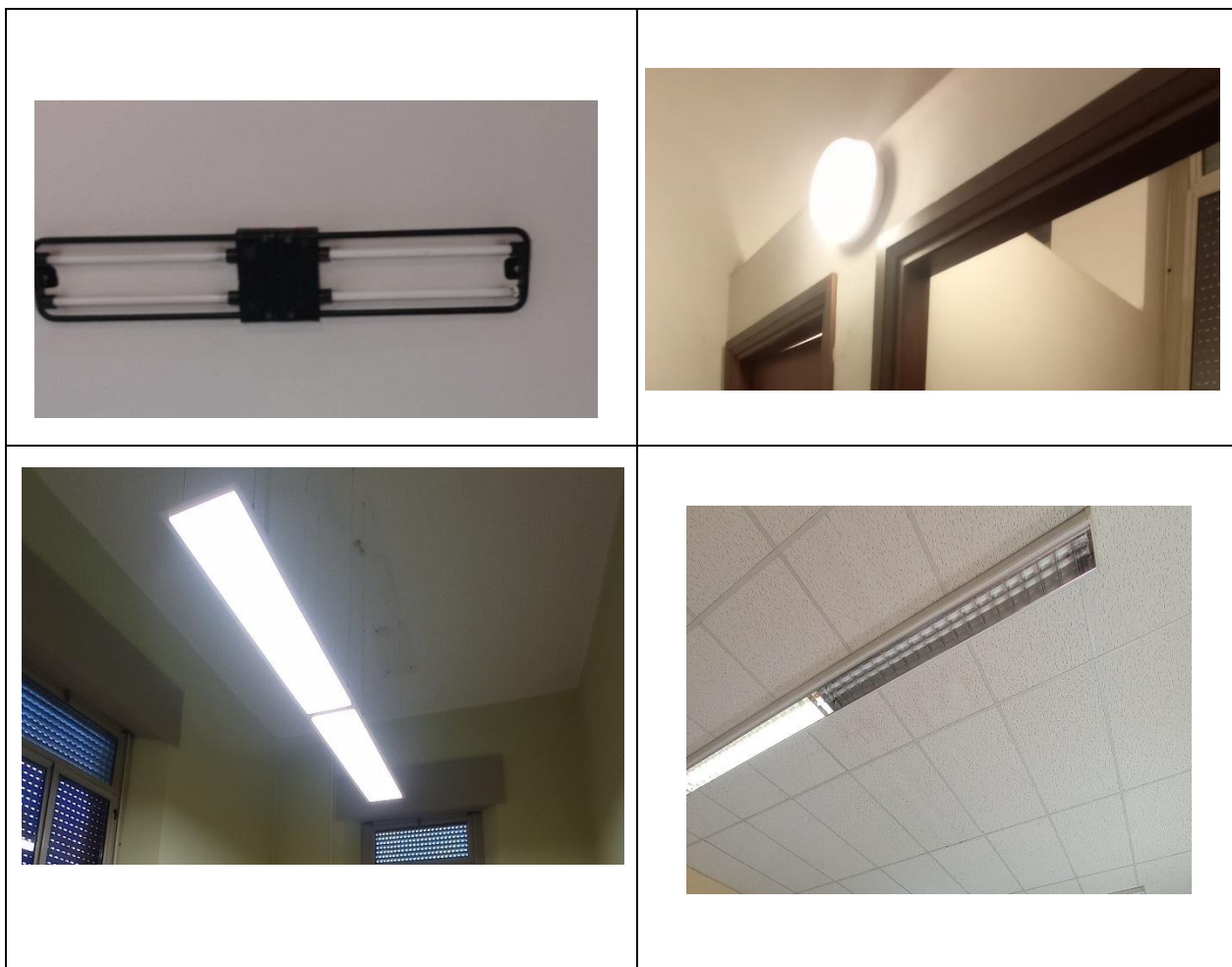


Figura 6 – Vista corpi illuminanti presenti all'interno dell'edificio

## 4.2 Proposta progettuale

Le nuove lampade LED ad alta efficienza saranno opportunamente selezionate per rispettare i seguenti requisiti:

- le lampade e gli apparecchi di illuminazione devono essere certificati da laboratori accreditati anche per quanto riguarda le caratteristiche fotometriche (solido fotometrico, resa cromatica, flusso luminoso, efficienza luminosa), nonché per la loro conformità ai criteri di sicurezza e di compatibilità elettromagnetica previsti dalle norme tecniche vigenti e recanti la marcatura CE;
- le lampade devono rispettare i seguenti requisiti tecnici:
  - a) indice di resa cromatica (IRC) > 90 per l'illuminazione d'interni;
  - b) efficienza luminosa minima: 95 lm/W;
- gli apparecchi di illuminazione devono rispettare i requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari emanati ai sensi delle direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e devono avere almeno le stesse caratteristiche tecnico funzionali di quelli sostituiti e permettere il rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti;
- i sistemi di illuminazione esterni o emittenti verso l'esterno sono realizzati in conformità alla normativa sull'inquinamento luminoso e sulla sicurezza, ove presenti.

La sostituzione dei corpi illuminanti sarà effettuata rispettando il valore del flusso luminoso emesso (Lux) per ogni vano secondo la UNI EN 12464, come evidenziato nella relazione illuminotecnica allegata.

Il valore di Resa del Colore (Ra o CRI) dei corpi illuminanti in ogni vano è superiore ad 80 per il piano terra (Ingressi, biglietterie, aree vendita, reception ecc...) ed è superiore a 90 per gli uffici al piano primo.

Per quanto riguarda il piano terra, verranno installati apparecchi da installazione su cavo, con tubi LED di diversa tipologia come di seguito indicato, mentre al piano primo verranno installate plafoniere sul nuovo soffitto a cartongesso. In alcuni vani verranno in aggiunta installate appliques a emissione bidirezionale a parete. Nei servizi igienici sono previste plafoniere circolari stagne.

Di seguito si riporta il riepilogo del numero, della potenza e dei lumen dei corpi illuminanti da installare che costituiranno il nuovo impianto di illuminazione ad alta efficienza.

N.V ano	Ubica- zione	Vano	Tipologia vano	Superf icie [m2]	n° Pun- ti Luc- e	Pot . La- mp- .da LED [W]	Pot. total- e [W]	Lume- n/ vano	Tipologia lampada post
<b>A</b>	PST	archivio	Ufficio/aula	14,14	3	<b>35</b>	105	9975	plafoniera stagna
<b>B</b>	PST	archivio	Ufficio/aula	22,64	4	<b>35</b>	140	13300	plafoniera stagna
<b>C</b>	PST	archivio	Ufficio/aula	30,44	5	<b>35</b>	175	16625	plafoniera stagna
<b>D</b>	PST	scale	Corridoio	5,96	1	<b>35</b>	35	3325	plafoniera stagna
<b>1</b>	P T	ufficio	Ufficio/aula	14,38	3	<b>35</b>	105	9975	pannello LED kit sospensione
<b>2</b>	P T	ufficio	Ufficio/aula	25,05	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED kit sospensione
<b>3</b>	P T	entrata	Corridoio	31,10	2	<b>35</b>	70	6650	pannello LED kit sospensione
<b>4</b>	P T	sala consiglio	Ufficio/aula	42,52	6	<b>35</b>	210	19950	pannello LED incasso 60x120
<b>5</b>	P T	protezione civile	Ufficio/aula	14,66	3	<b>35</b>	105	9975	pannello LED incasso 60x120
<b>6</b>	P T	sala prelievi	Ufficio/aula	29,81	5	<b>35</b>	175	16625	pannello LED kit sospensione
<b>7</b>	P T	ufficio avis	Ufficio/aula	32,54	5	<b>35</b>	175	16625	pannello LED kit sospensione
<b>8</b>	P T	ambulatori- o	Ufficio/aula	15,15	3	<b>35</b>	105	9975	pannello LED kit sospensione
<b>9</b>	P T	corridoio	Corridoio	29,60	2	<b>35</b>	70	6650	pannello LED kit sospensione
<b>10a</b>	P T	disimpegno- WC	Bagno	5,93	3	<b>18</b>	54	5130	plafone tondo
<b>10b</b>	P T	disimpegno- WC	Bagno	5,93	3	<b>18</b>	54	5130	plafone tondo
<b>10c</b>	P T	CT	Vano- tecnico/antiba- gno	1,99	1	<b>18</b>	18	1710	plafone tondo
<b>11</b>	P1	disimpegno	Corridoio	32,27	2	<b>35</b>	70	6650	pannello LED kit sospensione
<b>11a</b>	P1	scale	Corridoio	6,00	1	<b>35</b>	35	3325	pannello LED kit cornice 30x120
<b>12</b>	P1	ufficio sindaco	Ufficio/aula	41,40	6	<b>38</b>	228	21660	faretto incasso
<b>13</b>	P1	anagrafe	Ufficio/aula	22,54	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED incasso 60x120
<b>14</b>	P1	segretario	Ufficio/aula	19,69	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED incasso 60x60
<b>15</b>	P1	ragioneria	Ufficio/aula	27,58	5	<b>35</b>	175	16625	pannello LED incasso 60x60
<b>16</b>	P1	servizi sociali	Ufficio/aula	18,01	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED incasso 60x60

<b>17</b>	P1	segreteria	Ufficio/aula	27,52	6	<b>35</b>	210	19950	pannello LED incasso 60x60
<b>18</b>	P1	corridoio	Corridoio	24,82	5	<b>35</b>	175	16625	pannello LED incasso 60x60
<b>19</b>	P1	tributi	Ufficio/aula	15,15	3	<b>35</b>	105	9975	pannello LED incasso 60x60
<b>20</b>	P1	archivio	Ufficio/aula	11,49	2	<b>35</b>	70	6650	pannello LED incasso 60x60
<b>21a</b>	P1	disimpegno bagno	Bagno	9,08	4	<b>18</b>	72	6840	plafone tondo
<b>21b</b>	P1	CT	Vano- tecnico/antibagno	4,30	1	<b>18</b>	18	1710	plafone tondo
<b>22</b>	P2	ufficio tecnico	Ufficio/aula	20,42	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED incasso 60x60
<b>23</b>	P2	ufficio tecnico	Ufficio/aula	21,96	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED incasso 60x60
<b>24</b>	P2	ufficio tecnico	Ufficio/aula	15,81	4	<b>35</b>	140	13300	pannello LED incasso 60x60
<b>25</b>	P2	atrio scala	Corridoio	11,04	1	<b>35</b>	35	3325	pannello LED kit cornice 30x120
<b>26</b>	P2	disimpegno uffici	Corridoio	3,64	1	<b>35</b>	35	3325	pannello LED incasso 60x60
<b>27</b>	P2	ripostiglio	Vano- tecnico/antibagno	16,28	1	<b>18</b>	18	1710	plafone tondo
<b>28</b>	P2	disimpegno bagno	Bagno	5,00	1	<b>18</b>	18	1710	plafone tondo
<b>29</b>	P2	wc	Bagno	8,30	3	<b>18</b>	54	5130	plafone tondo
<b>TOTALE</b>				<b>684,15</b>	<b>119</b>		<b>3894</b>		

**Tabella 5 - Elenco per tipologia e ubicazione dei corpi illuminanti interni post-operam**

La potenza complessivamente prevista per l'impianto di illuminazione interna "Post-Operam" si attesta sui **3,894 kW**. Il valore del numero di corpi illuminanti è leggermente più alto rispetto a quello "Ante Operam" ciò è dovuto principalmente per consentire il rispetto delle soglie normative (lux) che non risultano verificati nello stato attuale, unitamente l'indicazione dei lumen per vano è da considerarsi un valore minimo e modificabile in funzione del mantenimento del rispetto della norma UNI EN 12464.

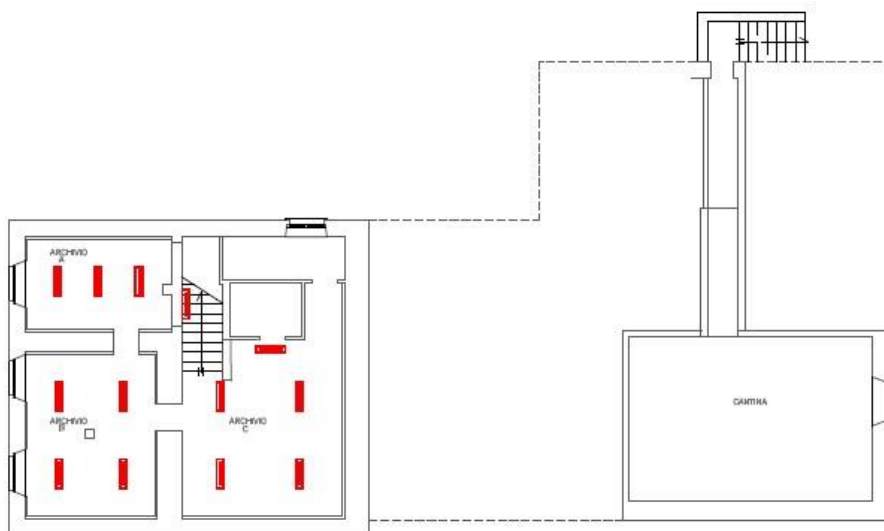
Nelle immagini seguenti sono illustrate le tipologie di apparecchi illuminanti selezionate.



**Figura 7 – Esempio di corpi illuminanti a LED**

Nell'immagine seguente è illustrata la disposizione e la collocazione delle diverse tipologie di corpi illuminanti nella condizione "Post Operam". Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto relativi all'intervento di relamping.

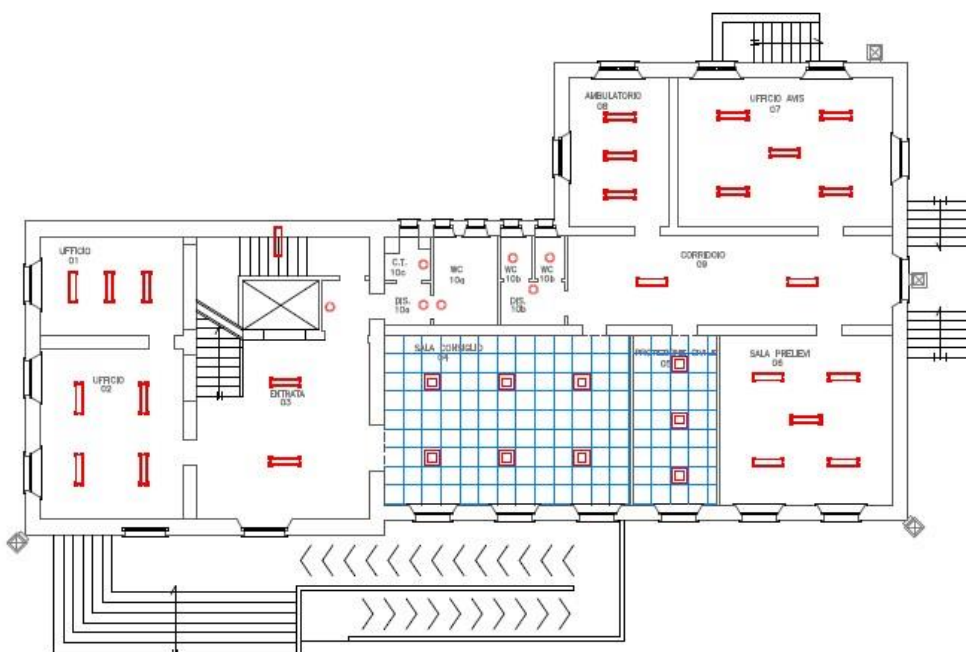
Pianta PIANO SEMINTERRATO - Scala 1:100



Post Operam - LEGENDA

- Faretto LED a traliccio CRI=90 UGR=19 - 30W
- Plafone tondo - 20W - IP 44
- Plafone LED 600x600 CRI=90 UGR=19 - 35W in controsoffitto
- Plafone LED 600x600 CRI=90 UGR=19 - 35W in controsoffitto
- Plafone LED 600x600 CRI=90 UGR=19 - 35W con kit cornice
- Plafone LED 300x300 CRI=90 UGR=19 - 35W con kit cornice
- Plafone LED 300x300 CRI=90 UGR=19 - 35W con kit sospensione
- Plafondiera stagna 30W
- Area con controsoffitto preesistente, continuo orizzontale
- Area con controsoffitto di nuova costruzione, pannelli 60x60
- Area con controsoffitto preesistente, pannelli 120x60
- Plafondiera a parete (non oggetto di intervento)
- Punto Luce (non oggetto di intervento)
- Facciata esterna (non oggetto di intervento)

Pianta PIANO RIALZATO - Scala 1:100



Post Operam - LEGENDA

- Faretto LED a traliccio CRI=90 UGR=19 - 30W
- Plafone tondo - 20W - IP 44
- Plafone LED 600x600 CRI=90 UGR=19 - 35W in controsoffitto
- Plafone LED 600x600 CRI=90 UGR=19 - 35W in controsoffitto
- Plafone LED 600x600 CRI=90 UGR=19 - 35W con kit cornice
- Plafone LED 300x300 CRI=90 UGR=19 - 35W con kit cornice
- Plafone LED 300x300 CRI=90 UGR=19 - 35W con kit sospensione
- Plafondiera stagna 30W
- Area con controsoffitto preesistente, continuo orizzontale
- Area con controsoffitto di nuova costruzione, pannelli 60x60
- Area con controsoffitto preesistente, pannelli 120x60
- Plafondiera a parete (non oggetto di intervento)
- Punto Luce (non oggetto di intervento)
- Facciata esterna (non oggetto di intervento)

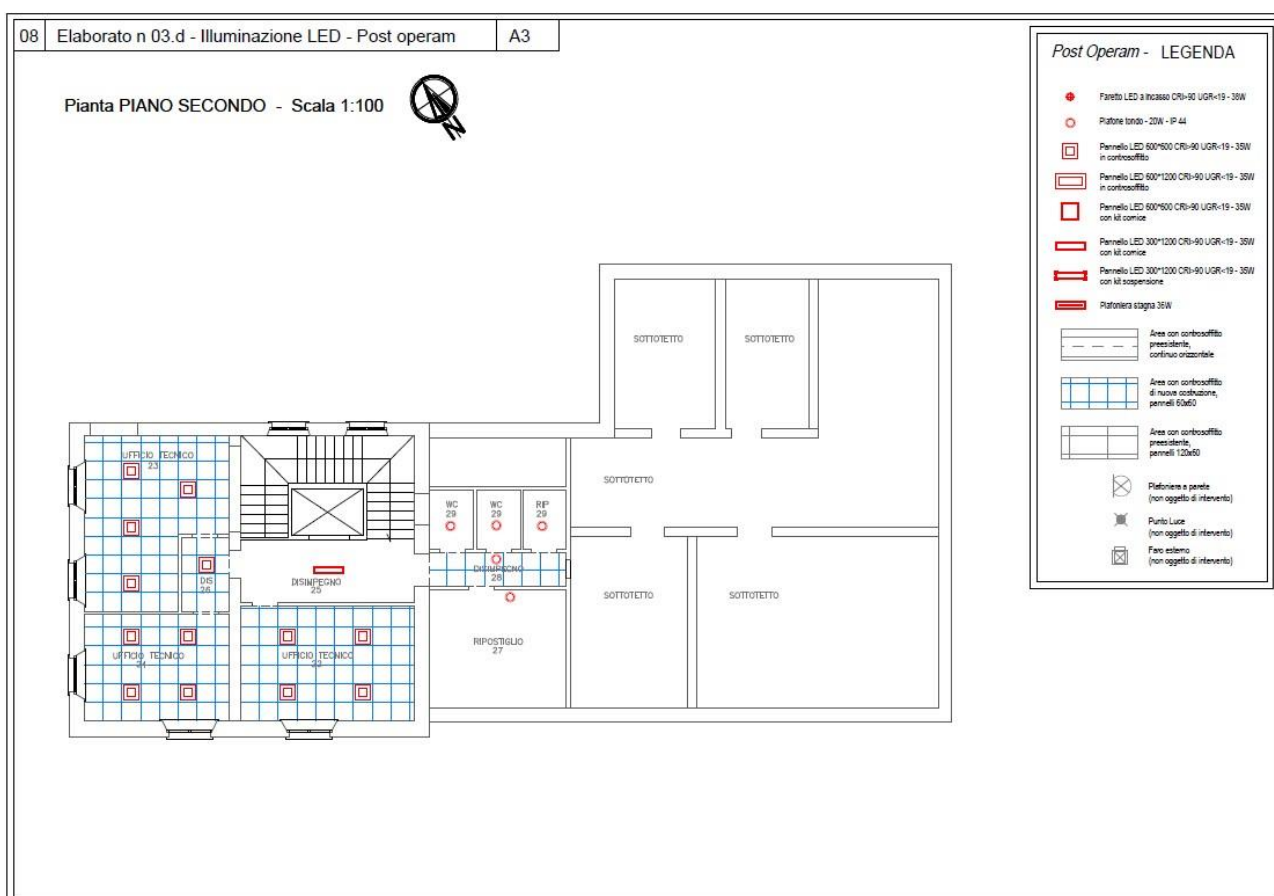
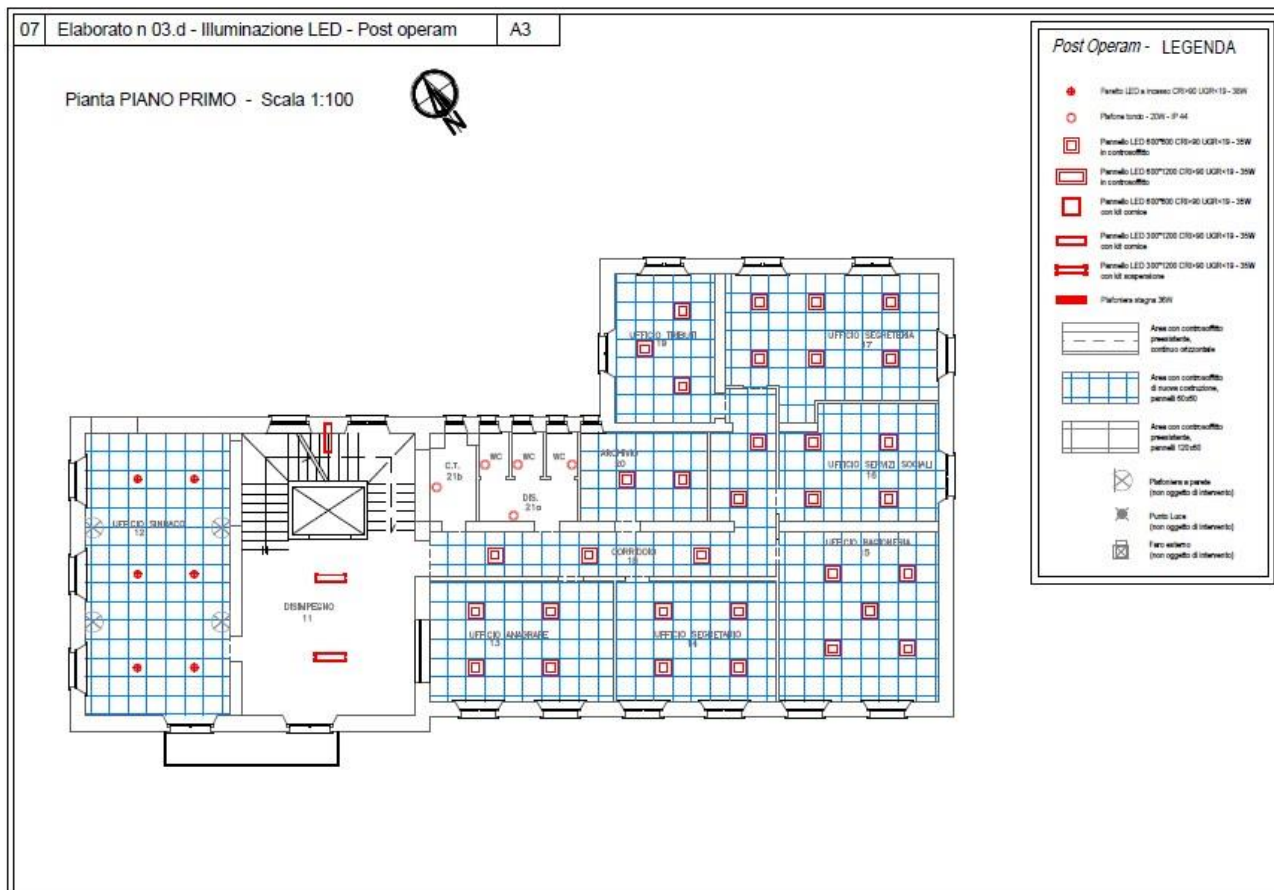


Figura 8 - Piante dell'edificio con corpi illuminanti "Post Operam"