



Parco Nazionale del Gran Paradiso

Via Pio VII, 9 – 10135 Torino TO

CF 80002210070

Realizzazione di interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica della sede del Parco di Cogne (AO)

Riqualificazione impianto termico, realizzazione cappotto termico e sostituzione infissi

CUP: C65D20000000001

RUP: Arch. Barbara ROSAI P.N.G.P.

Via Pio VII, 9 – 10135 Torino TO

011/8606211 www.pngp.it

Progetto esecutivo

Art. 23 c.7 D.Lgs 18/04/2016 n.50

Elaborato n. **2**

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

Data: 13/08/2021

Per la Società

(A.D. Sandro Leonardo Scollato)

AZZEROCO2 S.r.l.
Via Genova, 23 - 00184 Roma
P.IVA/C.F. 04445650965

Azzeroco2
il clima nelle nostre mani

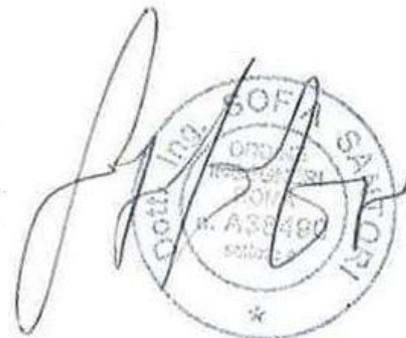
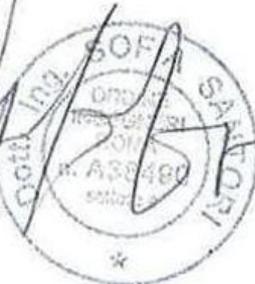
Direttore tecnico

(Ing. Rocco Antonio Iannotti)




Progettista

(Ing. Sofia Santori)



Sommario

INTRODUZIONE	1
1 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO	2
2 SOLUZIONI PROGETTUALI	3
3 IMPIANTO TERMICO	4
3.1 Descrizione dello stato ante operam	4
3.2 Descrizione dello stato di progetto	7
3.2.1 Parametri di riferimento e procedura di calcolo.....	7
3.2.2 Proposta progettuale	8
4 ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO: PARETI VERTICALI, IMBOTTI E SOSTITUZIONE INFISSI	11
4.1 Inquadramento normativo	11
4.2 Inquadramento dello stato di fatto	13
4.2.1 Componenti trasparenti.....	13
4.2.2 Componenti opache.....	14
4.3 Stato di progetto	15
4.3.1 Sostituzione infissi	15
4.3.2 Cappotto termico (isolamento componenti verticali opache).....	18
5 CAM – Criteri Ambientali Minimi	33
5.1 Elenco dei CAM in capo all'appaltatore	33
5.1.1 Specifiche tecniche dei componenti edilizi	33
6 ALLEGATO 1 - PROGETTAZIONE E DIMENSIONAMENTO CAMINO SINGOLO	37

INTRODUZIONE

La presente relazione introduce il progetto esecutivo per la **realizzazione di interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica della sede del Parco di Cogne (AO)**, nell'ambito dell'incarico affidato dallo stesso Ente Parco con stipula del 11/01/2021 per i servizi di ingegneria correlati: progettazione definitiva, esecutiva, attività di analisi energetica e redazione della diagnosi energetica ai sensi della Norma UNI CEI EN 16247.

Gli interventi di cui al presente progetto rientrano nell'ambito di un più ampio programma opere approvate e finanziate dall'ex. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), oggi Ministero della Transizione Ecologica (MITE), che con apposito Decreto del 28.02.2019 n. 43, ha approvato la Direttiva generale contenente le priorità politiche e l'indirizzo per lo svolgimento dell'azione amministrativa e per la gestione del Ministero per l'anno 2019 che, nell'utilizzo dei fondi acquisiti sulla base dei risultati delle aste CO₂, riconosce priorità agli interventi realizzati nei Parchi nazionali per progetti unitari complessivamente finalizzati alla riduzione della CO₂ e all'adattamento ai cambiamenti climatici.

Le opere in progetto sono afferenti alla misura II relativa a *interventi di efficienza energetica del patrimonio immobiliare pubblico nella disponibilità dell'Ente parco nonché degli enti locali rientranti nel territorio del parco e realizzazione di impianti di piccola dimensione di produzione di energia da fonti rinnovabili*.

La presente relazione tecnica specialistica si propone l'obiettivo di illustrare nel dettaglio gli interventi di riqualificazione energetica previsti per l'edificio in oggetto, ovvero:

- **riqualificazione dell'impianto termico** con la sostituzione dei generatori con caldaie a condensazione e sostituzione dei terminali di emissione
- **realizzazione di un cappotto termico**
- **sostituzione dei serramenti** con nuovi serramenti a taglio termico e bassa trasmittanza.

CUP C65D20000000001

CIG 8518936062

RUP

Arch. Barbara ROSAI P.N.G.P.

Via PIO VII, 9 - 10135 TORINO,

011 8606211 www.pngp.it



PROGETTAZIONE

Azzero CO₂ Srl

Via Genova, 23 – 00184 ROMA

P.IVA 04445650965

06 48900948 www.azzero2.it

AzzeroCO₂
il clima nelle nostre mani



CQOP SOA
COSTRUTTORI QUALIFICATI OPERE PUBBLICHE
OG 9 - OS 28 - OS 30

1 UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

L'edificio oggetto di intervento è la "Villetta Cogne" sede del Parco Nazionale del Gran Paradiso, situata in rue Mines de Cogne, 20, località Silvenoire, 11012 nel Comune di Cogne (AO).



Figura 1 – Inquadramento territoriale (Google Maps)



Figura 2 – Ortofoto con vista dell'edificio (fonte: WebGIS Comune di Cogne)

L'edificio, oggetto del presente progetto ricade nell'elenco degli immobili ex ASFD, ora di proprietà della Regione Autonoma Valle d'Aosta, che in base all'Atto di concessione del 24.06.2009 registrato ad Aosta al n. 2771, sono concessi all'ente parco per fini istituzionali con l'onere e responsabilità connesse alla

manutenzione ordinaria, straordinario e gestione dei relativi impianti. L'edificio ospita, a piano terra, la sede di valle del servizio della Sorveglianza, al piano superiore è situato un alloggio in affitto a un dipendente.



Figura 3 – Vista edificio

L'edificio si trova nella parte Est della Località Silvenoire, confinante con la parte più urbanizzata da un lato e con i boschi dall'altro lato. La struttura è tipica del luogo, con muratura portante in roccia e tetto a falde con struttura portante a travi di legno e manto in lastre di pietra locale, le cosiddette “lose”.

2 SOLUZIONI PROGETTUALI

Gli interventi di efficientamento energetico da realizzare sull'edificio consistono in:

- **riqualificazione dell'impianto termico**
- **realizzazione cappotto termico**
- **sostituzione dei serramenti**

Nei paragrafi seguenti si descrive in via preliminare, per ognuno dei tre interventi, la soluzione progettuale individuata.

3 IMPIANTO TERMICO

L'intervento prevede la sostituzione dell'attuale impianto termico con un **impianto di riscaldamento costituito da due nuovi generatori di calore a condensazione e da nuovi terminali di emissione**.

I due impianti analoghi saranno caratterizzati da una potenza termica di 26 kW per la climatizzazione e la produzione di acqua calda sanitaria nell'edificio.

3.1 Descrizione dello stato ante operam

L'edificio nello stato attuale è climatizzato attraverso due caldaie murali tradizionali a GPL:

- Piano terra: Caldaia a GPL Finterm MG20 di Potenza termica utile 25.8 kW
- Piano primo: Caldaia a GPL Finterm MG20 di Potenza termica utile 25.8 kW

Gli stessi generatori forniscono il fabbisogno di acqua calda sanitaria ai due piani dell'edificio.

I terminali di emissione sono radiatori in acciaio tubolare, con dimensioni e numero di elementi differente a seconda del vano di installazione.



Figura 4 – Caldaie esistenti



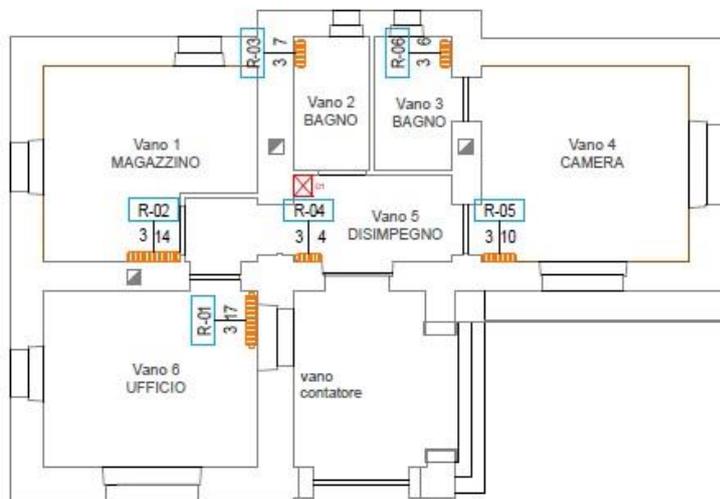
Figura 5 – Radiatori esistenti

Dagli approfondimenti effettuati in fase di progettazione esecutiva sono emerse delle inefficienze nel sistema di emissione dell'impianto termico esistente. In particolare, dalla simulazione energetica realizzata e dalla redazione della relazione "ex Legge 10", alcuni terminali di emissione sono risultati sottodimensionati per un funzionamento con caldaia a condensazione. Infatti, questa tecnologia, prevede una temperatura di mandata dell'acqua inferiore rispetto ad una caldaia tradizionale, con una conseguente riduzione della resa termica dei terminali di emissione. Nella tabella sottostante sono state indicate le rese dei radiatori attualmente installati in ogni vano e i corrispondenti fabbisogni termici, evidenziati in giallo i vani in cui il terminale di emissione risulta sottodimensionato.

Piano	N.	VANO	COLONNE X ELEMENTI	H [cm]	Resa attuale [kW]	Resa con caldaia a condensazione [kW]	Fabbisogno termico [kW]
PT	R-02	1 - Magazzino	3x14	80	1,05	0,88	1,26
PT	R-03	2 - Bagno	3x7	80	0,52	0,44	0,48
PT	R-06	3 - Bagno	3x6	80	0,45	0,38	0,34
PT	R-05	4 - Camera	3x10	200	1,61	1,36	1,16
PT	R-04	5 - Disimpegno	3x4	80	0,30	0,25	0,51
PT	R-01	6 - Ufficio	3x17	80	1,27	1,07	1,60
P1	R-08	1 - Camera	3x20	105	1,71	1,44	1,30
P1	R-09	2 - Bagno	4x7	200	1,45	1,23	0,32
P1	R-11	3 - Cucinino	3x6	105	0,51	0,43	0,36
P1	R-10	4 - Soggiorno	4x23	75	1,98	1,67	1,80
P1	R-12	5 - Disimpegno	3x7	118	0,60	0,50	0,53
P1	R-07	6 - Camera	4x29	200	6,01	5,08	1,57

Tabella 1 – Rilievo e verifica dei radiatori esistenti, in giallo sono evidenziati i radiatori sottodimensionati

ANTE OPERAM
Pianta PIANO TERRA



ANTE OPERAM
Pianta PIANO PRIMO

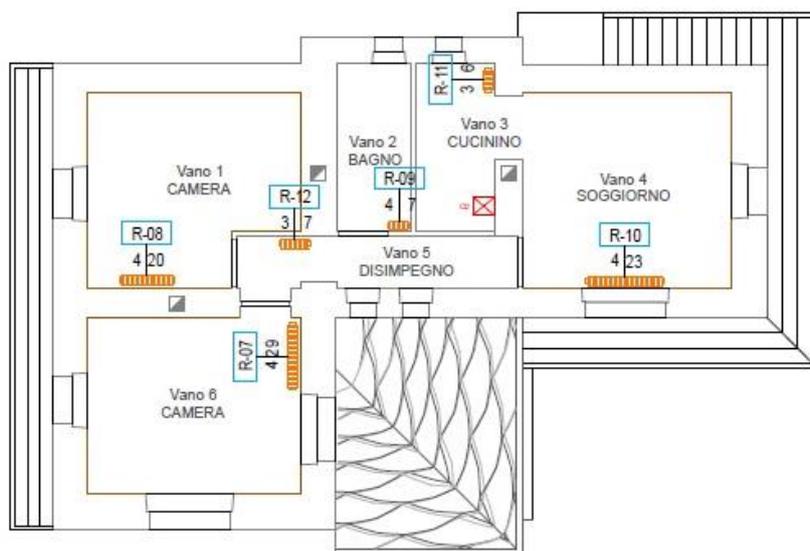


Figura 6 – Planimetria ante operam: radiatori esistenti

3.2 Descrizione dello stato di progetto

3.2.1 Parametri di riferimento e procedura di calcolo

Il dimensionamento delle apparecchiature dell'impianto di climatizzazione è stato effettuato in relazione alle condizioni esterne più sfavorevoli e sulla base delle imposizioni della legge n. 10 del 09/01/1991 "Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" e successive modifiche ed integrazioni.

Il calcolo della potenza di dispersione e dei fabbisogni energetici per la scelta e il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento è stato svolto in conformità alla Legge 10/91 e sue successive modifiche e dal D.P.R. 412/93. Di seguito sono riportati i parametri considerati per il dimensionamento della potenza del sistema che verrà installato per la struttura.

	INVERNO	ESTATE
Temperatura	-15,34	22,2
Umidità relativa	44,4	50,0

Tabella 2 - Condizioni termo-igrometriche esterne

	INVERNO	ESTATE
Temperatura	20°C	26°C
Umidità relativa	50%	50%

Tolleranza	Temperatura $\pm 1^{\circ}\text{C}$; Umidità relativa $\pm 5\%$
Ricambi d'aria	Servizi: 4 vol. amb./ora Corridoi e scale: 1 vol. amb./ora Altri ambienti: 1 vol. amb./ora

Tabella 3 – Condizioni termo-igrometriche interne

Il calcolo del carico termico di progetto è stato svolto con l'ausilio del software TerMus, che ha permesso di valutare il fabbisogno energetico dell'edificio nello stato di progetto. Sulla base della modellazione termica dell'edificio sia nell'involucro edilizio che nelle componenti impiantistiche, viene valutato il carico termico di progetto come somma delle dispersioni dovute alla trasmissione, alla ventilazione e alla ripresa delle condizioni di comfort interne.

Volume lordo	546.30 m ³
Superficie lorda disperdente (1)	428.73 m ²
Rapporto di Forma S/V	0.78 1/m
Volume netto	299.42 m ³
Superficie netta calpestabile	112.36 m ²
Altezza netta media	2.66 m
Superficie lorda disperdente delle Vetrate	18.68 m ²
Capacità Termica totale	37 926.25 kJ/K
Periodo di riscaldamento	5 ott - 22 apr
Periodo di riscaldamento della Centrale Termica di riferimento	5 ott - 22 apr
Periodo di raffreddamento	Assente
Periodo di raffreddamento della Centrale Termica di riferimento	Assente

(1) Superficie lorda disperdente = superficie che delimita il volume lordo riscaldato verso l'esterno e verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento

Tabella 4 – Dati termici di progetto dell'edificio

Il calcolo termico ha permesso di valutare il carico termico di progetto complessivo dell'edificio e la ripartizione di questo per ogni singolo vano. Il carico termico di progetto (trasmissione + ventilazione + fattore di ripresa) è risultato pari a circa **12 kW**.

3.2.2 Proposta progettuale

La proposta progettuale prevede la sostituzione degli attuali generatori con caldaie a condensazione a GPL. La distribuzione del fluido termovettore, in questo caso acqua, rimarrà invariata. Verranno invece sostituiti 3 dei 12 terminali esistenti con nuovi radiatori tubolari in acciaio, a 6 colonne e con numero di elementi variabile a seconda del fabbisogno del vano. Verranno infine installate valvole termostatiche su tutti i terminali presenti nell'edificio.

La caldaia a condensazione, a differenza dei generatori a combustione tradizionali, sfrutta efficacemente il calore derivante dalla combustione di gas, in quanto utilizza anche l'energia termica latente del vapore acqueo contenuto nei gas di combustione e la trasforma in energia termica supplementare che viene ceduta all'impianto di riscaldamento. Lo scambiatore di calore raffredda i gas di scarico, prima della fuoriuscita, il raffreddamento fa sì che il vapore acqueo in essi contenuti condensi. La condensazione produce ulteriore

calore che consente alle caldaie a condensazione di raggiungere un rendimento maggiore, oltre a una riduzione delle emissioni di CO₂.

CALDAIA MURALE A CONDENSAZIONE	
Campo potenzialità (50°C/30°C)	6,5 – 26 kW
Campo potenzialità (80°C/60°C)	5,9 – 23,8 kW
Potenzialità al focolare	6,1 – 30,5 kW
Pressione di esercizio	3,0 bar
Contenuto d'acqua scambiatore di calore	2,2 l
Diametro condotto fumi	60 mm

Tabella 5 – Caratteristiche caldaia murale a condensazione

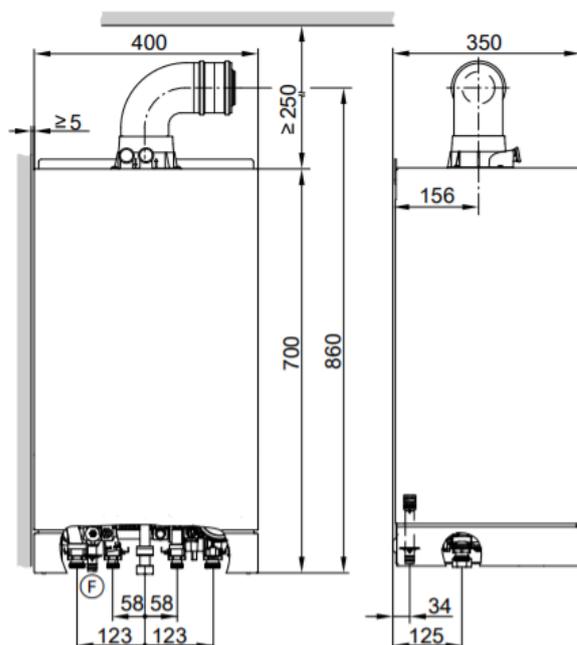


Figura 7 – Ingombro caldaia murale a condensazione

Il calcolo del dimensionamento dei terminali, è stato effettuato considerando un $dT=40^{\circ}C$, secondo la formula:

$$dT = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_a$$

Dove T_{in} e T_{out} sono rispettivamente la temperatura del fluido termovettore in ingresso al radiatore e in uscita, mentre T_a è la temperatura ambiente settata in ambiente.

$T_{in}=80^{\circ}C$

$T_{out}=40^{\circ}C$

$T_a=20^{\circ}C$

Sulla base delle verifiche effettuate sono risultati sottodimensionati i radiatori riportati nella tabella seguente.

Piano	N.	VANO	COLONNE X ELEMENTI	H [cm]	Resa attuale [kW]	Resa con caldaia a condensazione [kW]	Fabbisogno termico [kW]
PT	R-02	1 - Magazzino	3x14	80	1,05	0,88	1,26
PT	R-03	2 - Bagno	3x7	80	0,52	0,44	0,48
PT	R-06	3 - Bagno	3x6	80	0,45	0,38	0,34
PT	R-05	4 - Camera	3x10	200	1,61	1,36	1,16
PT	R-04	5 - Disimpegno	3x4	80	0,30	0,25	0,51
PT	R-01	6 - Ufficio	3x17	80	1,27	1,07	1,60
P1	R-08	1 - Camera	3x20	105	1,71	1,44	1,30
P1	R-09	2 - Bagno	4x7	200	1,45	1,23	0,32
P1	R-11	3 - Cucinino	3x6	105	0,51	0,43	0,36
P1	R-10	4 - Soggiorno	4x23	75	1,98	1,67	1,80
P1	R-12	5 - Disimpegno	3x7	118	0,60	0,50	0,53
P1	R-07	6 - Camera	4x29	200	6,01	5,08	1,57

Tabella 6 – Rilievo e verifica dei radiatori esistenti, in giallo sono evidenziati i radiatori sottodimensionati

Come si evince dalla tabella, la resa termica dei radiatori R-03 e R-12 non soddisfa il carico termico per alcuni punti decimali, ritenuti trascurabili poiché assimilabili, come ordine di grandezza, alle incertezze di calcolo. Il radiatore R-02 risulta installato in un locale con limitata disponibilità di spazio in quanto attualmente utilizzato come magazzino, si ritiene pertanto che il vano possa essere assimilato a locale tecnico e non risulta necessario procedere con la sostituzione del terminale. Di seguito riportati i radiatori oggetto di intervento.

PIANO	VANO	RESA TERMICA dT=40°C [kW]	N. ELEMENTI	N. COLONNE	H RADIATORE [mm]	INTERASSE [mm]	L radiatore [m]
P T	5 - Disimpegno	0,57	7	6	750	685	0,32
P T	6 - Ufficio	1,63	20	6	750	685	0,90
P 1	4 - Soggiorno	1,81	22	6	750	685	0,99

Tabella 7 – Rese termiche e dimensioni dei radiatori di progetto

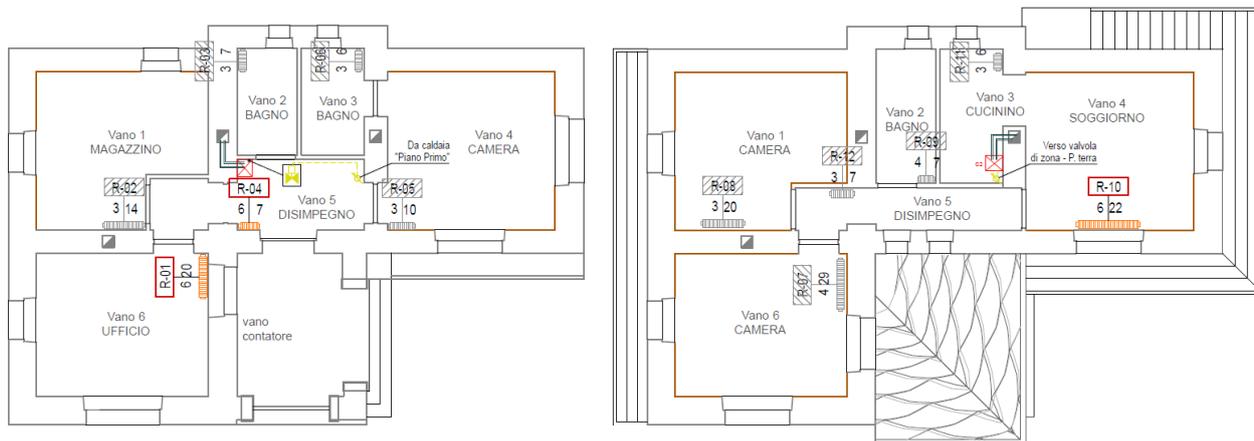


Figura 8 – Planimetria post operam: radiatori di progetto – Piano terra e piano primo

4 ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO: PARETI VERTICALI, IMBOTTI E SOSTITUZIONE INFISSI

L'intervento sull'involucro prevede l'isolamento termico delle pareti verticali e la sostituzione degli infissi con vetro basso emissivo. Nei paragrafi seguenti viene descritto lo stato di fatto, la soluzione tecnica individuata e le procedure individuate per eseguire le lavorazioni.

4.1 Inquadramento normativo

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 : 2014 – Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie
- UNI EN 12207 – UNI EN 1026 – Permeabilità all'aria
- UNI EN 12208 – UNI EN 1027 – Tenuta all'acqua
- UNI EN 12210 – UNI EN 12211 – Resistenza al carico del vento
- UNI 11673-1 “Posa in opera di serramenti - Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione”
- 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).

Così come disposto dal Decreto interministeriale del 26 giugno 2015 recante “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”, i valori della trasmittanza termica U delle componenti opache e trasparenti, soggette a riqualificazione energetica, sono definiti dalle tabelle seguenti:

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

Tabella 8 - Trasmittanza termica U massima delle chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati soggette a riqualificazione (DM 26 giugno 2015)

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

Tabella 9 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno soggette a riqualificazione (DM 26 giugno 2015)

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Tabella 10 - Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione (DM 26 giugno 2015)

4.2 Inquadramento dello stato di fatto

4.2.1 Componenti trasparenti

Le componenti trasparenti dell'edificio oggetto di intervento sono ad oggi caratterizzate principalmente da serramenti del tipo con telaio e divisori in legno e vetro singolo e doppio, con trasmittanza termica superiore a 4 W/m²K. L'abaco dei serramenti ante operam è riportato di seguito, si rimanda invece alle tavole grafiche di progetto per ulteriori dettagli.

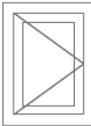
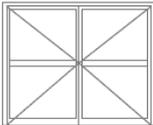
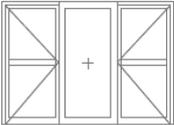
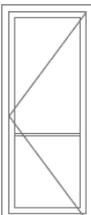
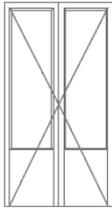
Villetta "Cogne" ANTE OPERAM -		Abaco Serramenti
Nome	Schema	Dettagli
Finestra Fin-01x		Finestra a 1 anta a battente e serramenti esterni L (m); 0.95/0.75/0.60/0.70/0.80 H (m); 1.30/0.85/0.95/0.90/0.90 Telaio: legno Vetro: doppio
Finestra Fin-02x		Finestra a 2 ante a battente e serramenti esterni L (m); 1.60/1.45/1.25 H (m); 1.30/1.15/1.30 Telaio: legno Vetro: doppio
Finestra Fin-03		Finestra a 2 ante a battente e centrale fisso con serramenti esterni L (m); 1.75 H (m); 1.30 Telaio: legno Vetro: doppio
Porta-Finestra PFin-01		P.Finestra 1 anta a battente con serramenti esterni L (m); 0.95 H (m); 2.05 Telaio: legno Vetro: doppio
Porta-Finestra PFin-02		P.Finestra 2 ante a battente con serramenti esterni L (m); 1.10 H (m); 2.05 Telaio: legno Vetro: doppio

Tabella 11 – Abaco dei serramenti ante operam

4.2.2 Componenti opache

Sulla base dei rilievi e/o delle osservazioni in sito sono stati acquisiti gli elementi utili per definire le caratteristiche termiche dell'involucro della struttura. I parametri caratteristici delle diverse strutture disperdenti sono stati calcolati mediante il programma TerMus.

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche dell'involucro allo stato attuale.

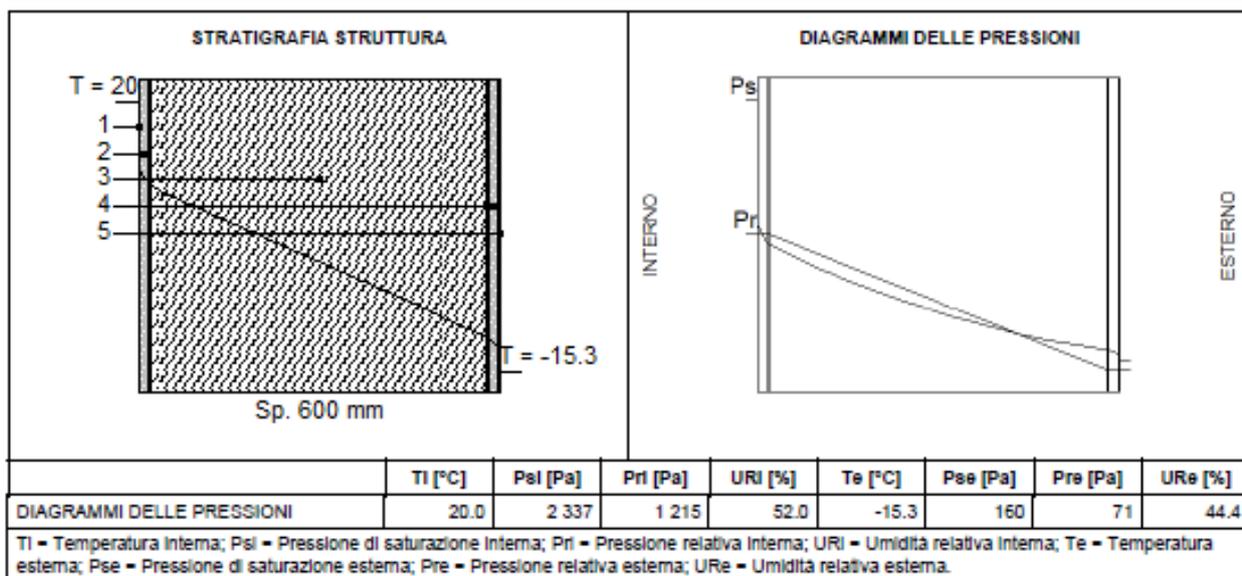
4.2.2.1 Strutture opache verticali

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: *pr02.1.10
Descrizione Struttura: Muratura in pietrame intonacata (da 60 cm) - [fonte: Prospetto 2 - UNI/TR 11552]

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza interna	0		7.700			0	0.130
2	intonaco interno.	20	0.700	35.000	26.00	18.000	1000	0.029
3	Muratura pietrame da 56	560	2.020	3.607	1 176.00	0.019	1000	0.277
4	intonaco esterno Calore Specifico 1000 J/kgK.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	1000	0.022
5	Adduttanza Esterna	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 0.488 m²K/W					TRASMITTANZA = 2.008 W/m²K			
SPESSORE = 600 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (int) = 71.881 kJ/m²K			MASSA SUPERFICIALE = 1 176 kg/m²			
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.16 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.08			SFASAMENTO = -8.44 h			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = 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.l.



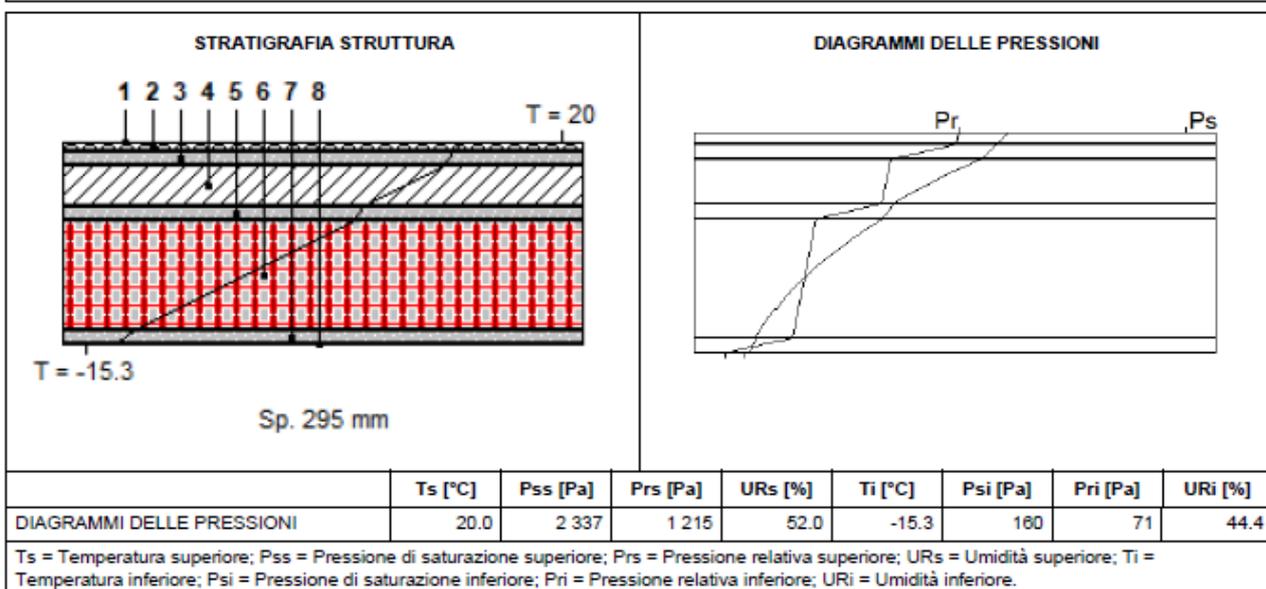
4.2.2.2 Strutture opache orizzontali

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI

Codice Struttura: *SOL02.c
Descrizione Struttura: Solaio in laterocemento-blocchi collaboranti (1.5-2-6-(2+16)-2) [fonte UNI/TR 11552]

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [kg/m²]	P<50*10 ¹² [kg/msPa]	C.S. [J/kgK]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		7.700			0	0.130
2	Pavimentazione interna	15	1.470	98.000	25.50	193.000	1000	0.010
3	Malta di cemento.	20	1.400	70.000	40.00	8.500	1000	0.014
4	Massetto in calcestruzzo alleggerito-2	60	0.580	9.667	54.00	193.000	1000	0.103
5	Malta di cemento.	20	1.400	70.000	40.00	8.500	1000	0.014
6	Blocco laterizio da 16-1	160		3.497	144.00	193.000	1000	0.286
7	Intonaco esterno Calore Specifico 1000 J/kgK.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	1000	0.022
8	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0	0.040
RESISTENZA = 0.620 m²K/W		CAPACITA' TERMICA AREICA (sup) = 74.121 kJ/m²K				TRASMITTANZA = 1.612 W/m²K		
SPESSORE = 295 mm		CAPACITA' TERMICA AREICA (inf) = 92.485 kJ/m²K				MASSA SUPERFICIALE = 304 kg/m²		
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA = 0.67 W/m²K		FATTORE DI ATTENUAZIONE = 0.41				SFASAMENTO = 8.03 h		

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



4.3 Stato di progetto

4.3.1 Sostituzione infissi

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

- telaio in legno

- triplo vetro con vetrocamera bassoemissivo (4+4/15 mm vetrocamera/4/15 mm vetrocamera/3+3)
- trasmittanza termica totale delle chiusure trasparenti, comprensive di infissi, $U_w < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ secondo la UNI 10077-1.

Descrizione delle attività e lavorazioni per l'esecuzione dell'opera:

- OP_01: Smontaggio e rimozione degli infissi
- OP_02: Installazione del nuovo serramento

La prima operazione da effettuare è quella di smontare e rimuovere gli infissi esistenti, rimuovere grappe e/o tasselli di tenuta. Preliminarmente all'inserimento del serramento nel vano, per evitare possibili infiltrazioni d'acqua e migliorare le prestazioni di tenuta delle finestre, è necessario realizzare un cordone continuo di silicone. Si procede dunque con l'inserimento del telaio nel vano murario, dall'alto verso il basso, verificando che sia ben posizionato, dopodiché verrà fissato alla muratura attraverso l'applicazione di idonee viti.

Per effettuare la sigillatura della traversa inferiore del telaio ed assicurare l'effetto barriera alle infiltrazioni è necessario applicare un cordolo di silicone in corrispondenza del lato inferiore a contatto con il davanzale. Dopo aver eseguito il fissaggio del telaio si inseriscono le ante sulle cerniere del telaio controllando che le tolleranze siano rispettate.

I sistemi di ombreggiatura e di oscuramento si combinano ai serramenti e in base alla loro tipologia di movimento, posizione e forma si assumono il compito di regolare la luminosità e il calore entranti in un ambiente. Si determina, a livello progettuale, l'esigenza di definire condizioni operative di equilibrio tra requisiti contrastanti, come:

- la necessità di garantire un apporto energetico positivo durante il periodo invernale, riducendo le dispersioni e provvedendo all'accumulo termico mediante la trasformazione della radiazione solare in calore (secondo fenomeni di inerzia termica);
- la necessità di garantire un adeguato livello di illuminazione naturale (secondo criteri di riflessione, di assorbimento e di diffusione) in modo da ridurre i consumi energetici;
- la necessità di controllare la componente di trasmissione totale dell'irraggiamento solare (con l'attenzione verso la trasmissione delle onde ultraviolette), senza penalizzare la componente di trasmissione nel campo visivo;

I sistemi di ombreggiamento previsti sono scuri in legno, del tutto analoghi a quelli presenti, in abbinamento ai nuovi infissi. Gli scuri verranno montati su telaio esterno, anch'esso in legno, come nell'immagine sottostante.

Di seguito viene riportato l'abaco degli infissi Post-Operam, per ulteriori dettagli tecnici si rimanda agli elaborati grafici.

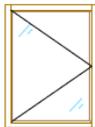
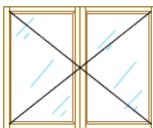
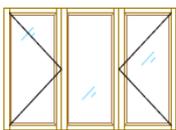
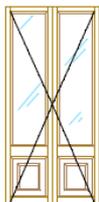
Villetta "Cogne" POST OPERAM -		Abaco Serramenti
Nome	Schema	Dettagli
Finestra Fin-01x		Finestra a 1 anta a battente e serramenti esterni L (m); 0.95/0.75/0.60/0.70/0.80 H (m); 1.30/0.85/0.95/0.90/0.90 Telaio: legno Vetro: doppio/triplo
Finestra Fin-02x		Finestra a 2 ante a battente e serramenti esterni L (m); 1.60/1.45/1.25 H (m); 1.30/1.15/1.30 Telaio: legno Vetro: doppio/triplo
Finestra Fin-03		Finestra a 2 ante a battente e centrale fisso con serramenti esterni L (m); 1.75 H (m); 1.30 Telaio: legno Vetro: doppio/triplo
Porta-Finestra PFin-01		P.Finestra 1 anta a battente con serramenti esterni L (m); 0.95/1.10 H (m); 2.05/2.05 Telaio: legno Vetro: doppio/triplo
Porta-Finestra PFin-02		P.Finestra 2 ante a battente con serramenti esterni L (m); 1.10 H (m); 2.05 Telaio: legno Vetro: doppio/triplo

Tabella 12 – Abaco dei serramenti post operam



Figura 9 – Telaio in legno esterno per montaggio degli scuri (foto ante operam)

4.3.2 Cappotto termico (isolamento componenti verticali opache)

L'intervento di isolamento a cappotto permetterà di ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio grazie ad un miglioramento delle caratteristiche termiche delle componenti opache verticali.

In linea con gli obiettivi del bando di finanziamento si è ritenuto opportuno prediligere materiali con un ciclo di vita più sostenibile dal punto di vista ambientale e di origine vegetale o minerale e non petrolifera.

Nella scelta del materiale sono stati considerati, oltre agli aspetti legati all'esigenza di ridurre la **trasmissione dell'involucro**, anche quelli relativi alle **prestazioni meccaniche, alla durabilità e al comportamento in condizioni climatiche particolarmente rigide** (parte dell'involucro dell'edificio oggetto di intervento si trova al di sotto del livello della neve per diversi mesi dell'arco dell'anno). Inoltre, in linea con gli obiettivi del bando di finanziamento, si è ritenuto opportuno **prediligere materiali con un ciclo di vita più sostenibile** dal punto di vista ambientale e di **origine vegetale o minerale e non petrolifera**.

La soluzione progettuale individuata consiste nella posa in opera di uno strato di isolante costituito da **Pannello isolante minerale in idrati di silicato di calcio**, non infiammabile, privo di fibre, costituito da materie prime naturali, **di spessore pari a 18 cm e conducibilità termica λ 0,042 W/mK (EN 12667)**, su tutto lo sviluppo della parete esterna. Inoltre, per garantire un'efficace protezione dell'isolamento dagli agenti atmosferici, umidità e acqua piovana, verrà realizzata una **zoccolatura, di circa 30 cm** nel punto più alto del terreno fino a raggiungere un massimo di **circa 2 m** nel punto più basso, alla base delle pareti esterne con apposite lastre isolanti in vetro cellulare aventi caratteristiche bio resistenti e maggiore resistenza a trazione e compressione, **conducibilità termica $\lambda = 0,054$ W/mK**.

Gli imbotti delle finestre saranno coibentati utilizzando un pannello isolante a base di aerogel, **di spessore pari a 7 cm e conducibilità termica λ 0,015 W/mK**, le cui elevate prestazioni permettono di raggiungere la prestazione termica di progetto riducendo al minimo gli ingombri.

Il **pannello isolante minerale in idrati di silicato di calcio** è stato scelto per le sue caratteristiche di alta traspirabilità, non infiammabilità e ridotto assorbimento capillare di acqua per utilizzi anche in esterno.

Inoltre il materiale, privo di fibre, è composto principalmente da calce idrata, sabbie silicee selezionate, legante idraulico, prodotto per espansione con sostanze naturali derivanti da proteine (in sostituzione degli espandenti a base alluminio più comunemente utilizzati).

Di seguito sono elencate tutte le principali caratteristiche:

- isolante termico (conduttività 0,042 W/mK);
- ridotto assorbimento capillare per utilizzi anche in esterno;
- permeabile al vapore (traspirante);
- non infiammabile e non sviluppa fumi tossici in caso di incendio;

- facilmente lavorabile con attrezzi da lavoro manuali;
- dopo la rasatura risulta massiccio e stabile nel tempo;
- **completamente riciclabile a fine vita;**
- materie prime ecologiche e produzione a basso impatto ambientale,
- consigliato per bioedilizia;
- ecologico ed ecosostenibile;
- biologicamente innocuo (salubre) in quanto ha emissioni quasi nulle di VOC, sostanze radioattive e cancerogene, come attestato da prestigiosi istituti di certificazione come l'IBR di Rosenheim

Materiale:	idrati di silicato di calcio autoclavato
Colore:	bianco
Dimensioni standard lastra:*	60 x 38 cm (= 0,228 m ²) *
Quantità per mq di superficie:	circa 4,385 lastre per m ²
Spessori lastre:	5/6/8/10/12/14/16/18/20 cm
Tolleranze dimensionali (Lungh. Largh e Spessore):	± 2 mm
Valore pH:	9,5
Assorbimento d'acqua per immersione parziale (breve - 24h)	< 0,5 Kg/m ² (EN 1609)
Assorbimento d'acqua per immersione parziale (lunga - 28gg)	< 1 Kg/m ² (EN 12087)
Classe del materiale da costruzione:	A1, non infiammabile
Densità:	101 < ρ < 130 kg/m ³
Resistenza alla compressione EN826:	0,360 N/mm ² (3,6 Kg/cm ² = 360 KPa)
Resistenza alla trazione perpendicolare alle facce EN1607:	0,070 N/mm ² (0,7 Kg/cm ² = 70 KPa)
Resistenza allo strappo di MYKOLL su BTERMO:	0,13 N/mm ² (1,3 Kg/cm ² = 130 KPa)
Conducibilità termica (λ _{10,dr}):	0,042 W/mK (EN 12667)
Coeff. Resistenza alla diffusione del vapore:	5 (variabile da 3 a 7)

(valori medi, piccole deviazioni sono possibili a causa dell'uso di materie prime naturali)

** Dal 2020 il formato passa da 58x38 a 60x38*

Tabella 13 – Dati tecnici del pannello isolante minerale per cappotto termico in idrati di silicato di calcio

L'isolante in **lastre di vetro cellulare**, di colore grigio, rigida, monostrato, è ottenuta industrialmente dalla lavorazione di vetro 100% riciclato di alta qualità. È stato scelto per le sue caratteristiche di resistenza agli urti e all'assorbimento dell'acqua, anche a contatto con il terreno.

<i>Caratteristiche del prodotto secondo la norma EN</i>				
Densità apparente		135 ± 10%	kg/m ³	EN 1602
Categoria di resistenza a compressione	CS(Y)	900	kPa	EN 13167
Categoria di resistenza a flessione	BS	450	kPa	EN 13167
Categoria di resistenza a trazione verticale	TR	150	kPa	EN 13167
Categoria di carico puntuale	PL(P)	1	mm	EN 13167
Livello dichiarato per lo scorrimento viscoso (creep) a compressione	CC	(2/1,5/50)300		EN 1606
<i>Altre caratteristiche</i>				
Resistenza a compressione	σ _m	≥ 1000	kPa	EN 826
Resistenza a compressione media (Affidabilità: 95%)		1,13-1,19	N/mm ²	EN 826
2,5% frattile della resistenza a compressione (valore non raggiunto con una frequenza del 2,5%)		0,92	N/mm ²	
7,5% frattile della resistenza a compressione (valore non raggiunto con una frequenza del 7,5%)		0,99	N/mm ²	
Sollecitazione di compressione ammissibile (R>1,75, rispetto al 2,5% frattile) sotto fondazione strutturale		0,53	N/mm ²	
Modulo di Young (spessore = 120 mm, 2 pz con 2 mm di bitume)	E	~140	N/mm ²	
Conducibilità termica dichiarata	λ _d	≤ 0,054	W/mK	EN 12667/EN 12939
Calore specifico		900	J/kgK	
Coefficiente di espansione termica		9,0x10 ⁻⁶	K ⁻¹	
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore d'acqua	μ	∞*		EN 12086
Igroscopticità		~nessuna		
Capillarità		~nessuna		
Livello dichiarato per l'assorbimento d'acqua a breve periodo **	WS			EN 1609
Livello dichiarato dell'assorbimento d'acqua per immersione parziale a lungo periodo **	WL(P)			EN 12087
* Calcolo = 40.000.				
** Nessun risultato di prova deve essere maggiore di 0,5 kg/m ² (UNI EN 13167).				
Reazione al fuoco		euroclasse A1		EN 13501-1
Punto di rammollimento		~650	°C	
Spessore d _N (mm)	Resistenza R (m ² K/W)	Trasmittanza U (W/m ² K)		
40	0,741	1,350		
60	1,111	0,900		
80	1,481	0,675		
100	1,852	0,540		
120	2,222	0,450		
140	2,593	0,386		
160 (in base a disponibilità)	2,963	0,338		

Tabella 14 – Dati tecnici del pannello isolante in vetro cellulare

I pannelli isolanti saranno assicurati alla parete dell'edificio mediante l'applicazione di un collante specifico e di un fissaggio meccanico; una volta applicati si procederà alla rasatura della superficie con la stesura di collante e rete metallica che permetterà di creare uno strato uniforme sul quale potrà essere realizzata la finitura conclusiva.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

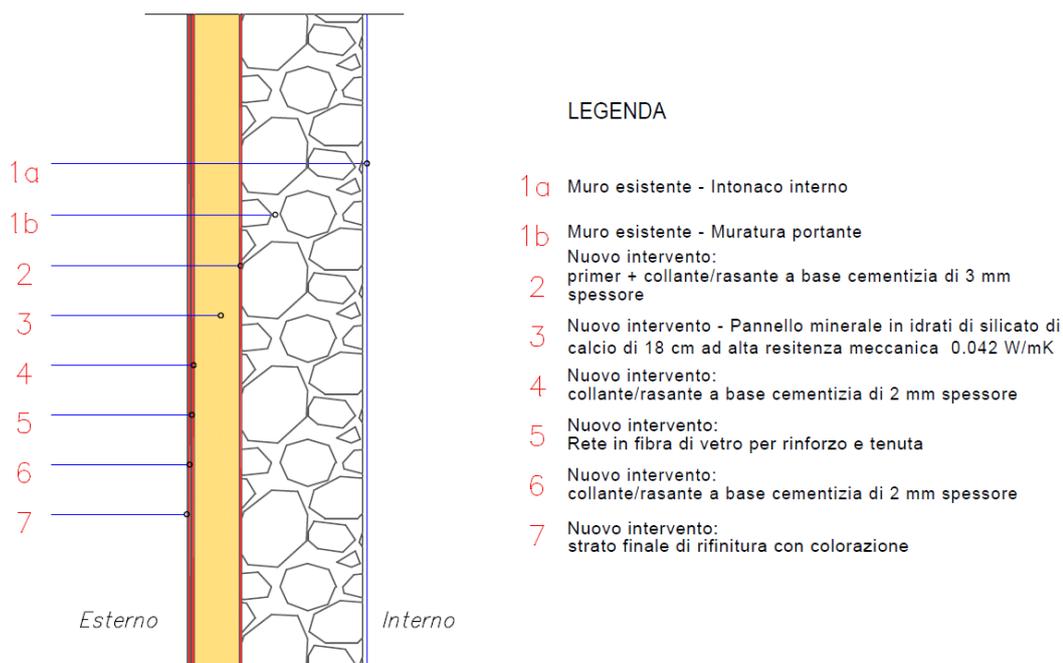


Figura 10 - Stratigrafia parete verticale isolata

4.3.2.1 Fasi lavorative cappotto termico (isolamento componenti verticali opache)

Le fasi lavorative per l'esecuzione dell'isolamento delle pareti verticali possono essere sintetizzate nel modo seguente:

- OP_1: Operazioni preliminari
- OP_2: Partenza e zoccolatura
- OP_3: Stesura del collante
- OP_4: Posa in opera dei pannelli isolanti
- OP_5: Tassellatura
- OP_6: Esecuzione di spigoli e angoli
- OP_7: Esecuzione imbotto
- OP_8: Rasatura con rete
- OP_9: Rivestimento protettivo e finitura

Si procede, nelle pagine seguenti, alla descrizione in dettaglio delle fasi lavorative individuate.

OP_1: OPERAZIONI PRELIMINARI

Prima di procedere alla posa dell'isolante sarà necessario effettuare alcune operazioni preliminari per rendere il piano di posa idoneo alle lavorazioni. In particolare:

- si dovranno rimuovere gli impianti elettrici, idraulici, pluviali, balconi e altri apparecchi installati sulle pareti verticali, ove possibile
- le superfici devono essere pulite ed in caso contrario si dovrà procedere alla rimozione di polvere, sporco, tracce di disarmante, parti sfarinanti ed incoerenti, ecc. mediante lavaggio con acqua pulita a bassa pressione (max 200 bar);
- si dovrà verificare la planarità del supporto ed eventualmente livellare con malta d'intonaco o in alternativa con intonaco premiscelato impastato con miscela e acqua in rapporto 1:3. In corrispondenza di sporgenze specifiche, tipo cordoli in cls o elementi di laterizio fuori piombo, asportare le parti in eccesso.
- si dovrà verificare la presenza di eventuali zone danneggiate dell'intonaco tramite bussatura della superficie; l'intonaco danneggiato dovrà essere demolito e ricostruito (*FASE 2 in nell'elaborato grafico "Tavola 2 - Isolamento termico a cappotto"*)
- si dovrà scarificare la parte superficiale dell'intonaco (c.ca 2 mm), per agevolare l'applicazione del PRIMER.

La posa in opera dovrà essere effettuata a temperature dell'aria e del supporto comprese tra +5°C e +30°C.

OP 2: TAGLIO CHIMICO E PREPARAZIONE DELLA BASE

Prima di procedere con la posa dell'isolante sarà necessario realizzare una barriera orizzontale per interrompere la risalita capillare di umidità e sali solubili proveniente dagli elementi interrati, attraverso i pori capillari presenti in tutti i materiali da costruzione.

Per la formazione della barriera sarà necessario:

- Praticare mediante trapano a rotazione dei fori nella muratura, di diametro di 12 mm, distanziati tra di loro non più di 12 cm, su un solo piano, ad almeno 10 cm oltre la quota del terreno. La profondità dei fori dovrà essere di c.ca. 5 cm inferiore rispetto allo spessore totale del muro. L'andamento dei fori, seguendo il corso di malta, dovrà essere il più possibile lineare (Figura 2). In presenza di elementi costruttivi fortemente porosi è possibile eseguire i fori direttamente negli stessi.
- Depolverizzare i fori con aria compressa, al fine di rimuovere polvere e residui di materiale incoerente.
- Estrudere la crema avendo cura di riempire completamente il foro.
- applicazione del PRIMER su tutta la superficie verticale per il consolidamento e l'eliminazione della polverosità residua del supporto, al fine di ottenere una buona resistenza meccanica superficiale
- procedere con la posa di un primo strato di RASANTE IMPERMEABILIZZANTE CONTROTERRA per impermeabilizzare la base di appoggio del pannello e impedire la risalita capillare dell'umidità del terreno al di sopra del taglio chimico nella porzione di cappotto interrata.

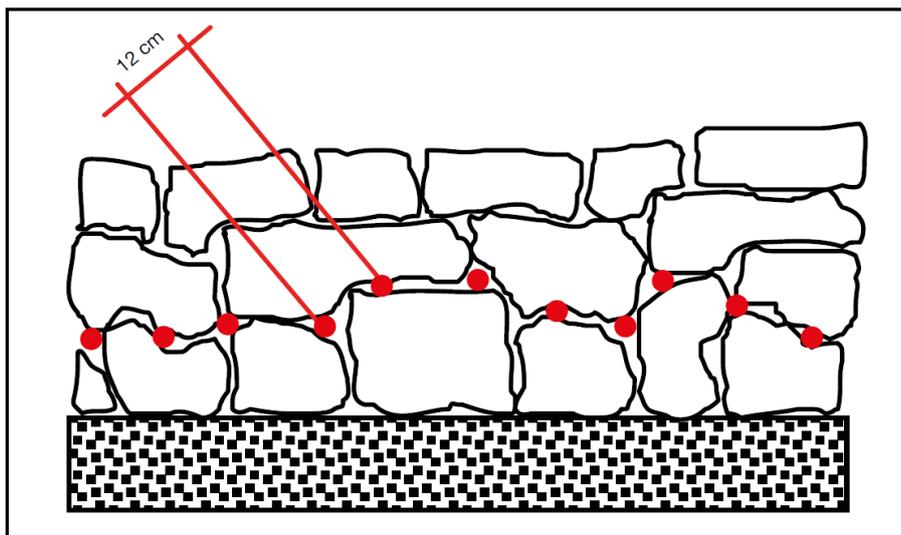


Figura 11 – Andamento dei fori per la formazione della barriera chimica

CARATTERISTICHE TECNICHE RASANTE IMPERMEABILIZZANTE CONTROTERRA	
Caratteristiche	Valore
Materiale	Malta elastica impermeabile bicomponente per la protezione delle strutture esistenti, conforme ai requisiti della EN 1504-2 principi PI, MC e IR e della EN 14891 (CM01P)
Aspetto	Polvere grigia (A) o Liquido bianco (B)
Spessore minimo di applicazione	2 mm
Resa per rasare	1,65 kg/m ² per mm di spessore
Peso specifico	1.650 kg/m ³
Temperatura di applicazione minima	5°C
Temperatura di applicazione massima	40°C
Tempo di vita dell'impasto	1 ora

CARATTERISTICHE TECNICHE PRIMER	
Caratteristiche	Valore
Materiale	Primer acrilico in dispersione acquosa consolidante e antipolvere
Aspetto	Liquido fluido opalescente
Consumo	0,1 - 0,5 kg/m ²
Peso specifico	1,01 g/cm ³
Temperatura di applicazione minima	5°C

Temperatura di applicazione massima	35°C
Tempo attesa prima dell'incollaggio	2 ore
Tempo di asciugamento:	24 ore

OP. 3: STESURA COLLANTE

Il collante viene preparato secondo le istruzioni contenute in scheda tecnica o sul sacco. Esso deve essere applicato, previa applicazione del PRIMER su tutta la superficie verticale, unicamente sul pannello, e può essere applicato a mano oppure a macchina. L'applicazione a mano può essere effettuata secondo due diverse modalità:

- Applicazione su tutta la superficie: il prodotto viene steso su tutta la superficie del pannello con una spatola dentata a denti larghi con dentatura variabile, in base alla regolarità del supporto, avendo cura di non inclinare troppo la spatola dentata.
- Applicazione con metodo "strisce e punti": il prodotto viene steso in modo da formare delle strisce di almeno 5-10 cm. di larghezza parallele ai lati del pannello, e al centro dei punti a spessore con un diametro di circa 5-10 cm. La superficie minima di incollaggio deve essere di almeno il 50% della superficie del pannello.

Il collante da utilizzare per la posa dei pannelli isolanti è un adesivo monocomponente a base di cemento, sabbie selezionate, resine sintetiche ed additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione, il deve essere diluito con acqua secondo le istruzioni riportate sulla confezione.

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL COLLANTE/RASANTE	
Caratteristiche	Valore
Materiale	Malta cementizia monocomponente per l'incollaggio e la rasatura di pannelli termoisolanti e per sistemi di isolamento a cappotto
Peso specifico della polvere	1.450 kg/m ³
Acqua di impasto	21-24%
Resa per rasare	1,3-1,5 kg/m ² per mm di spessore
Resa per incollare	4-6 kg/m ²
Resistenza a flessione a 28 gg	4,5 N/mm ²
Resistenza a compressione a 28 gg	8,23 N/mm ²

OP. 4: POSA IN OPERA DEI PANNELLI ISOLANTI

I pannelli devono essere applicati alla parete, dal basso verso l'alto, a giunti sfalsati, evitando la presenza di fessure tra i pannelli ed esercitando una leggera pressione con le mani. In corrispondenza degli spigoli i pannelli devono essere alternati in modo da garantire un assorbimento delle tensioni. I pannelli vanno incollati tra di loro negli angoli utilizzando un collante poliuretano e il taglio dei pannelli deve avvenire rispettando la perpendicolarità delle facce e quindi è necessario utilizzare appositi attrezzi di taglio.

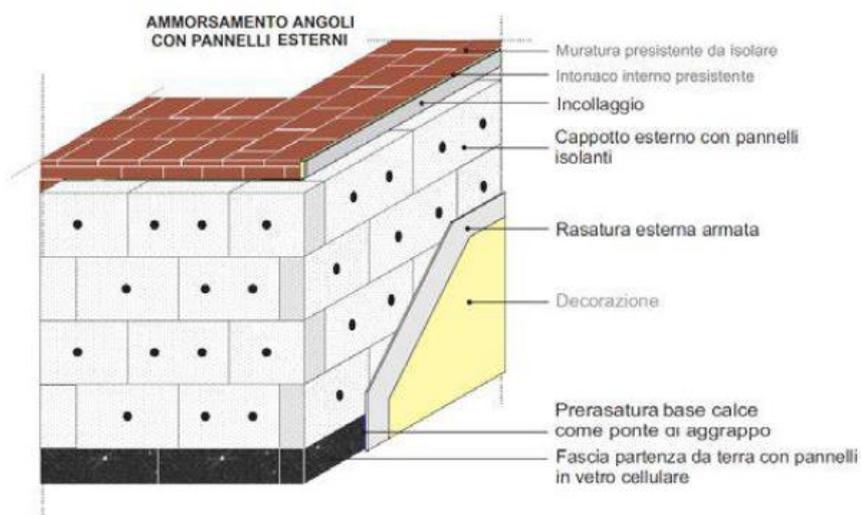


Figura 12 –Stratigrafia del cappotto termico, particolare ammassamento dei pannelli sullo spigolo delle pareti

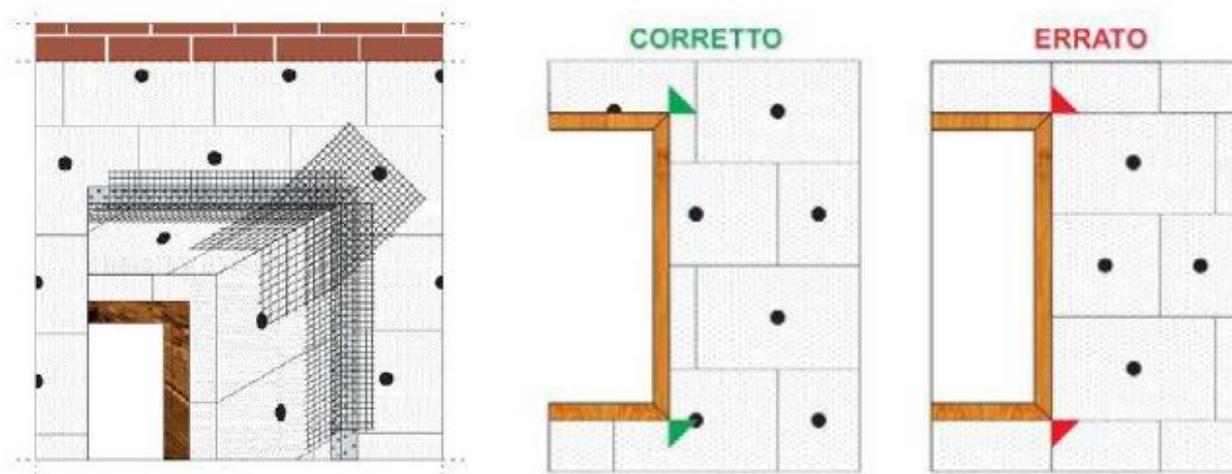


Figura 13 – Posa del cappotto termico, particolare spigolo della finestra: utilizzare parasigoli e aggiungere rete a 45°

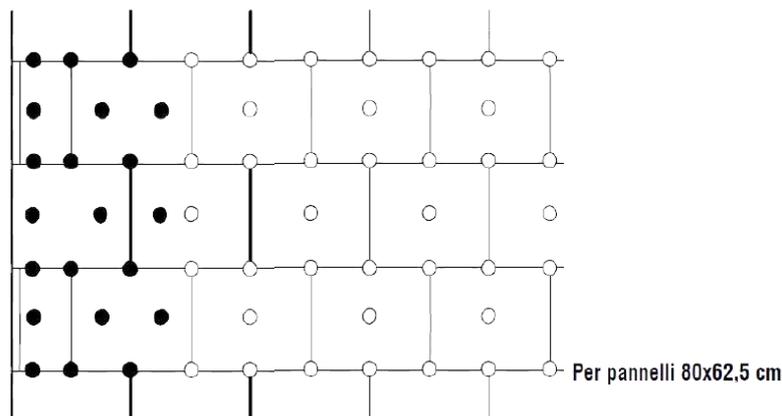


Figura 14 – Posa del cappotto termico, schema tassellatura

Durante l'installazione dei pannelli, essi vanno battuti con frattazzo di legno o plastica per farli aderire il più possibile al supporto. Piccole differenze di planarità tra i pannelli possono essere aggiustate tramite carteggiatura della superficie dei pannelli, avendo cura poi di pulire in maniera ottimale la superficie da rasare. La posa delle lastre deve essere pianificata in maniera da prevedere che i giunti tra i pannelli siano sfalsati sia rispetto alle aperture di porte e finestre, sia rispetto alla presenza di discontinuità di materiali nel supporto (ad es. rispetto all'interfaccia laterizio/calcestruzzo).

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PANNELLO ISOLANTE DEL CAPPOTTO SECONDO UNI EN 13163		
Caratteristiche	Unità di misura	Valore
Materiale	-	idrati di silicato di calcio autoclavato
Resistenza alla compressione EN826	KPa	360
Resistenza alla trazione perpendicolare alle facce EN1607	KPa	70
Conducibilità termica	W/mK	0,042
Assorbimento d'acqua per immersione parziale (24h)	kg/m ²	<0,5
Assorbimento d'acqua per immersione parziale (28gg)	kg/m ²	<1
Coeff. Resistenza alla diffusione del vapore	-	5
Reazione al fuoco	-	A1

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PANNELLO ISOLANTE DI ZOCCOLATURA SECONDO UNI EN 13163		
Caratteristiche	Unità di misura	Valore

Materiale	-	vetro cellulare
Categoria di resistenza a compressione (EN 13167)	KPa	900
Categoria di resistenza a flessione (EN 13167)	KPa	450
Categoria di resistenza a trazione verticale (EN 13167)	KPa	150
Conducibilità termica	W/mK	0,054
Igroscopticità	-	nessuna
Capillarità	-	nessuna
Reazione al fuoco	-	A1

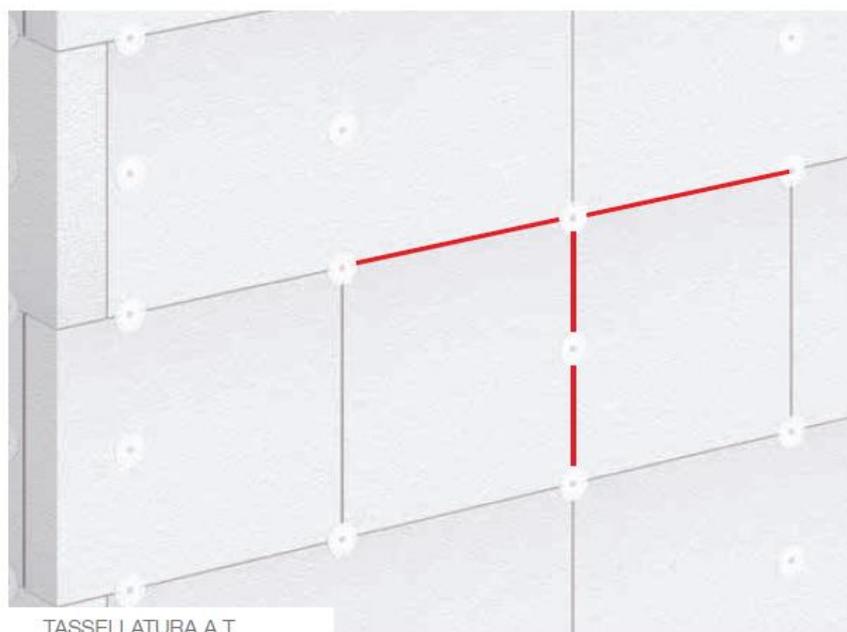
CARATTERISTICHE TECNICHE DEL PANNELLO ISOLANTE PER IMBOTTI

Caratteristiche	Unità di misura	Valore
Materiale	-	fibre rinforzate ad alta densità, completamente saturate di Aerogel
Conducibilità termica	W/mK	0,015
Assorbimento d'acqua per immersione parziale lungo termine	kg/m ²	≤ 0,01
Permeabilità al vapore acqueo	m	0,07
Reazione al fuoco	-	C S ₁ D ₀

OP 5: TASSELLATURA

Il fissaggio meccanico supplementare tramite tasselli permette di integrare l'adesione al supporto dei pannelli isolanti ottenuta con la malta collante. La funzione principale dei tasselli non è di assorbire gli sforzi di adesione o di portanza dei pannelli ma di permettere una stabilità dell'adesione nel tempo che potrebbe essere compromessa da una non corretta preparazione del supporto e da sollecitazioni del vento. In definitiva il collante è utilizzato per contrastare forze parallele al supporto mentre il tassello lavora nel contrastare forze perpendicolari al supporto.

Lo schema da utilizzare per la tassellatura è a T. I tasselli devono essere disposti in corrispondenza degli incroci dei pannelli più uno centralmente.



TASSELLATURA A T

Figura 5 – Schema di tassellatura

A distanza di circa un giorno, e comunque dopo indurimento dell'adesivo, si procede con il fissaggio meccanico dei pannelli, che avviene utilizzando appositi tasselli "a fungo": il disco del tassello ha il compito di pressare il pannello isolante contro il supporto, mentre al gambo è demandata la funzione di aderenza al supporto stesso. La penetrazione dei tasselli nel paramento murario deve corrispondere alla Profondità di Ancoraggio del tassello stesso (PA).

Il tassello avrà le seguenti caratteristiche:

- con rondella per una superficie complanare e un'applicazione omogenea dell'intonaco,
- semplice, veloce e senza polvere di fresatura,
- ridottissima profondità di ancoraggio e massima capacità di carico che garantiscono assoluta sicurezza e consumo economico dei tasselli,
- forza di pressione costante,
- ponte termico ottimizzato,
- vite premontata per un montaggio velocizzato.

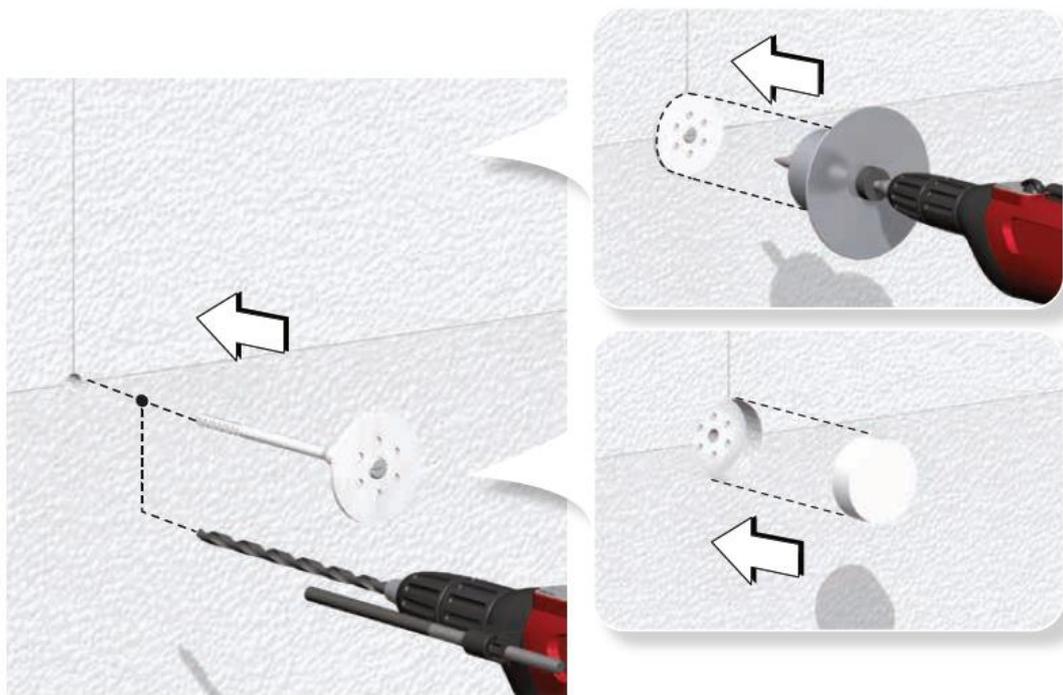
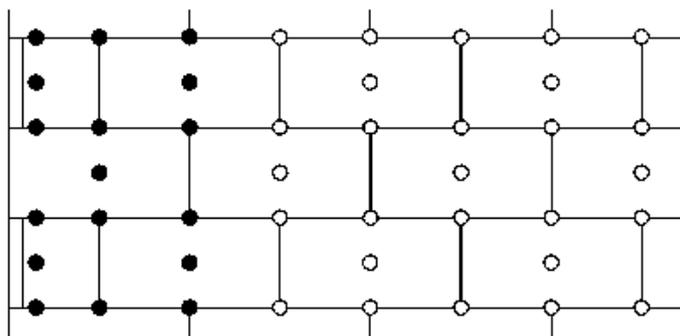


Figura 6 – Esempio di applicazione di tassello ad avvitamento su EPS



**Tassellatura prevista
per edifici con H < 10 m**

**6 tasselli/m² al centro
6 tasselli/m² ai bordi**

Figura 7 – Esempio di schema di tassellatura per pannelli in EPS

L'applicazione dei tasselli è influenzata anche dall'altezza dell'edificio e dalla sua collocazione geografica, soprattutto dovuto alla forza del vento. E' necessario pertanto inserire almeno 6 tasselli per m².

OP. 6: ESECUZIONE DI SPIGOLI E ANGOLI

L'applicazione delle reti angolari preformate deve essere eseguita prima del posizionamento dei paraspigoli di dimensioni 8x12 cm. Le strisce rettangolari delle reti hanno generalmente dimensioni di circa 200 x 300 mm.



Figura 8 – Esempio applicazione parasigoli

Tutti gli spigoli devono essere realizzati utilizzando gli appositi parasigoli con rete preincollata, avendo cura di posizionare i parasigoli con gocciolatoio nei punti di scolo dell'acqua piovana.

In corrispondenza delle aperture per porte e finestre è necessario annegare degli ulteriori pezzi di rete con inclinazione di 45° in corrispondenza degli spigoli dove in genere c'è la maggiore concentrazione degli sforzi.

OP. 7: ESECUZIONE IMBOTTO

In corrispondenza dell'imbotto delle finestre sarà installato un isolante ad alte prestazioni in aerogel di spessore 3 cm. In corrispondenza dei vani finestra e vani porta, l'isolamento in pannelli di idrati di silicati di calcio supererà la linea del muro di 3 cm fino ad essere complanare con l'isolante interno dell'imbotto. L'obiettivo è quello di ridurre la creazione di ponti termici ed evitare la formazione di muffe all'interno. Per realizzare il risvolto sarà applicato uno strato di isolante in polistirene espanso di spessore 3 cm.

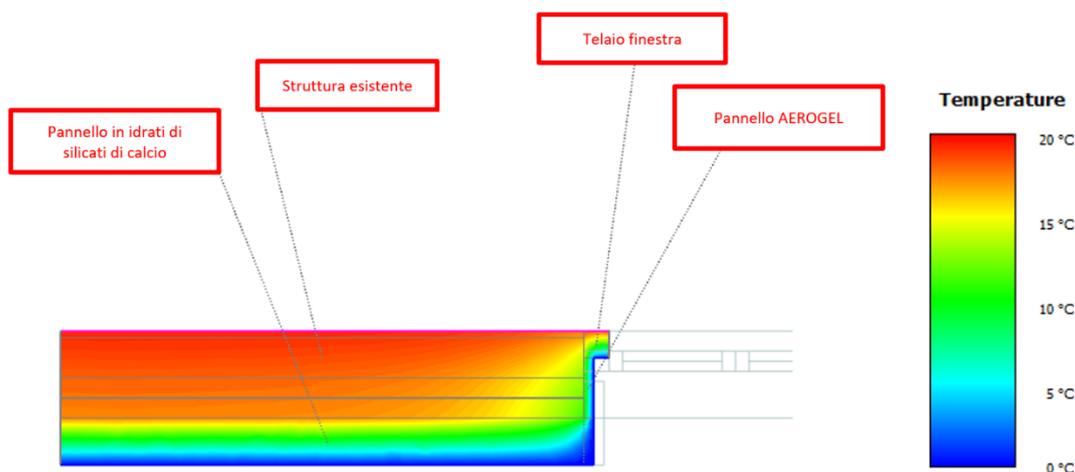


Figura 9 – Ponte termico dell'infisso corretto (curve di livello)

OP 8: RASATURA CON RETE

Una volta eseguito il fissaggio meccanico dei pannelli si potrà procedere alla rasatura degli stessi. La rasatura sarà realizzata in due strati da 2 mm ciascuno. I rasanti devono essere stesi sui pannelli con la spatola metallica. La stesura del rasante può essere realizzata utilizzando la spatola dentata con denti a semicerchio. Si raccomanda di eseguire la rasatura evitando di lasciare pannelli isolanti esposti ad agenti atmosferici.

Dopo aver steso il primo strato di rasante si procede, partendo dall'alto verso il basso, alla posa della rete d'armatura in fibra di vetro alcali resistente da 160 g/m², che deve essere sormontata tra le strisce adiacenti di almeno 10 cm e annegata nel primo strato di rasante.

Sarà utilizzato un rasante diverso a seconda dei punti di impiego (FASE 4 in nell'elaborato grafico "Tavola 2 - Isolamento termico a cappotto"), in particolare:

- **RASANTE IMPERMEABILIZZANTE CONTROTERRA:** a contatto con il terreno, per la protezione delle porzioni di cappotto interrate - *vedere paragrafo OP_1*

CARATTERISTICHE TECNICHE RASANTE IMPERMEABILIZZANTE	
Caratteristiche	Valore
Materiale	Malta cementizia base di leganti cementizi, aggregati selezionati a grana fine, additivi speciali e polimeri sintetici in dispersione acquosa
Aspetto	Polvere grigia (A) o Liquido bianco (B)
Spessore minimo di applicazione	2 mm
Peso specifico	1.700 kg/m ³
Temperatura di applicazione minima	8°C
Temperatura di applicazione massima	35°C
Tempo di vita dell'impasto	1 ora

- **RASANTE IMPERMEABILIZZANTE:** a contatto con la neve, per la protezione delle porzioni di cappotto che possono trovarsi per alcuni periodi al di sotto del livello della neve) – *per dettagli tecnici vedere paragrafo OP_1*
- **RASANTE/COLLANTE:** altre zone il rasante/collante - *per dettagli tecnici vedere paragrafo OP_1*

OP 9: RIVESTIMENTO PROTETTIVO E FINITURA

Dopo circa 2-3 settimane dalla posa del rasante, e comunque dopo completo indurimento dello strato di rasante stesso, procedere con l'applicazione del rivestimento finale attendere almeno 16-24 ore dalla stesura del fondo di preparazione.

Nella fascia di zoccolatura verrà applicato un rivestimento silossanico idrorepellente (*Scheda prodotto n.10 – Capitolato speciale d'appalto*) mentre nella restante porzione un rivestimento resistente ad alghe e muffe (*Scheda prodotto n.9 – Capitolato speciale d'appalto*).

Al termine dell'operazione si procederà al ripristino degli impianti elettrici, idraulici e di gas rimossi durante l'operazione 1.

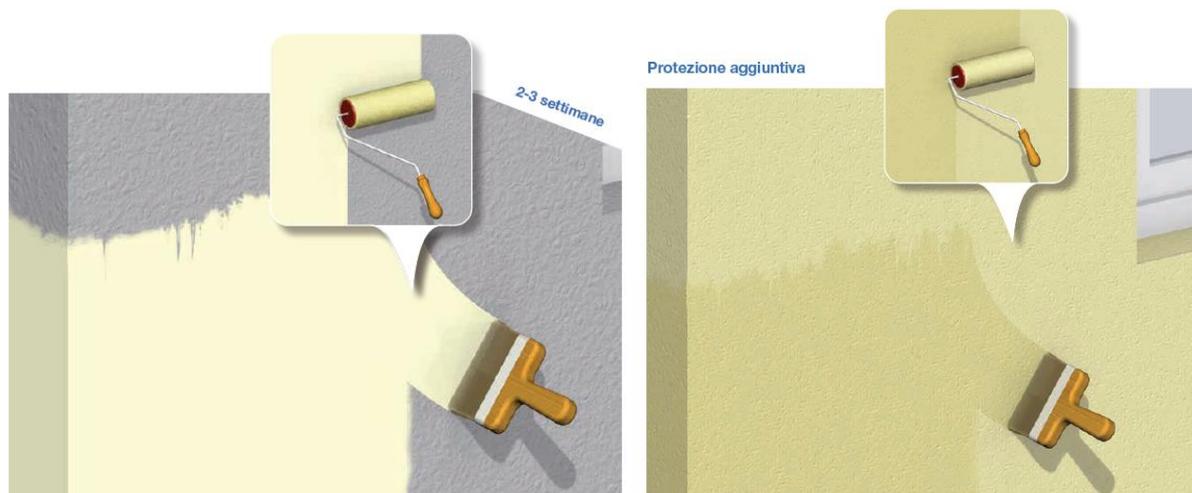


Figura 11 – Stesura degli strati di finitura

5 CAM – Criteri Ambientali Minimi

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) sono definiti nell’ambito di quanto stabilito dal Piano per la sostenibilità ambientale dei consumi del settore della pubblica amministrazione e sono adottati con Decreto del Ministro dell’Ambiente della Tutela del Territorio e del mare. La loro applicazione sistematica ed omogenea consente di diffondere le tecnologie ambientali e i prodotti ambientalmente preferibili e produce un effetto leva sul mercato, inducendo gli operatori economici meno virtuosi ad adeguarsi alle nuove richieste della pubblica amministrazione.

In Italia, l’efficacia dei CAM è stata assicurata grazie all’art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, all’art. 34 recante “Criteri di sostenibilità energetica e ambientale” del D.lgs. 50/2016 “Codice degli appalti” (modificato dal D.lgs 56/2017), che ne hanno reso obbligatoria l’applicazione da parte di tutte le stazioni appaltanti.

Questo obbligo garantisce che la politica nazionale in materia di appalti pubblici verdi sia incisiva non solo nell’obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, ma nell’obiettivo di promuovere modelli di produzione e consumo più sostenibili, “circolari” e nel diffondere l’occupazione “verde”. Oltre alla valorizzazione della qualità ambientale e al rispetto dei criteri sociali, l’applicazione dei Criteri Ambientali Minimi risponde anche all’esigenza della Pubblica amministrazione di razionalizzare i propri consumi, riducendone ove possibile la spesa.¹

In questa relazione si fa riferimento ai CAM approvati con DM 11 ottobre 2017 ovvero per “Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici”.

5.1 Elenco dei CAM in capo all’appaltatore

Nell’ambito dell’attività di progettazione, in relazione agli interventi di sostituzione dei serramenti e isolamento termico dell’involucro edilizio (cappotto) sono state rispettate le disposizioni elencate di seguito, suddivise come da decreto, in due macrocategorie (vengono riportate solo le categorie di interesse per il progetto in questione).

- Specifiche tecniche dei componenti edilizi
- Specifiche tecniche del cantiere

5.1.1 Specifiche tecniche dei componenti edilizi

Utilizzo materiale recuperato o riciclato

¹ <https://www.minambiente.it/pagina/i-criteri-ambientali-minimi>

Il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio, anche considerando diverse percentuali per ogni materiale, deve essere pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali utilizzati. Di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali.

Il suddetto requisito deve essere dimostrato tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDItaly© o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy®, Plastica Seconda Vita o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Isolanti termici ed acustici

Gli isolanti utilizzati devono rispettare i seguenti criteri:

- non devono essere prodotti utilizzando ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni previste da normative nazionali o comunitarie applicabili;
- non devono essere prodotti con agenti espandenti con un potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero;
- non devono essere prodotti o formulati utilizzando catalizzatori al piombo quando spruzzati o nel corso della formazione della schiuma di plastica;
- se prodotti da una resina di polistirene espandibile gli agenti espandenti devono essere inferiori al 6% del peso del prodotto finito;
- se costituiti da lane minerali, queste devono essere conformi alla nota Q o alla nota R di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i.
- se il prodotto finito contiene uno o più dei componenti elencati nella seguente tabella, questi devono essere costituiti da materiale riciclato e/o recuperato secondo le quantità minime indicate, misurato sul peso del prodotto finito:

	Isolante in forma di pannello	Isolante stipato, a spruzzo/insufflato	Isolante in materassini
Cellulosa		80%	
Lana di vetro	60%	60%	60%
Lana di roccia	15%	15%	15%
Perlite espansa	30%	40%	8%-10%
Fibre in poliestere	60-80%		60 - 80%
Polistirene espanso	dal 10% al 60% in funzione della tecnologia adottata per la produzione	dal 10% al 60% in funzione della tecnologia adottata per la produzione	
Polistirene estruso	dal 5 al 45% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione		
Poliuretano espanso	1-10% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione	1-10% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione	
Agglomerato di Poliuretano	70%	70%	70%
Agglomerati di gomma	60%	60%	60%
Isolante riflettente in alluminio			15%

Tabella 15 – Quantità minime di materiale riciclato e/o recuperato in base al tipo di isolante

La percentuale di materia riciclata dovrà essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly© o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy®, Plastica Seconda Vita o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Disassemblabilità

Almeno il 50% peso/peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati, escludendo gli impianti, deve essere sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva ed essere riciclabile o riutilizzabile. Di tale percentuale, almeno il 15% deve essere costituito da materiali non strutturali.

Sostanze pericolose

Nei componenti, parti o materiali usati non devono essere aggiunti intenzionalmente:

- additivi a base di cadmio, piombo, cromo VI, mercurio, arsenico e selenio in concentrazione superiore allo 0.010% in peso.
- sostanze identificate come «estremamente preoccupanti» (SVHCs) ai sensi dell'art.59 del Regolamento (CE) n. 1907/2006 ad una concentrazione maggiore dello 0,10% peso/peso;

- Sostanze o miscele classificate o classificabili con le seguenti indicazioni di pericolo: come cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione di categoria 1A, 1B o 2 (H340, H350, H350i, H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df, H341, H351, H361f, H361d, H361fd, H362); per la tossicità acuta per via orale, dermica, per inalazione, in categoria 1, 2 o 3 (H300, H301, H310, H311, H330, H331); come pericolose per l'ambiente acquatico di categoria 1,2 (H400, H410, H411); come aventi tossicità specifica per organi bersaglio di categoria 1 e 2 (H370, H371, H372, H373).

Pitture e vernici

I prodotti vernicianti devono essere conformi ai criteri ecologici e prestazionali previsti dalla decisione 2014/312/UE (30) e s.m.i. relativa all'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica. In particolare l'appaltatore dovrà fornire prodotti recanti alternativamente:

- il Marchio Ecolabel UE o equivalente;
- dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025 da cui si evinca il rispetto del presente criterio.

La documentazione comprovante il rispetto del presente criterio dovrà essere presentata alla direzione lavori prima dell'inizio dei lavori.

Sostenibilità e legalità del legno

Per materiali e i prodotti costituiti di legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il materiale deve provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato o un insieme dei due. In fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi dell'origine sostenibile e/o responsabile del materiale tramite una certificazione di prodotto, rilasciata da organismi di valutazione della conformità, che garantisca il controllo della «catena di custodia» in relazione alla provenienza legale della materia prima legnosa e da foreste gestite in maniera sostenibile/responsabile, quali quella del Forest Stewardship Council® (FSC®) o del Programme for Endorsement of Forest Certification schemes™ (PEFC™), o altro equivalente.

La documentazione comprovante il rispetto del presente criterio dovrà essere presentata alla direzione lavori prima dell'inizio dei lavori.

6 ALLEGATO 1 - PROGETTAZIONE E DIMENSIONAMENTO CAMINO SINGOLO

Comune di COGNE (AO)

PROGETTAZIONE E DIMENSIONAMENTO CAMINO SINGOLO

Relazione tecnica

Edificio: Edificio sede del Parco di Cogne (AO)

Committente: Parco Nazionale del Gran Paradiso

Indirizzo: Rue Mines de Cogne, 20, località Silvenoire - COGNE (AO)

AZZEROCO2 SRL
Ing. Santori Sofia
VIA GENOVA 23
ROMA (RM)

Copyright ACCA software S.p.A.

DATI GENERALI

Committente

Nome Cognome	Parco Nazionale del Gran Paradiso
Indirizzo	Via Pio VII, 9
CAP - Comune	10135 TORINO (TO)

Tecnico

Ragione Sociale	AZZEROCO2 SRL
Nome Cognome	Sofia Santori
Qualifica	Ingegnere
Indirizzo	VIA GENOVA 23
CAP - Comune	00184 ROMA (RM)

Edificio

Denominazione	Edificio sede del Parco di Cogne (AO)
Indirizzo	Rue Mines de Cogne, 20, località Silvenoire
CAP - Comune	11012 COGNE (AO)
Altitudine	1 534 m s.l.m.m.

PREMESSA

Normativa di riferimento

Il progetto è stato realizzato in base alle normative seguenti:

UNI EN 13384-1

Camini - Metodi di calcolo termico e fluido dinamico. Parte 1: Camini asserviti a un solo apparecchio.

UNI EN 13384-2

Camini - Metodi di calcolo termico e fluido dinamico. Parte 2: Camini asserviti a più apparecchi di riscaldamento.

Gli impianti, inoltre, devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37.

Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare devono essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VVF;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano).

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

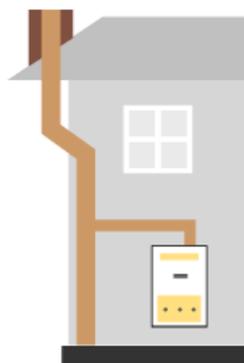
Descrizione dell'intervento

L'impianto è a **Flusso non bilanciato**. Il funzionamento è a **Tiraggio forzato (pressione positiva)**; la verifica effettuata è **A umido (con condensazione)**.

Di seguito è descritto l'intervento realizzato.

Progettazione e dimensionamento di un camino singolo

Configurazione



Dati generali

Temperatura dell'aria esterna	
Temperatura aria esterna massima T_L max	15 °C
Temperatura aria esterna minima T_L min	-15 °C

Generatori di calore

Dati tecnici	
Tipo generatore	Caldaia a condensazione
Combustibile	Gas liquido
Diametro scarico fumi	60.0 mm
Dati caldaia	
Tipo combustione	Forzata
Generatore a condensazione	Si
Potenza	Variabile
Potenza nominale (QN)	29.3 kW
Portata termica nominale (QF)	30.5 kW
Potenza minima (QNmin)	5.9 kW
Portata termica minima (QFmin)	6.1 kW
Caratteristiche fumi (potenza nominale)	
Portata massica (Mw)	0.01556 kg/s
Temperatura fumi (Tw)	68.0 °C
Tenore di CO2 ($\sigma(\text{CO}_2)$)	10.0 %
Pressione differenziale (Pwo)	100.0 Pa
Caratteristiche fumi (potenza minima)	
Portata massica (Mw)	0.00222 kg/s
Temperatura fumi (Tw)	53.0 °C
Tenore di CO2 ($\sigma(\text{CO}_2)$)	10.5 %
Pressione differenziale (Pwo)	100.0 Pa

Canale da fumo – Caldaia "Piano terra"

Dati tecnici	
Marca e Modello	Stabile – PD o similare
Descrizione	Camino a doppia parete metallica isolato con lana di roccia di sp. 25 e 50 mm, parete interna in acciaio 1.4404 di spessore 0.5 - 0.6 - 0.8 - 1 mm e parte esterna in acciaio inox
Geometria	
Altezza efficace - Hv	0.5 m
Lunghezza - Lv	1.5 m
Coefficiente di resistenza al flusso - Zeta	0.30 m
Forma	Circolare
Diametro idraulico interno	80 mm
Spessore	26.5 mm
Diametro esterno	133 mm
Area interna	50.27 cm²
Caratteristiche tecniche	
Tipo	Monostrato
Rugosità	1.0 mm
Resistenza termica - RT	0.54949 m²K/W
Pressione massima ammessa dal condotto	200 Pa
Esposizione area della superficie esterna del condotto	
Nel locale caldaia	0 %
Nelle aree riscaldate	100 %
Nelle aree non riscaldate interne all'edificio	0 %
Esterna all'edificio	0 %

Elementi di resistenza al flusso

Descrizione	Resistenza (m)	Quantità
Curva 90° - $R = 1,0 \times Dh - 30 > Ld / Dh \geq 2$	0.30	1
Totale	0.30	

Strati del condotto (dall'interno verso l'esterno)

Materiale	Diam. int. (mm)	Spessore (mm)	λ (W/(mK))	Rt (m ² K/W)
Acciaio inossidabile	80.0	0.5	17.000	0.00003
Lana di roccia	81.0	25.0	0.035	0.55629
Acciaio inossidabile	131.0	1.0	17.000	0.00006

Camino – Caldaia "Piano terra"

Dati tecnici	
Marca e Modello	Stabile – PD o similare
Descrizione	Camino a doppia parete metallica isolato con lana di roccia di sp. 25 e 50 mm, parete interna in acciaio 1.4404 di spessore 0.5 - 0.6 - 0.8 - 1 mm e parte esterna in acciaio inox
Geometria	
Altezza efficace - Hc	7.0 m
Lunghezza - Lc	7.0 m
Coefficiente di resistenza al flusso - Zeta	0.00 m
Forma	Circolare
Diametro idraulico interno	80 mm
Spessore	26.5 mm
Diametro esterno	133 mm
Area interna	50.27 cm²
Caratteristiche tecniche	
Tipo	Monostrato
Rugosità	1.0 mm
Resistenza termica - RT	0.54949 m²K/W
Pressione massima ammessa dal condotto	200 Pa
Esposizione area della superficie esterna del condotto	
Nel locale caldaia	0 %
Nelle aree riscaldate	45 %
Nelle aree non riscaldate interne all'edificio	20 %
Esterna all'edificio	35 %

Strati del condotto (dall'interno verso l'esterno)

Materiale	Diam. int. (mm)	Spessore (mm)	λ (W/(mK))	Rt (m ² K/W)
Acciaio inossidabile	80.0	0.5	17.000	0.00003
Lana di roccia	81.0	25.0	0.035	0.55629
Acciaio inossidabile	131.0	1.0	17.000	0.00006

Comignolo – Caldaia "Piano terra"

Comignolo	
Isolamento supplementare presente	No
Tipo regione	Interna
In zona reflusso	No
Pressione generata dalla velocità del vento - PL	0.0 Pa

RISULTATI DI CALCOLO

Caldaia "Piano terra"

Verifiche

Verifica	Valori	U.M.	Ver.
Condizione A (generatore a pot. nominale e temp. esterna max)			
$P_{ZO} \leq P_{ZOe}$	$17.8 \leq 101.4$	Pa	Si
$P_{ZO} \leq P_{Z\text{eccesso}}$	$17.8 \leq 200.0$	Pa	Si
$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\text{eccesso}}$	$12.4 \leq 200.0$	Pa	Si
Condizione B (generatore a pot. min e temp. esterna max)			
$P_{ZO} \leq P_{ZOe}$	$-2.7 \leq 96.6$	Pa	Si
$P_{ZO} \leq P_{Z\text{eccesso}}$	$-2.7 \leq 200.0$	Pa	Si
$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV\text{eccesso}}$	$-3.2 \leq 200.0$	Pa	Si
Condizione C (generatore a pot. nominale e temp. esterna min)			
$T_{iob} \geq T_g$	$52.0 \geq 0.0$	°C	Si
Condizione D (generatore a pot. min e temp. esterna min)			
$T_{iob} \geq T_g$	$12.1 \geq 0.0$	°C	Si

Legenda

P_{ZO}	Pressione positiva all'entrata dei prodotti della combustione nel camino
P_{ZOe}	Pressione differenziale massima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino
$P_{Z\text{eccesso}}$	Pressione massima ammessa dalla designazione del camino
$P_{ZV\text{eccesso}}$	Pressione massima ammessa dalla designazione del canale da fumo
P_{FV}	Resistenza effettiva alla pressione del canale da fumo
T_{iob}	Temperatura della parete interna allo sbocco del camino in equilibrio termico
T_g	Limite di temperatura

Risultati

Condizioni di funzionamento

Condizione A: generatore alla potenza nominale e temperatura aria esterna massima.

Condizione B: generatore alla potenza minima e temperatura aria esterna massima.

Condizione C: generatore alla potenza nominale e temperatura aria esterna minima.

Condizione D: generatore alla potenza minima e temperatura aria esterna minima.

Generali	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Costante dei gas dei prodotti della combustione	R	285.41	285.28	285.41	285.28	J/(kg × K)
Pressione dell'aria esterna	p_L	80 913.1	80 913.1	79 225.8	79 225.8	Pa
Massa volumica dell'aria esterna	ρ_L	0.975	0.975	1.066	1.066	kg/m ³
Canale da fumo	Simbolo	A	B	C	D	U.M.

Viscosità dinamica del gas di combustione	η_V	18.10	17.43	18.10	17.43	N x s/m ²
Coefficiente di conduttività termica del gas di combustione	λ_V	0.027	0.026	0.027	0.026	W/(m x K)
Capacità termica specifica del gas di combustione	C_{pV}	1 076.68	1 076.28	1 076.68	1 076.28	J/(kg x K)
Numero di Prandtl	Pr_V	0.720	0.720	0.720	0.720	
Massa volumica dei prodotti della combustione	ρ_{LV}	0.831	0.870	0.814	0.851	kg/m ³
Velocità dei prodotti della combustione	w_{mV}	3.73	0.51	3.80	0.52	m/s
Numero di Reynolds	Re_V	13 682	2 300	13 682	2 300	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente irregolare	ψ_V	0.044	0.057	0.044	0.057	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente regolare	$\psi_{liscioV}$	0.028	0.047	0.028	0.047	
Numero di Nusselt	Nu_V	55.8	9.4	55.8	9.4	
Coefficiente interno di trasmissione del calore	α_{iV}	18.84	3.06	18.84	3.06	W/(m ² x K)
Coefficiente di trasmissione del calore	k_V	2.74	1.56	1.48	1.05	W/(m ² x K)
Coefficiente di raffreddamento	K_V	0.06	0.25	0.03	0.17	
Temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del canale da fumo	T_{eV}	68.0	53.0	68.0	53.0	°C
Temperatura media dei prodotti della combustione nel canale da fumo	T_{mV}	66.5	48.7	67.3	50.5	°C
Temperatura dei prodotti della combustione all'uscita del canale da fumo	T_{oV}	64.9	44.7	66.5	48.0	°C
Camino	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Viscosità dinamica del gas di combustione	η_C	17.96	17.06	18.03	17.21	N x s/m ²
Coefficiente di conduttività termica del gas di combustione	λ_C	0.027	0.025	0.027	0.025	W/(m x K)
Capacità termica specifica del gas di combustione	C_{pC}	1 076.03	1 074.59	1 076.36	1 075.26	J/(kg x K)
Numero di Prandtl	Pr_C	0.720	0.730	0.720	0.740	
Massa volumica dei prodotti della combustione	ρ_{LC}	0.839	0.892	0.817	0.865	kg/m ³
Velocità dei prodotti della combustione	w_{mC}	3.69	0.49	3.79	0.51	m/s
Numero di Reynolds	Re_C	13 789	2 300	13 735	2 300	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente irregolare	ψ_C	0.044	0.057	0.044	0.057	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente regolare	$\psi_{liscioC}$	0.028	0.047	0.028	0.047	

Numero di Nusselt	N_{uc}	51.8	8.7	51.6	8.8	
Coefficiente interno di trasmissione del calore	α_{ic}	17.48	2.72	17.41	2.74	$W/(m^2 \times K)$
Coefficiente di trasmissione del calore	k_c	2.78	1.49	1.51	1.03	$W/(m^2 \times K)$
Coefficiente di raffreddamento	K_c	0.29	1.10	0.16	0.76	
Temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del camino	T_{ec}	64.9	44.7	66.5	48.0	$^{\circ}C$
Temperatura media dei prodotti della combustione nel camino	T_{mc}	58.3	33.0	62.3	37.0	$^{\circ}C$
Temperatura dei prodotti della combustione all'uscita del camino	T_{oc}	52.3	24.9	58.4	28.5	$^{\circ}C$
Temperatura della parete interna allo sbocco del camino in equilibrio termico	T_{iob}	49.0	21.1	52.0	12.1	$^{\circ}C$
Temperatura di condensazione	T_{sp}	46.2	47.1	45.9	46.7	$^{\circ}C$
Pressioni generali	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Pressione differenziale del generatore di calore	P_{wo}	100.0	100.0	100.0	100.0	Pa
Effettiva resistenza alla pressione dell'aria comburente	P_B	4.0	4.0	4.0	4.0	Pa
Pressione generata dalla velocità del vento	P_L	0.0	0.0	0.0	0.0	Pa
Pressioni canale da fumo	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Resistenza alla pressione dovuta a resistenza di attrito e di forma del canale da fumo	P_{EV}	6.5	0.2	6.7	0.2	Pa
Differenza di pressione causata da variazione di velocità dei prodotti della combustione nel canale da fumo	P_{GV}	-12.5	-0.2	-12.7	-0.2	Pa
Resistenza alla pressione del canale da fumo	P_{RV}	-4.7	-0.1	-4.7	-0.1	Pa
Tiraggio teorico disponibile per effetto camino del canale da fumo	P_{HV}	0.7	0.5	1.2	1.0	Pa
Resistenza effettiva alla pressione del canale da fumo	P_{FV}	-5.4	-0.6	-5.9	-1.1	Pa
Pressione differenziale massima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino	P_{ZoeV}	101.4	96.6	101.9	97.1	Pa
Pressioni camino	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Resistenza alla pressione dovuta a resistenza di attrito e di forma del camino	P_{EC}	21.8	0.5	22.5	0.5	Pa
Differenza di pressione causata da variazione di velocità dei prodotti della combustione nel camino	P_{GC}	-0.1	0.0	-0.1	0.0	Pa
Tiraggio teorico disponibile per effetto camino	P_{HC}	8.2	3.3	16.3	11.7	Pa
Resistenza alla pressione del camino	P_{RC}	26.0	0.6	26.9	0.6	Pa
Pressione positiva all'entrata dei prodotti della combustione nel camino	P_{Zoc}	17.8	-2.7	10.6	-11.1	Pa

Canale da fumo – Caldaia "Piano Primo"

Dati tecnici	
Marca e Modello	Stabile – PD o similare
Descrizione	Camino a doppia parete metallica isolato con lana di roccia di sp. 25 e 50 mm, parete interna in acciaio 1.4404 di spessore 0.5 - 0.6 - 0.8 - 1 mm e parte esterna in acciaio inox
Geometria	
Altezza efficace - Hv	0.3 m
Lunghezza - Lv	0.8 m
Coefficiente di resistenza al flusso - Zeta	0.30 m
Forma	Circolare
Diametro idraulico interno	80 mm
Spessore	26.5 mm
Diametro esterno	133 mm
Area interna	50.27 cm²
Caratteristiche tecniche	
Tipo	Monostrato
Rugosità	1.0 mm
Resistenza termica - RT	0.54949 m²K/W
Pressione massima ammessa dal condotto	200 Pa
Esposizione area della superficie esterna del condotto	
Nel locale caldaia	0 %
Nelle aree riscaldate	100 %
Nelle aree non riscaldate interne all'edificio	0 %
Esterna all'edificio	0 %

Elementi di resistenza al flusso

Descrizione	Resistenza (m)	Quantità
Curva 90° - $R = 1,0 \times Dh - 30 > Ld / Dh \geq 2$	0.30	1
Totale	0.30	

Strati del condotto (dall'interno verso l'esterno)

Materiale	Diam. int. (mm)	Spessore (mm)	λ (W/(mK))	Rt (m ² K/W)
Acciaio inossidabile	80.0	0.5	17.000	0.00003
Lana di roccia	81.0	25.0	0.035	0.55629
Acciaio inossidabile	131.0	1.0	17.000	0.00006

Camino – Caldaia "Piano Primo"

Dati tecnici	
Marca e Modello	Stabile – PD o similare
Descrizione	Camino a doppia parete metallica isolato con lana di roccia di sp. 25 e 50 mm, parete interna in acciaio 1.4404 di spessore 0.5 - 0.6 - 0.8 - 1 mm e parte esterna in acciaio inox
Geometria	
Altezza efficace - Hc	5.0 m
Lunghezza - Lc	5.0 m
Coefficiente di resistenza al flusso - Zeta	0.00 m
Forma	Circolare
Diametro idraulico interno	80 mm
Spessore	26.5 mm
Diametro esterno	133 mm
Area interna	50.27 cm²
Caratteristiche tecniche	
Tipo	Monostrato
Rugosità	1.0 mm
Resistenza termica - RT	0.54949 m²K/W
Pressione massima ammessa dal condotto	200 Pa
Esposizione area della superficie esterna del condotto	
Nel locale caldaia	0 %
Nelle aree riscaldate	0 %
Nelle aree non riscaldate interne all'edificio	25 %
Esterna all'edificio	75 %

Strati del condotto (dall'interno verso l'esterno)

Materiale	Diam. int. (mm)	Spessore (mm)	λ (W/(mK))	Rt (m ² K/W)
Acciaio inossidabile	80.0	0.5	17.000	0.00003
Lana di roccia	81.0	25.0	0.035	0.55629
Acciaio inossidabile	131.0	1.0	17.000	0.00006

Comignolo – Caldaia "Piano Primo"

Comignolo	
Isolamento supplementare presente	No
Tipo regione	Interna
In zona reflusso	No
Pressione generata dalla velocità del vento - PL	0.0 Pa

RISULTATI DI CALCOLO

Caldaia "Piano Primo"

Verifiche

Verifica	Valori	U.M.	Ver.
Condizione A (generatore a pot. nominale e temp. esterna max)			
$P_{ZO} \leq P_{ZOe}$	$12.5 \leq 103.7$	Pa	Si
$P_{ZO} \leq P_{Zzeccesso}$	$12.5 \leq 200.0$	Pa	Si
$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZVzeccesso}$	$4.8 \leq 200.0$	Pa	Si
Condizione B (generatore a pot. min e temp. esterna max)			
$P_{ZO} \leq P_{ZOe}$	$-2.6 \leq 96.4$	Pa	Si
$P_{ZO} \leq P_{Zzeccesso}$	$-2.6 \leq 200.0$	Pa	Si
$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZVzeccesso}$	$-3.1 \leq 200.0$	Pa	Si
Condizione C (generatore a pot. nominale e temp. esterna min)			
$T_{iob} \geq T_g$	$54.2 \geq 0.0$	°C	Si
Condizione D (generatore a pot. min e temp. esterna min)			
$T_{iob} \geq T_g$	$14.7 \geq 0.0$	°C	Si

Legenda

P_{ZO}	Pressione positiva all'entrata dei prodotti della combustione nel camino
P_{ZOe}	Pressione differenziale massima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino
$P_{Zzeccesso}$	Pressione massima ammessa dalla designazione del camino
$P_{ZVzeccesso}$	Pressione massima ammessa dalla designazione del canale da fumo
P_{FV}	Resistenza effettiva alla pressione del canale da fumo
T_{iob}	Temperatura della parete interna allo sbocco del camino in equilibrio termico
T_g	Limite di temperatura

Risultati

Condizioni di funzionamento

Condizione A: generatore alla potenza nominale e temperatura aria esterna massima.

Condizione B: generatore alla potenza minima e temperatura aria esterna massima.

Condizione C: generatore alla potenza nominale e temperatura aria esterna minima.

Condizione D: generatore alla potenza minima e temperatura aria esterna minima.

Generali	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Costante dei gas dei prodotti della combustione	R	285.41	285.28	285.41	285.28	J/(kg × K)
Pressione dell'aria esterna	p_L	80 913.1	80 913.1	79 225.8	79 225.8	Pa
Massa volumica dell'aria esterna	ρ_L	0.975	0.975	1.066	1.066	kg/m ³
Canale da fumo	Simbolo	A	B	C	D	U.M.

Viscosità dinamica del gas di combustione	η_V	18.10	17.43	18.10	17.43	N x s/m ²
Coefficiente di conduttività termica del gas di combustione	λ_V	0.027	0.026	0.027	0.026	W/(m x K)
Capacità termica specifica del gas di combustione	C_{pV}	1 076.68	1 076.28	1 076.68	1 076.28	J/(kg x K)
Numero di Prandtl	Pr_V	0.720	0.720	0.720	0.720	
Massa volumica dei prodotti della combustione	ρ_{LV}	0.831	0.870	0.814	0.851	kg/m ³
Velocità dei prodotti della combustione	w_{mV}	3.73	0.51	3.80	0.52	m/s
Numero di Reynolds	Re_V	13 682	2 300	13 682	2 300	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente irregolare	ψ_V	0.044	0.057	0.044	0.057	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente regolare	$\psi_{liscioV}$	0.028	0.047	0.028	0.047	
Numero di Nusselt	Nu_V	59.4	10.0	59.4	10.0	
Coefficiente interno di trasmissione del calore	α_{iV}	20.06	3.25	20.06	3.25	W/(m ² x K)
Coefficiente di trasmissione del calore	k_V	2.76	1.61	1.48	1.07	W/(m ² x K)
Coefficiente di raffreddamento	K_V	0.03	0.14	0.02	0.09	
Temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del canale da fumo	T_{eV}	68.0	53.0	68.0	53.0	°C
Temperatura media dei prodotti della combustione nel canale da fumo	T_{mV}	67.2	50.6	67.6	51.6	°C
Temperatura dei prodotti della combustione all'uscita del canale da fumo	T_{oV}	66.3	48.2	67.2	50.2	°C
Camino	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Viscosità dinamica del gas di combustione	η_C	18.03	17.22	18.07	17.31	N x s/m ²
Coefficiente di conduttività termica del gas di combustione	λ_C	0.027	0.025	0.027	0.026	W/(m x K)
Capacità termica specifica del gas di combustione	C_{pC}	1 076.32	1 075.30	1 076.50	1 075.70	J/(kg x K)
Numero di Prandtl	Pr_C	0.720	0.740	0.720	0.720	
Massa volumica dei prodotti della combustione	ρ_{LC}	0.835	0.883	0.816	0.859	kg/m ³
Velocità dei prodotti della combustione	w_{mC}	3.71	0.50	3.79	0.51	m/s
Numero di Reynolds	Re_C	13 735	2 300	13 705	2 300	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente irregolare	ψ_C	0.044	0.057	0.044	0.057	
Coefficiente di resistenza al flusso dovuta all'attrito per flusso idraulicamente regolare	$\psi_{liscioC}$	0.028	0.047	0.028	0.047	

Numero di Nusselt	N_{Uc}	52.2	8.9	52.1	8.8	
Coefficiente interno di trasmissione del calore	α_{ic}	17.62	2.77	17.59	2.85	$W/(m^2 \times K)$
Coefficiente di trasmissione del calore	k_c	2.80	1.51	1.52	1.05	$W/(m^2 \times K)$
Coefficiente di raffreddamento	K_c	0.21	0.80	0.11	0.55	
Temperatura dei prodotti della combustione all'ingresso del camino	T_{ec}	66.3	48.2	67.2	50.2	$^{\circ}C$
Temperatura media dei prodotti della combustione nel camino	T_{mc}	61.3	37.9	63.9	40.3	$^{\circ}C$
Temperatura dei prodotti della combustione all'uscita del camino	T_{oc}	56.6	30.0	60.8	32.1	$^{\circ}C$
Temperatura della parete interna allo sbocco del camino in equilibrio termico	T_{iob}	53.0	24.3	54.2	14.7	$^{\circ}C$
Temperatura di condensazione	T_{sp}	46.2	47.1	45.9	46.7	$^{\circ}C$
Pressioni generali	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Pressione differenziale del generatore di calore	P_{wo}	100.0	100.0	100.0	100.0	Pa
Effettiva resistenza alla pressione dell'aria comburente	P_B	4.0	4.0	4.0	4.0	Pa
Pressione generata dalla velocità del vento	P_L	0.0	0.0	0.0	0.0	Pa
Pressioni canale da fumo	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Resistenza alla pressione dovuta a resistenza di attrito e di forma del canale da fumo	P_{EV}	4.3	0.1	4.4	0.1	Pa
Differenza di pressione causata da variazione di velocità dei prodotti della combustione nel canale da fumo	P_{GV}	-12.5	-0.2	-12.7	-0.2	Pa
Resistenza alla pressione del canale da fumo	P_{RV}	-7.3	-0.1	-7.5	-0.1	Pa
Tiraggio teorico disponibile per effetto camino del canale da fumo	P_{HV}	0.4	0.3	0.7	0.6	Pa
Resistenza effettiva alla pressione del canale da fumo	P_{FV}	-7.7	-0.4	-8.2	-0.7	Pa
Pressione differenziale massima all'entrata dei prodotti della combustione nel camino	P_{ZoeV}	103.7	96.4	104.2	96.7	Pa
Pressioni camino	Simbolo	A	B	C	D	U.M.
Resistenza alla pressione dovuta a resistenza di attrito e di forma del camino	P_{EC}	15.7	0.4	16.1	0.4	Pa
Differenza di pressione causata da variazione di velocità dei prodotti della combustione nel camino	P_{GC}	-0.1	0.0	-0.1	0.0	Pa
Tiraggio teorico disponibile per effetto camino	P_{HC}	6.2	3.1	11.9	8.8	Pa
Resistenza alla pressione del camino	P_{RC}	18.7	0.5	19.3	0.5	Pa
Pressione positiva all'entrata dei prodotti della combustione nel camino	P_{Zoc}	12.5	-2.6	7.4	-8.3	Pa