



**Per**



**COMUNE DI MORGEX**

## **STATO DI FATTO E DIAGNOSI ENERGETICA**

**Scuola primaria  
Viale del Convento 12 – 11017 Morgex (AO)**

**27 Febbraio 2012**

---

## SOMMARIO

1	Introduzione.....	3
1.1	Sommario .....	3
1.2	Principali considerazioni emerse dalla diagnosi.....	3
1.3	Riferimenti.....	4
1.4	Allegati .....	4
2	Analisi dello stato di fatto.....	5
2.1	Inquadramento generale .....	6
2.2	Caratteristiche dell’involucro edilizio.....	8
2.3	Analisi termografica .....	9
2.4	Caratteristiche impiantistiche.....	11
2.4.1	Impianto termico .....	11
2.4.2	Impianto elettrico .....	13
2.5	Analisi energetiche e dei consumi .....	14
2.5.1	Impianto termico .....	14
2.5.2	Impianto elettrico .....	15
3	Diagnosi energetica.....	18
3.1	Diagnosi energetica dell’edificio .....	18
3.1.1	Parametri caratterizzanti la zona termica .....	18
3.1.2	Involucro edilizio .....	18
3.1.3	Indici di prestazione energetica .....	21
3.2	Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici .....	22
3.2.1	Coibentazione delle chiusure verticali opache .....	22
3.2.2	Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici .....	23
3.2.3	Avvio di un sistema energy management.....	26

## 1 Introduzione

Il documento presenta al Comune di Morgex i risultati dell'analisi dello stato di fatto e della diagnosi energetica della scuola primaria sita a Morgex in Viale del Convento 12.

### 1.1 Sommario

Il documento è strutturato in due parti; la prima contiene l'analisi dello stato di fatto e la seconda la diagnosi energetica.

L'analisi dello stato di fatto (cfr. capitolo 2) ha come obiettivo quello di descrivere l'edificio analizzando le tecnologie costruttive che ne caratterizzano l'involucro e i dati di consumo termico ed elettrico. La presentazione dello stato di fatto dell'edificio si conclude con l'esame delle criticità rilevate negli impianti e negli elementi dell'involucro censiti.

La seconda parte (cfr. capitolo 3) presenta i risultati dell'analisi energetica effettuata. In questa fase sono riportate le informazioni relative alla classe energetica, i rendimenti medi stagionali degli impianti e le dispersioni connesse all'involucro. A conclusione della diagnosi sono evidenziate alcune proposte per il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio.

### 1.2 Principali considerazioni emerse dalla diagnosi

La scuola primaria è un edificio avente volumetria complessiva di 5500 m<sup>3</sup> realizzato durante gli anni 90 del secolo scorso. La struttura portante è in cemento armato con tamponamenti in laterizio forato, la copertura in legno con finitura in ardesia, il solaio contro terra in cemento con vespaio in ghiaia ed i serramenti in legno con doppio vetro. L'impianto di riscaldamento è alimentato da uno scambiatore allacciato alla rete comunale del teleriscaldamento.

Principali responsabili dell'inefficienza dell'involucro edilizio sono i ponti termici, in particolare nei punti di contatto tra parete perimetrale e serramenti.

L'impianto termico, al quale è abbinata una regolazione di tipo climatico più ambiente, ha buoni rendimenti sotto l'aspetto della generazione, distribuzione ed erogazione del calore. Sono tuttavia emerse criticità legate all'utilizzo e alla gestione del vettore termico. Tali inefficienze sono causate dalla mancanza di uno strumento di controllo puntuale dei consumi. Al fine di ottimizzare la gestione degli impianti e minimizzare la spesa energetica è stata proposta l'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici.

L'impianto elettrico è stato analizzato effettuando una stima della ripartizione degli assorbimenti associati ad ogni carico elettrico presente. Tale mappatura ha messo in evidenza alcune potenziali criticità legate ad eccessivi assorbimenti da parte di alcune delle utenze. Purtroppo, data la mancanza di dati riguardanti i profili di consumo orario delle diverse utenze, risulta poco significativo proporre in questa sede interventi volti al risparmio di energia elettrica. È stato quindi descritto un percorso di efficientamento che, a partire dall'installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi, porti all'individuazione di criticità e inefficienze. Alla luce delle informazioni ottenibili da tale sistema, sarà possibile provvedere alla sostituzione o all'efficientamento degli apparati più energivori.

A integrazione del sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici è stata proposta l'implementazione di un servizio di energy management utile alla gestione efficiente delle risorse energetiche del comune. **In riferimento all'edificio oggetto della diagnosi, è ragionevole stimare una riduzione tra il 10% e il 35% delle spese energetiche globali con la sola ottimizzazione della gestione dell'energia. Tale risparmio consentirebbe di ammortizzare in breve tempo i costi sostenuti per l'avvio dei servizi di EnMS e di monitoraggio, consentendo di raggiungere payback anche inferiori all'anno.**

Avendo identificato i ponti termici tra struttura e tamponamento come maggiori responsabili delle inefficienze dell'involucro edilizio, si è ipotizzata la posa di uno strato di isolamento termico esterno da collocare sulle chiusure verticali opache. La tabella sottostante riporta una sintesi dello studio di fattibilità eseguito.

STUDIO DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO					
Intervento	Superficie interessata dall'intervento [m <sup>2</sup> ]	Costo dell'intervento [€]	Risparmio sul totale dei consumi [%]	Risparmio [€]	Tempo di rientro con incentivi 55% [anni]
Coibentazione delle chiusure verticali opache	900	54000 - 72000	18	8500	3 - 4

### 1.3 Riferimenti

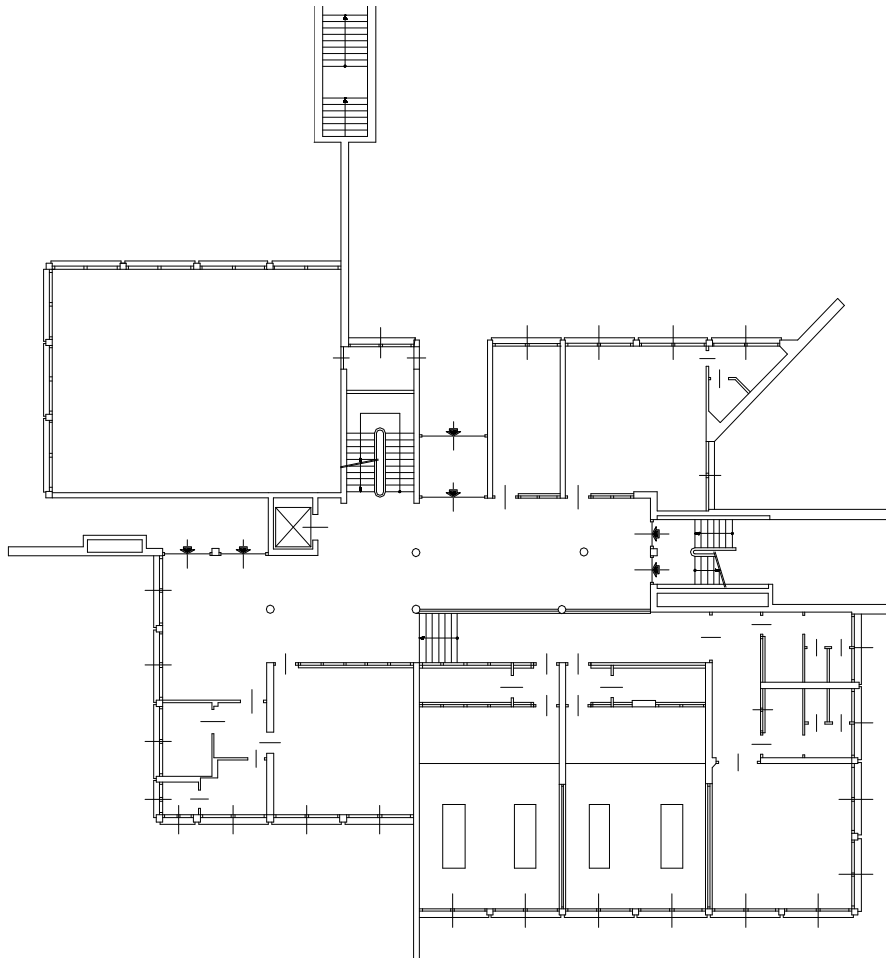
- [1] Offerta per diagnosi e certificazione degli edifici sul territorio comunale – Offerta Energetech Solution a Comune di Morgex del 27 dicembre 2011.
- [2] Disciplinare di incarico ad Energetech Solution per servizi attinenti al rilevamento ed elaborazione di audit energetici. Progetto PIT H3 “Mont Blanc Villages durables”. CUP J64E10000020007 – CIG3283085771. Morgex, 20 Dicembre 2011.
- [3] Regione Autonoma Valle d'Aosta – Certificazione energetica BEAUCLIMAT. Metodologie di calcolo della prestazione energetica e definizione delle classi energetiche (d.G.r.1606/2011 che abroga e sostituisce la d.G.r.n°3629/2010)
- [4] Regione Autonoma Valle d'Aosta – Certificazione energetica BEAUCLIMAT. Aspetti amministrativi e procedurali (d.G.r. n°1062/2011).

### 1.4 Allegati

- [1] Abaco delle strutture opache e trasparenti;
- [2] Planimetria dell'edificio.

## 2 Analisi dello stato di fatto

La scuola elementare è situata a Morgex in Viale del Convento 12. L'edificio, realizzato nel corso degli anni '90 del secolo scorso, si articola su tre piani fuori terra ed ospita circa 120 alunni. All'interno della volumetria riscaldata vi sono solo le aule per lo svolgimento dell'attività didattica; il servizio mensa e la palestra sono ubicati in strutture apposite collocate nella zona limitrofa.



**Figura 1 - Planimetria del piano terra dell'edificio**

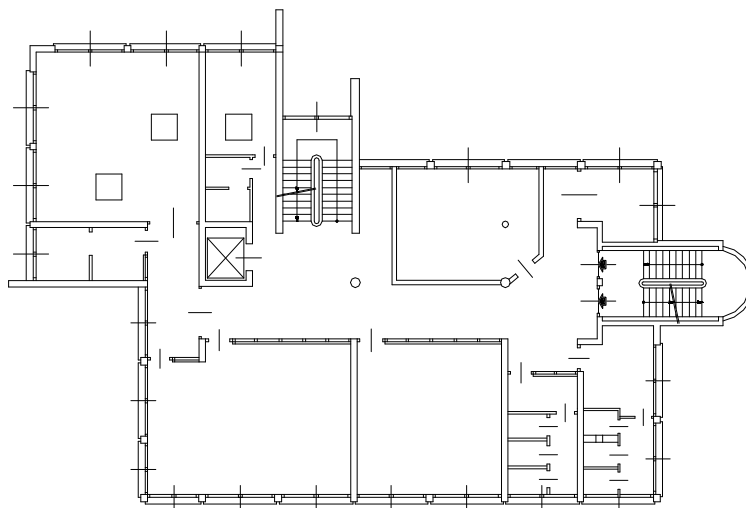


Figura 2 - Planimetria del piano primo dell'edificio

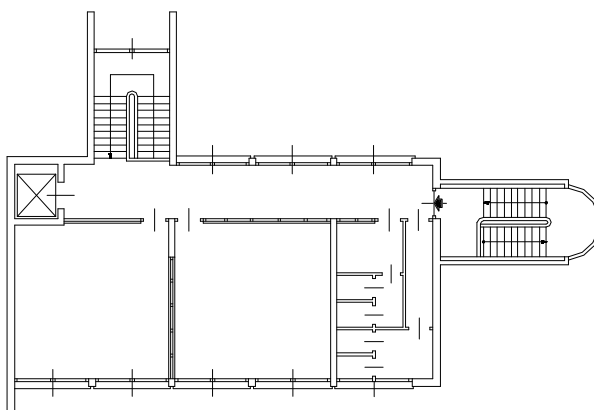


Figura 3 - Planimetria del piano secondo dell'edificio

## 2.1 Inquadramento generale

DATI GENERALI	
Edificio	Scuola elementare
Comune	Morgex
Indirizzo	Viale Del Convento 12
Epoca di costruzione	1990-1995
Classificazione PRGC	F2
Classificazione D.Lgs 412/93	E7
Dati catastali	Foglio: 10; Mappale: 356; Subalterno: 5 e 6



Figura 4 - Prospetto Nord-Est



Figura 5 - Prospetti Nord-Est e Sud-Ovest



Figura 6 - Prospetti Nord-Est e Nord-Ovest

UBICAZIONE	
Latitudine	45° 45' 30" N
Longitudine	7° 2' 20" E
Altitudine	930 s.l.m.
Esposizione versante	SO
Gradi giorno	3617
Orientamento edificio	NO-SE

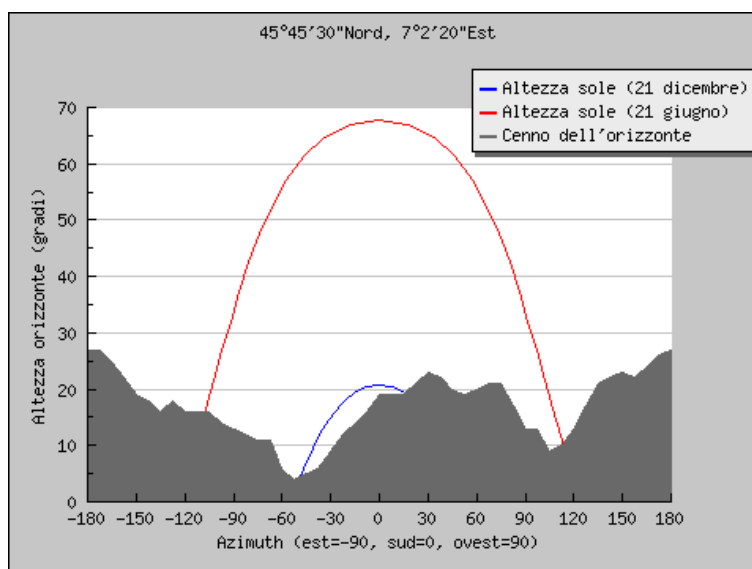


Figura 7 - Orizzonte solare

DESCRIZIONE	
Destinazione d'uso	Scuola primaria
Tipologia edilizia	Edificio singolo
Tipologia costruttiva	Struttura in cemento armato con tamponamento in laterizio
Superficie utile	1175 m <sup>2</sup>
Superficie disperdente	2962 m <sup>2</sup>
Volume netto riscaldato	3500 m <sup>3</sup>
Volume lordo riscaldato	5500 m <sup>3</sup>
Rapporto S/V	0,48 1/m

## 2.2 Caratteristiche dell'involucro edilizio

La scuola elementare presenta due differenti tecnologie costruttive per le chiusure opache verticali ed orizzontali. Le chiusure opache verticali sono realizzate mediante un'intelaiatura portante in cemento armato con tamponamenti in laterizio forato. La copertura è interamente in legno con finitura esterna in ardesia. Il solaio contro terra è in cemento con vespaio in ghiaia. I serramenti, aventi morfologia differente, sono tutti in legno con doppio vetro privi di elementi oscuranti interni ed esterni.

La Tabella 1 riporta una sintesi dei valori di trasmittanza termica considerati per i diversi elementi.

ELEMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]
Copertura	0,666
Solaio contro terra	1,586
Tamponamento esterno	1,147
Porta REI	0,976
Porta ingresso principale	2,605
Porta ingresso secondaria	2,575
Porta finestra direzione	2,715
Finestra direzione	2,941



ELEMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]
Finestre scuola	2,972
Finestre vano scala	2,795
Finestre angolo	2,968
Lucernario	5,375
Finestre sopra porta secondaria	3,251
Finestre bagni	2,985

**Tabella 1 - Trasmittanza termica dei componenti costituenti l'involucro edilizio**

Si rimanda all'Allegato 1 per l'abaco delle chiusure verticali, orizzontali, e dei serramenti.

### 2.3 Analisi termografica

L'analisi termografica ha evidenziato la presenza di discontinuità termiche di notevole entità nei punti di contatto tra elementi realizzati con materiali aventi caratteristiche differenti. Le dispersioni associate al ponte termico sono così identificabili:

- Giunto trave/pilastro - tamponamento in laterizio;
- Giunto parete perimetrale - copertura;
- Giunto parete perimetrale - serramento in legno.

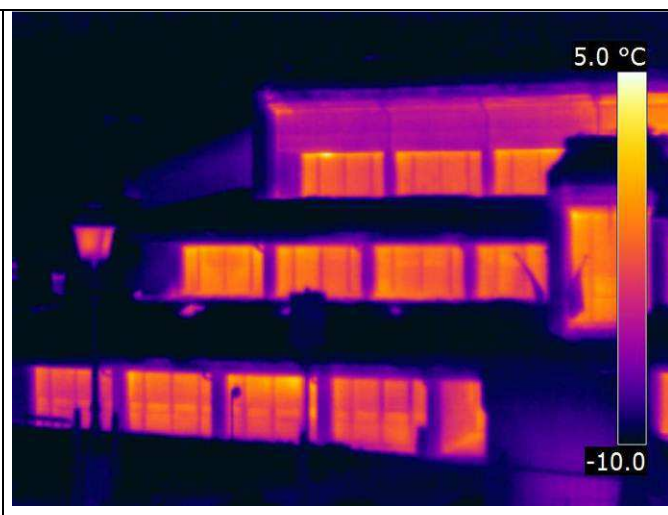
Le schede riportate nelle pagine seguenti consentono di visualizzare le aree interessate dal fenomeno appena descritto.

## Prospetto Nord-Est

### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

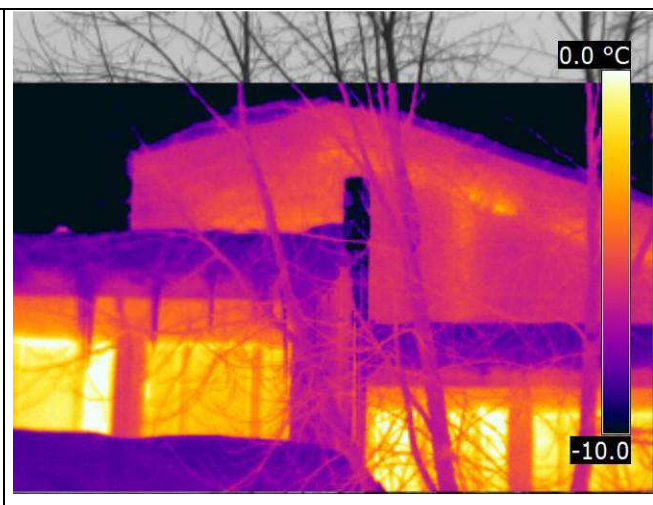
Si rileva una discontinuità termica lungo la linea di giunto tra il pilastro in cemento armato ed i serramenti in legno. Non sono presenti discontinuità tra il solaio ligneo ed i serramenti in legno, tra la porzione di parete rivestita in legno ed i serramenti stessi e tra la copertura ed il tamponamento con rivestimento in legno. Un manto di neve omogeneo impedisce il rilievo di eventuali anomalie collocate sulla copertura dell'edificio.

## Prospetto Nord-Ovest

### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

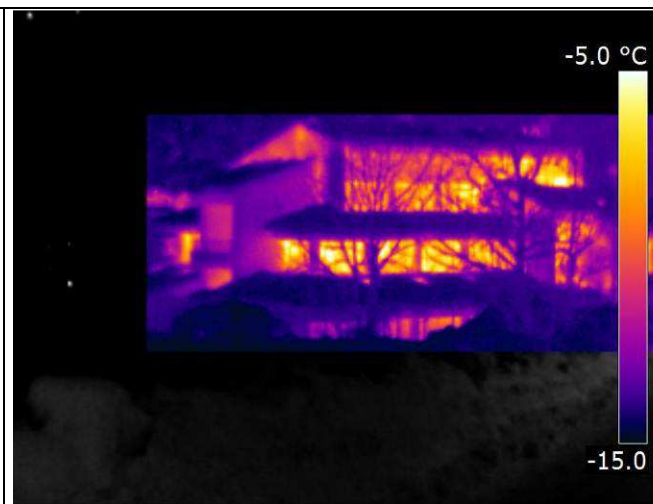
Si rileva una discontinuità termica lungo la linea di giunto tra la struttura portante in cemento armato ed il tamponamento in laterizio. Il rivestimento esterno in pietra è omogeneo e non si identifica alcuna discontinuità interna. Non si rileva la presenza di condensa all'interno della parete.

## Prospetto Sud-Ovest

### RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



### RESPONSO TERMOCAMERA



### CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una forte discontinuità termica di forma circolare nel tamponamento a contatto con la copertura. L'assenza di segnali della presenza di tali anomalie sui lati interno ed esterno della parete suggeriscono o la presenza di condensa interstiziale o l'individuazione del giunto tra trave di colmo e parete perimetrale.

Tutti i prospetti esaminati sono fortemente interessati dal fenomeno di dispersione associata al ponte termico. La soluzione che consentirebbe non solo l'annullamento del ponte termico stesso, ma anche un notevole contenimento delle dispersioni è la posa di uno strato di isolamento termico all'esterno della facciata.

## 2.4 Caratteristiche impiantistiche

### 2.4.1 Impianto termico

La scuola primaria è dotata di impianto centralizzato per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria. A monte dell'impianto vi è una sottostazione di teleriscaldamento avente potenza termica di 1000 kW ubicata nella centrale termica posta al piano interrato dell'edificio stesso. Alla medesima sottostazione sono allacciati anche scuola media, mensa, auditorium e magazzini comunali. Eseguendo una ripartizione in funzione del volume netto riscaldato servito dal generatore la quota parte di potenza termica a servizio della struttura è di 215 kW.

Dalla centrale termica si diramano due reti distinte; la prima va a servire la scuola elementare, la seconda si allaccia ad un collettore sito al piano interrato della scuola media. Dal collettore si staccano le diramazioni che raggiungono mensa, auditorium, magazzini comunali e scuola media.

L'acqua calda sanitaria, prima di essere inviata alle utenze, viene convogliata all'interno di due serbatoi di accumulo di cui uno ad uso esclusivo della scuola elementare.

L'impianto termico è a conduzione continua con attenuazione nelle ore notturne; la regolazione è del tipo climatico più ambiente. Sul generatore di calore agisce infatti una sonda esterna che regola la temperatura di mandata dell'acqua calda in funzione della temperatura esterna. All'interno di ogni ambiente vi è poi un termostato a regolazione manuale che consente agli utenti di modificare la temperatura del locale.

I terminali di emissione sono costituiti da fancoil e radiatori; i radiatori sono situati unicamente nei bagni.

La scuola non presenta alcun impianto per la climatizzazione estiva.

Ad essere alimentata con fonti energetiche rinnovabili è la sola rete di teleriscaldamento che utilizza come combustibile il cippato di legno.

La ventilazione è di tipo naturale.

Di seguito vengono presentate alcune tabelle che sintetizzano i principali componenti degli impianti fino ad ora descritti.

GENERATORE DI CALORE	
Marca	Alfa Laval
Modello	M10 BFM 147
Potenza termica utile	1000kW totali; 215 kW scuola elementare
Fluido termovettore	Acqua
Uso	Riscaldamento e ACS
Rendimento medio di generazione	90%

ACCUMULO ACS	
Marca	-
Modello	-
Capacità	400 l;

CONDUZIONE	
Tipologia	Continua con attenuazione notturna
Orari	Attenuazione 18:00 – 6:00
Temperature	Durante attenuazione 15°C

REGOLAZIONE	
Tipologia	Climatica più ambiente
REGOLAZIONE CLIMATICA	
Tipologia	Con sonda esterna
Funzioni svolte	Regolazione della temperatura di mandata del generatore in funzione della temperatura esterna
Impostazioni	Temperatura esterna minima di progetto: - 11,725°C; Temperatura massima di mandata dell'impianto: 70°C
REGOLAZIONE AMBIENTE	
Tipologia regolatori	Termostati
Numero regolatori	12
Funzioni svolte	Regolazione della temperatura nel locale
Impostazioni	ON/OFF

CONTABILIZZAZIONE CLIMATIZZAZIONE	
Marca	-
Modello	-
Numero di apparecchi	6
Dislocazione	Centrale termica
Funzioni svolte	Contacalorie
Unità di Misura	kWh

CONTABILIZZAZIONE ACS	
Marca	-
Modello	-
Numero di apparecchi	1
Dislocazione	Centrale termica
Funzioni svolte	Contacalorie
Unità di Misura	kWh

TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA		
Tipologia	Numero	Potenza termica nominale
Fancoil	36	2880 W/cad
Radiatori	10	1204 W/cad
	12	



Figura 8 - Centrale termica sita al piano interrato della Scuola Elementare



Figura 9 - Pompe a servizio della Scuola Elementare ubicate in centrale termica

#### 2.4.2 Impianto elettrico

L'impianto elettrico a servizio dell'edificio è allacciato alla rete pubblica con una potenza impegnata pari a 43 kW.

All'interno della scuola sono presenti computer, stampanti ed altri apparecchi a servizio sia dei fruitori che dell'attività didattica. L'illuminazione avviene attraverso lampade al neon e ad incandescenza; i corpi illuminanti ad incandescenza sono solo nei bagni.

Nella tabella seguente sono elencate le utenze interne allacciate alla rete ed i corpi illuminanti presenti, per ciascuna voce è riportata la potenza elettrica totale assorbita.

UTENZA INTERNA		
Tipologia	Numero	Potenza totale assorbita
Ascensore	1	2000 W
Computer	21	4830 W
	13	

UTENZA INTERNA		
Tipologia	Numero	Potenza totale assorbita
Stampanti	5	4615 W
Elevatore disabili	1	800 W
Televisori	2	160 W

ILLUMINAZIONE INTERNA		
Tipologia Lampada	Numero	Potenza totale assorbita
Neon 1x54 W	175	9450 W
Neon 1x36 W	4	144 W
Incandescenza 100 W	12	1200 W

## 2.5 Analisi energetiche e dei consumi

### 2.5.1 Impianto termico

Il sistema impiantistico a servizio della scuola primaria è alimentato da uno scambiatore di teleriscaldamento avente, per la sola volumetria occupata dall'edificio, potenza di 215 kW. A monte dello scambiatore di calore vi è una centrale di teleriscaldamento alimentata con cippato di legno o biomassa.

Il potere calorifico del cippato di legno è funzione del tipo di legno utilizzato e dell'umidità residua. Assumiamo che il cippato impiegato sia prodotto a partire dal legno di abete avente umidità residua del 30%.

FONTI RINNOVABILI - CIPPATO	
Unità di misura	kg
Potere calorifico	1 kg cippato (M 30%) = 3,4 kWh
Utilizzo	Riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria

FONTI RINNOVABILI - CIPPATO					
Anno	Consumo cippato [kg]	kWh equivalenti	CO <sub>2</sub> prodotta [kg]	Costi sostenuti [€]	Costo per kWh [€/kWh]
2009	63339	215354	3014,96	25648,66	0,1191
2010	82152	279318	3910,45	33629,89	0,1204

In Tabella 2 si riportano gli indici di consumo dell'edificio per gli anni 2009, 2010 e gli indicatori derivanti dal calcolo analitico.

Descrizione	Periodo di accensione dell'impianto	Volume edificio [m <sup>3</sup> ]	Consumi [kWh]	Indice di consumo [kWh/m <sup>3</sup> ]
Anno 2009	Non rilevabile		215354	39,16
Anno 2010	1 gennaio - 25 maggio; 28 settembre - 31 dicembre	5500,00	279318	50,79
Calcolato	5 ottobre - 22 aprile		538835	97,97

**Tabella 2 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base stagionale**

## Scuola primaria

Si evidenzia una netta discrepanza tra tutti gli indici di consumo; la ragione di tale divario è da ricercarsi nella durata della stagione di riscaldamento. Il Decreto del Presidente della Repubblica n°412 del 26 agosto 1993 stabilisce i limiti annuali e giornalieri di attivazione degli impianti termici, ma non pone alcun vincolo temporale per tutti quegli impianti a servizio di edifici ubicati nella zona climatica F. Il software di calcolo messo a disposizione dalla Regione Valle d'Aosta basa invece la durata del periodo di riscaldamento su quanto sancito nella normativa nazionale UNI/TS 11300-1:2008.

Vi è quindi la mancanza di un periodo fisso cui riferirsi necessario ad effettuare un confronto su base stagionale; per validare il modello termico edificio-impianto si è perciò effettuata un'analisi degli indici di consumo su base oraria.

In Tabella 3 è riportato l'indice di consumo su base oraria con i giorni e le ore in cui l'impianto di riscaldamento si è supposto acceso. In particolare si è ipotizzato che l'impianto funzioni per dieci ore, dalle 8:00 alle 18:00 a pieno regime, per poi procedere impiegando solo il 30% della potenza. Quattordici ore al 30% della potenza complessiva equivalgono a 4,2 ore di potenza attenuata. A consentirci di effettuare tale supposizione in merito alle ore di funzionamento è la presenza, dichiarata, di un impianto di attenuazione notturna; l'attenuazione notturna implica che nelle ore in cui l'edificio è privo di fruitori la temperatura di mandata dell'acqua nelle tubazioni sia mantenuta ad un livello tale da impedire unicamente il gelo all'interno della tubazione stessa.

Poiché non si ha a disposizione alcun dato riguardo l'anno 2009, il confronto è stato eseguito sulla base dei soli dati rilevati per l'anno 2010.

Descrizione	Consumi [kWh]	Giorni di riscaldamento	Consumo giornaliero [kWh/giorno]	Ore di riscaldamento/giorno	Indice di consumo orario [kWh/ora]
Anno 2010	279318	240	1163,83	14	83,13
Calcolato	538835	200	2707,71	24	112,82

**Tabella 3 - Confronto tra indici di consumo reali e calcolati su base oraria**

Eseguendo un confronto su base oraria si assottiglia il divario rilevato in Tabella 2 tra gli indici di consumo reale e calcolato. La discrepanza presente in Tabella 3 è imputabile alla presenza di diverse ramificazioni all'interno dell'impianto termico generale. Ogni ramificazione è a servizio di un piano o parte di piano dell'edificio e possiede una propria regolazione oraria. All'interno del modello matematico non è però possibile inserire ogni circuito separatamente; il dato che si ottiene è da considerarsi come medio per l'intero edificio. Tuttavia, ipotizzando ragionevolmente le ore di funzionamento dell'impianto, è possibile individuare un punto di incontro tra il modello matematico e l'esistente. La congruenza tra dato teorico e reale valida il modello matematico, conferendo veridicità alle stime inerenti la riduzione di consumi derivanti dagli interventi migliorativi proposti.

### 2.5.2 Impianto elettrico

L'energia elettrica consumata dalla scuola primaria nell'anno 2010 è pari a 43415 kWh; nelle tabelle sottostanti viene dettagliato il consumo.

Si è utilizzato un fattore di conversione pari 616 g di CO<sub>2</sub> per ogni kWh di energia elettrica erogato dalla rete nazionale.

ENERGIA ELETTRICA	
Unità di misura	kWh
Utilizzo	Illuminazione e alimentazione apparecchiature

ENERGIA ELETTRICA				
Anno	Consumo energia [kWh]	CO <sub>2</sub> prodotta [kg]	Costi sostenuti [€]	Costo per kWh [€/kWh]
2010	43415	27744	6416,56	0,149

Le utenze allacciate alla rete (cfr. paragrafo 2.4.2) hanno orari di funzionamento variabili a seconda dell'utilizzo che ne viene fatto. Ipotizzando l'orario di funzionamento di ciascun apparecchio o lampada, è possibile verificare come si ripartiscono i kWh nel corso di un anno. In Tabella 4 e nella successiva Figura 10 è possibile visualizzare la ripartizione annua dei consumi in funzione dell'utenza.

Data la particolare destinazione d'uso, scuola elementare, si suppone che nel periodo estivo di chiusura della scuola stessa l'impianto non sia in funzione.

Alla voce Altro è riportata la differenza tra il dato di consumo reale ed il consumo annuo totale ipotizzato, dato dalla somma delle stime dei consumi annui delle singole utenze.

Utenza	Potenza totale assorbita [W]	Ore funzionamento giornaliere [h/g]	Giorni funzionamento [g]	Consumo annuo [kWh]	Totale [kWh]
Ascensore	2000	10	273	5460	41348
Computer	4830	6	175	5072	
Stampanti	4615	8	175	6461	
Elevatore disabili	800	24	273	5242	
Televisori	160	8	175	224	
Illuminazione	10794	10	175	18890	

Tabella 4 - Consumo annuo in kWh delle singole utenze elettriche

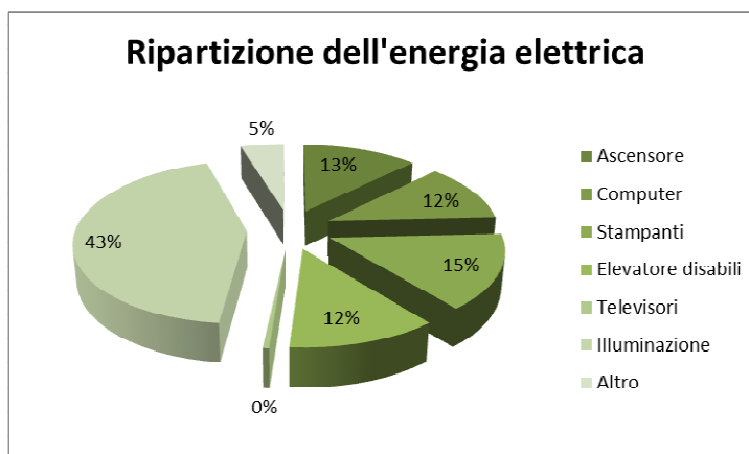


Figura 10 - RIPARTIZIONE ANNUALE DEI CONSUMI

L'analisi dei consumi evidenzia come, eccezion fatta per i televisori, le altre apparecchiature presenti siano in egual modo responsabili dei consumi elettrici stessi imputati all'edificio. Da sottolineare però (cfr. paragrafo 2.4.2) è il numero di apparecchi per utenza; cinque stampanti consumano infatti più di 21 computer. L'illuminazione è la componente meno performante allacciata all'impianto nonostante si componga principalmente di corpi a fluorescenza che sono i più efficienti in commercio. Per diminuire tale consumo è quindi necessario sensibilizzare gli utenti verso un uso più consapevole dell'energia.



Non è indicativo proporre in questa sede la sostituzione anche solo di uno degli apparecchi installati. Prima di effettuare qualsiasi modifica è infatti consigliata una fase di monitoraggio dei consumi reali associati a ciascuna utenza. Solo a seguito della fase di monitoraggio si potrà procedere con al cambio dell'utenza responsabile del consumo maggiore.

## 3 Diagnosi energetica

### 3.1 Diagnosi energetica dell'edificio

La struttura si compone di una sola zona termica avente volumetria lorda complessiva di 5500 m<sup>3</sup>. Le dispersioni riscontrate sono dirette verso l'esterno od il terreno, non vi sono quindi zone termiche non climatizzate. Il riscaldamento è di tipo centralizzato, alimentato da un uno scambiatore allacciato alla rete comunale del teleriscaldamento.

#### 3.1.1 Parametri caratterizzanti la zona termica

DATI CLIMATICI DELLA LOCALITA'	
Comune	Morgex (AO)
Zona climatica	F
Temperatura invernale minima di progetto dell'aria esterna	- 20,0 °C
Temperatura massima estiva	26,8 °C
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	241,81 W/m <sup>2</sup>
Umidità relativa dell'aria di progetto per la climatizzazione estiva	77,6 %

DATI TECNICI DELL'EDIFICIO	
Temperatura interna per la climatizzazione invernale o il riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa interna per la climatizzazione invernale	50%
Temperatura interna per la climatizzazione estiva o il raffrescamento	26,0 °C
Umidità relativa interna per la climatizzazione estiva	50%

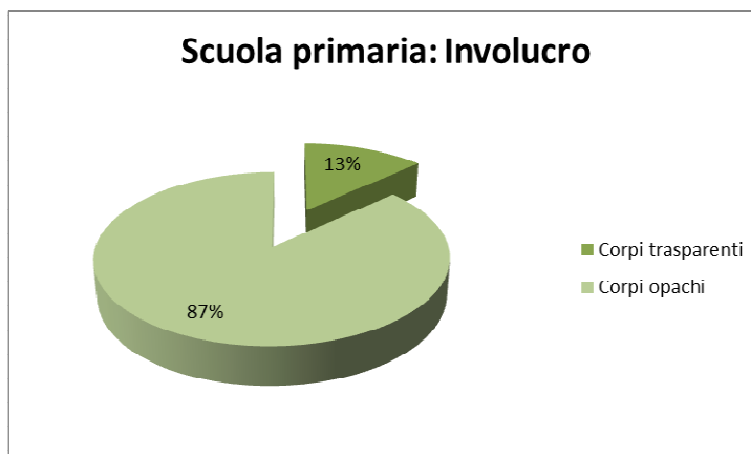
#### 3.1.2 Involucro edilizio

Le potenza dissipata per trasmissione attraverso le strutture disperdenti che delimitano l'involucro edilizio è pari a 137,85 kW.

I dati riportati in Tabella 5 e Tabella 6 mostrano quali siano i componenti che influiscono maggiormente sulle dispersioni per trasmissione; i grafici in Figura 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14 mostrano le percentuali di involucro trasparente e opaco e le dispersioni ad essi associate.

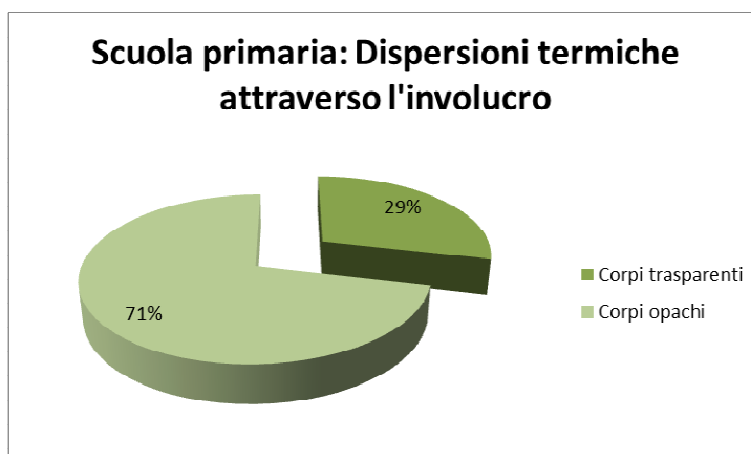
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica [W/K]
Corpi trasparenti	392	2,99	52.611	1173,37
Trasparenti/Totale	13,22%		38,17%	28,65%
Corpi opachi	2572,9	1,14	85.238	2922,50
Opachi/Totale	86,78%		61,83%	71,35%

**Tabella 5 - Geometria e caratteristiche tecniche delle strutture disperdenti componenti l'involucro edilizio**



**Figura 11 - STRUTTURE DISPREDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle strutture opache e trasparenti componenti l'involucro edilizio

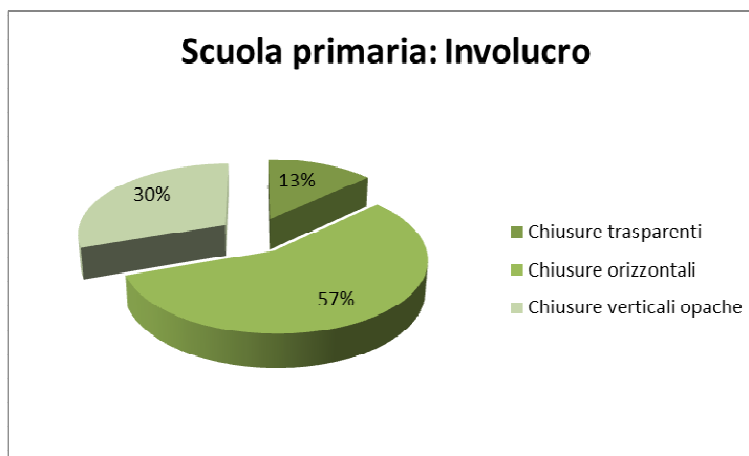


**Figura 12 - DISPERSIONE TERMICA**

Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le strutture opache e trasparenti disperdenti componenti l'involucro edilizio

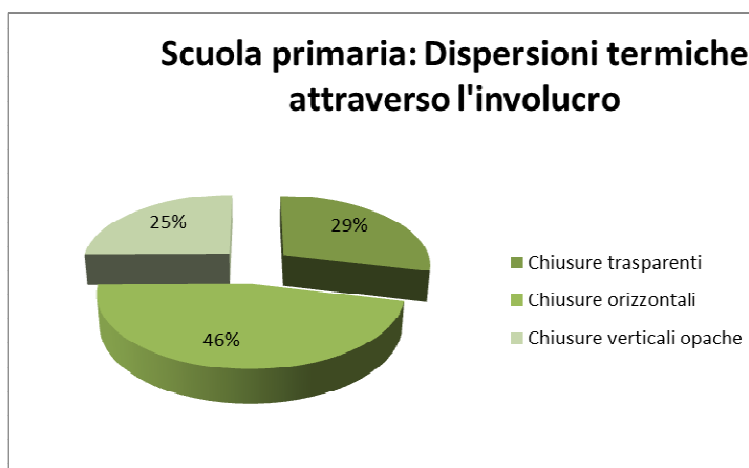
Descrizione	Superficie totale [m <sup>2</sup> ]	Trasmittanza media W/[m <sup>2</sup> K]	Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W]	Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K]
Chiusure trasparenti	392	2,99	52.611	1173,37
Trasparenti/Totale	13,22%		38,17%	28,65%
Chiusure orizzontali	1675,7	1,13	32.842	1893,42
Orizzontali/Totale	56,52%		23,82%	46,23%
Chiusure verticali opache	897,2	1,15	52.396	1029,09
Verticali/Totale	30,26%		38,01%	25,12%

**Tabella 6 - Geometria e caratteristiche tecniche delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti delimitanti l'involucro edilizio**



**Figura 13 - CHIUSURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO**

Ripartizione percentuale delle chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali componenti l'involucro



**Figura 14 - DISPERSIONE TERMICA**

Ripartizione percentuale delle dispersioni termiche tra le chiusure verticali opache, trasparenti e orizzontali disperdenti componenti l'involucro

Dall'analisi effettuata si osserva come vari il comportamento delle chiusure a seconda che queste siano opache o trasparenti. I grafici infatti restituiscono un involucro opaco con prestazioni non negative, tanto che sia per le chiusure verticali che orizzontali la percentuale di dispersione termica è inferiore alla superficie occupata. Sfortunatamente al capitolo 2.3 si è riscontrata, per le sole chiusure verticali, una elevata incidenza dei ponti termici che mina la "bontà" della chiusura stessa. Le chiusure trasparenti, che costituiscono il 13% della superficie totale causano una dispersione di poco superiore al doppio della superficie stessa, e pari a quasi un terzo del dato complessivo. La ragione di tale difformità è da implicare alla trasmittanza termica media, superiore di quasi tre volte quella media delle chiusure opache (cfr. Tabella 5).

### 3.1.3 Indici di prestazione energetica

Alla luce di quanto esposto nelle pagine precedenti vengono riportati gli indici di prestazione energetica per la zona termica e la relativa classificazione energetica (cfr. Figura 15).

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA		
$E_{p, \text{lim}}$	16,22 kWh/m <sup>3</sup> anno	Valore limite di indice di prestazione energetica per il riscaldamento o climatizzazione invernale secondo Allegato A D.M. 11/03/2008 e s.m.i.
$E_{p_i}$	71,2 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione invernale
$E_{p_{\text{acs}}}$	14,62 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per produzione di acqua calda sanitaria
$E_{p_e}$	1,93 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per climatizzazione estiva
$E_{p_{\text{ill}}}$	7,64 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale
$E_{p_{\text{gl}}}$	95,4 kWh/m <sup>3</sup> anno	Indice di prestazione energetica globale, dato dalla somma di $E_{p_i}$ , $E_{p_{\text{acs}}}$ , $E_{p_e}$ , $E_{p_{\text{ill}}}$
$\eta_{\text{gl},i}$	0,68	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione invernale
$\eta_{\text{gl},\text{acs}}$	n.r.	Rendimento globale medio stagionale per produzione di acqua calda sanitaria
$\eta_{\text{gl},e}$	0,99	Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione estiva
$\eta_{\text{gl},\text{ill}}$	0,45	Rendimento globale medio stagionale per l'illuminazione artificiale
CO <sub>2</sub>	1,34 kg/m <sup>3</sup> anno	Emissioni di CO <sub>2</sub>
En	158481 kg	Consumo annuo nominale di cippato di legno per i soli usi termici

È opportuno sottolineare il divario esistente tra l'indice di prestazione energetica limite,  $E_{p, \text{lim}}$ , e l'indice di prestazione reale  $E_{p_i}$ . La legislazione vigente impone che tutti i nuovi edifici realizzati all'interno della zona climatica F abbiano un consumo di ben 4,4 volte inferiore a quello calcolato per la scuola.

L'edificio in analisi eccede del 440% il valore limite.

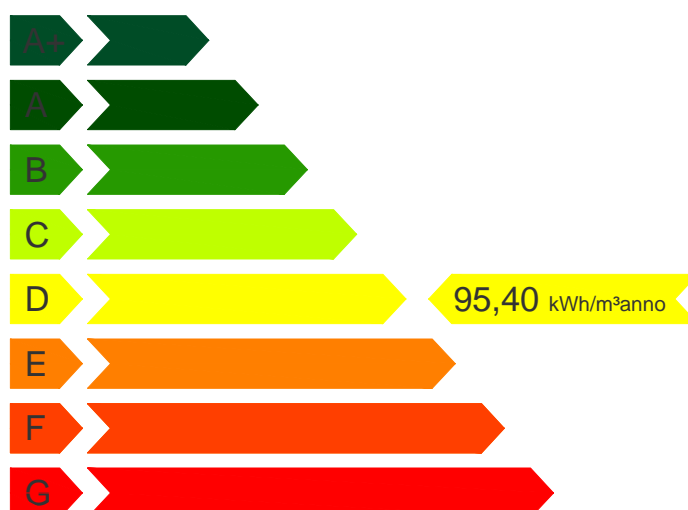


Figura 15 - CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

### 3.2 Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici

L'analisi dello stato di fatto della scuola primaria ha evidenziato alcune criticità:

- Elevata incidenza dei ponti termici tra struttura in cemento armato e tamponamento in laterizio;
- Elevata incidenza dei ponti termici tra struttura in cemento armato e serramenti;
- Assenza di un sistema di monitoraggio dell'impianto termico;
- Elevato assorbimento elettrico delle apparecchiature installate.

Gli interventi ritenuti più significativi per diminuire le dispersioni e/o ridurre i consumi elettrici sono i seguenti:

- Coibentazione delle chiusure verticali opache impiegando la tecnologia del "cappotto esterno";
- Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici;
- Avvio di un servizio di energy management;

Non verrà valutato il miglioramento delle prestazioni dell'involucro connesso alla sostituzione dei serramenti nonostante le dispersioni associate ai serramenti stessi rappresentino il 29% del dato totale (cfr. Tabella 6 e Figura 14); le ragioni di tale scelta sono molteplici:

- i serramenti presentano tutti telai in legno tenero con doppio vetro e camera ad aria di 12 mm; la trasmittanza termica calcolata è di 3,00 – 3,20 W/m<sup>2</sup>K. Tali valori di trasmittanza termica sono associati a serramenti aventi buone prestazioni energetiche, di tenuta all'aria e all'acqua, ma privi del rivestimento basso emissivo. Il rivestimento basso emissivo è uno strato sottile di ossidi di metallo che si applica sulla faccia rivolta verso la camera del vetro più interno. Gli ossidi presenti nel rivestimento riflettono il calore emesso dai corpi scaldanti direttamente nell'ambiente, impedendone la dispersione verso l'esterno. Non è possibile la sola applicazione dello strato basso emissivo senza la sostituzione di tutta la parte vetrata del serramento.
- la cifra indicativa per l'installazione di serramenti in legno con doppio vetro basso emissivo è di 400 €/m<sup>2</sup> per un totale, in questo caso, di 156800 €. Ipotizzando un risparmio in bolletta di 3000 €/anno e l'utilizzo degli incentivi fiscali che consentono la detrazione del 55%, il tempo di ammortamento è di circa 20 anni.

Nei paragrafi seguenti verranno descritti gli interventi da eseguirsi ed i benefici in termini di risparmio energetico ed economico che il miglioramento di tali inefficienze apporterebbe all'edificio. L'analisi dimostrerà che con un investimento inferiore rispetto a quello richiesto dalla sostituzione dei serramenti si potranno ottenere risultati altrettanto significativi.

#### 3.2.1 Coibentazione delle chiusure verticali opache

L'impiego della tecnologia che prende il nome di "cappotto esterno" consente:

- Il miglioramento delle prestazioni energetiche delle chiusure verticali opache, poiché riduce la trasmittanza termica;
- L'annullamento del ponte termico tra struttura in cemento armato e tamponamento in laterizio, uniformando il valore di temperatura rilevato sulla superficie esterna.

Impiegando uno strato di non oltre 10 cm di spessore di isolante termico, avente conducibilità termica non superiore a 0,031 W/mK e rivestito da uno strato di intonaco ad hoc, si ottiene una trasmittanza termica di 0,25 W/m<sup>2</sup>K.

Realizzando un cappotto esterno sui quattro lati dell'edificio la scuola primaria non compirebbe alcun salto di una classe ma vedrebbe di molto ridotti i suoi consumi.

La tabella seguente riporta le modifiche che gli indici di prestazione energetica riportati al paragrafo 3.1.3 subirebbero in seguito all'intervento.

INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA			
	Chiusura attuale	Chiusura con cappotto esterno	Variazione [%]
$E_{p, lim}$	16,22 kWh/m <sup>3</sup> anno	16,22 kWh/m <sup>3</sup> anno	-
$E_{p_i}$	71,2 kWh/m <sup>3</sup> anno	52,74 kWh/m <sup>3</sup> anno	26%
$E_{p_{gl}}$	95,4 kWh/m <sup>3</sup> anno	78,66 kWh/m <sup>3</sup> anno	18%
$\eta_{gl,i}$	0,68	0,67	1,4%
CO <sub>2</sub>	1,34 kg/m <sup>3</sup> anno	1,10 kg/m <sup>3</sup> anno	18%
En	158481 kg	128255 kg	19%

La fornitura e posa in opera di un sistema a cappotto esterno ha un prezzo variabile tra i 60 €/m<sup>2</sup> e gli 80 €/m<sup>2</sup>; la cifra complessiva per i 900 m<sup>2</sup> che costituiscono l'involucro si attesta tra i 54000 € ed i 72000 €.

La differenza di consumi, espressa in kWh, è il risultato di un calcolo analitico. Come illustrato al paragrafo 2.5.1 e sintetizzato in Tabella 3 tale dato deve essere aggiornato per avvicinarsi al consumo reale. La differenza di consumi di cui sopra dovrà quindi essere riferita ad un impianto in funzione 14 ore al giorno, 240 giorni l'anno. La mancata esecuzione di tale operazione porterebbe ad una sovrastima del risparmio economico connesso all'intervento.

Il risparmio annuo connesso all'intervento, utilizzando come riferimento il prezzo di 0,1222 €/kWh, è di circa 8500 €.

Ipotizzando di poter usufruire degli interventi di detrazione del 55% il tempo di ammortamento varia tra i due ed i tre anni.

Nella tabella sottostante è riportata la sintesi dello studio di fattibilità dell'intervento.

STUDIO DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO					
Intervento	Superficie interessata dall'intervento [m <sup>2</sup> ]	Costo dell'intervento [€]	Risparmio sul totale dei consumi [%]	Risparmio [€]	Tempo di rientro con incentivi 55% [anni]
Coibentazione delle chiusure verticali opache	900	54000 - 72000	18	8500	3 - 4

### 3.2.2 Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici

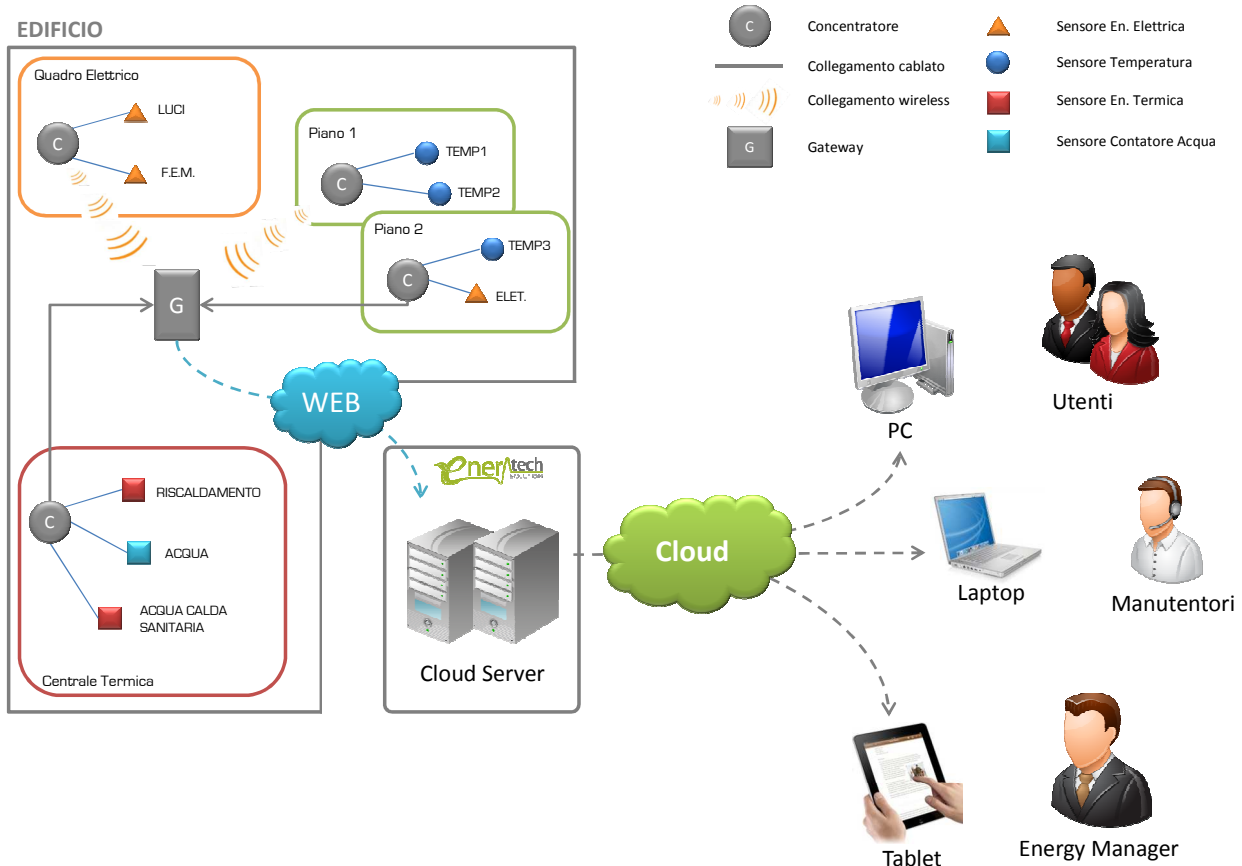
La diagnosi energetica ha messo in evidenza la mancanza di un supporto tecnologico per l'ottimizzazione della gestione dell'energia nel comune. Per ridurre l'assorbimento energetico degli edifici comunali, oltre ad intervenire sugli involucri e sugli impianti, è necessario disporre di informazioni puntuali e dettagliate circa i profili di consumo delle singole utenze. Tali informazioni consentirebbero di individuare le inefficienze e gli sprechi energetici dovuti alla gestione non ottimizzata delle risorse. È infatti impossibile ottimizzare le prestazioni energetiche degli edifici senza strumenti tecnologici a supporto del gestore degli impianti.

Attualmente, si hanno a disposizione i dati di consumo ottenuti tramite le fatturazioni dei diversi fornitori di energia e le letture dei contatori installati in alcuni degli edifici. Tali dati sono rilevati mensilmente e consentono una sola analisi preliminare dei consumi poiché non contengono dettagli circa i profili di assorbimento giornalieri delle diverse utenze servite e la ripartizione dei consumi sui diversi carichi elettrici e termici. L'importanza di tali informazioni risiede nella possibilità di individuare inefficienze e sprechi impossibili da rilevare con una analisi dei soli dati aggregati. La conoscenza del reale profilo di consumo delle diverse utenze e della ripartizione degli assorbimenti sui diversi carichi consentirebbe di comprendere meglio il dato aggregato di consumo e di intervenire per ridurlo.

### Infrastruttura di monitoraggio

Per supportare adeguatamente la gestione delle risorse energetiche comunali, è possibile utilizzare un'infrastruttura di monitoraggio dei consumi e delle grandezze fisiche strettamente correlate con gli assorbimenti energetici.

Tale infrastruttura deve prevedere una rete di sensori che misurino l'energia termica ed elettrica assorbita dalle diverse utenze. In ogni edificio (Figura 16) dovranno essere installati sensori sulle diverse linee elettriche (illuminazione, F.E.M., climatizzazione, ecc.), nella centrale termica (energia termica assorbita per riscaldamento, consumi acqua calda sanitaria, ecc.) ed eventualmente nei diversi piani che compongono l'edificio (misurazioni temperatura, umidità, ecc.).



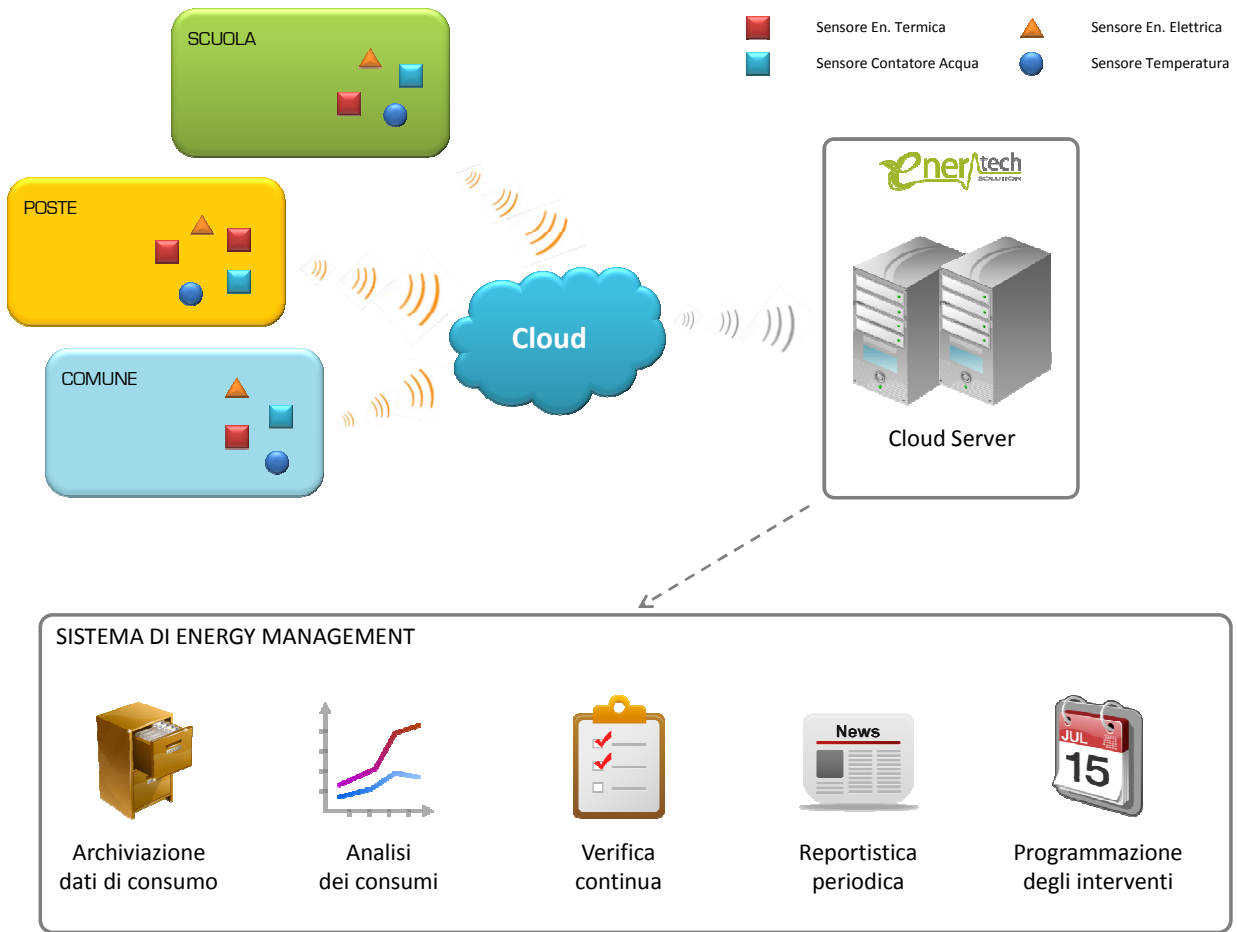
**Figura 16. Infrastruttura di monitoraggio dei consumi energetici**

I sensori saranno collegati ad un concentratore dati in grado di registrare le informazioni acquisite e di trasferirle ad un gateway che, attraverso una semplice connessione internet, convogli i dati ad un server remoto. Il server gestisce i dati misurati rendendoli disponibili via web, attraverso la tecnologia del Cloud Computing, su diverse piattaforme (PC, Laptop, Tablet, ecc.). Le informazioni potranno così essere utilizzate dagli utenti (gestori comunali, facility manager, ecc.), dai manutentori e da eventuali consulenti specializzati in gestione dell'energia (Energy Manager).

Il Cloud Server ospiterà al suo interno un Sistema di Gestione dell'Energia (EnMS – Energy Management System) in grado di gestire i dati provenienti da un numero molto ampio di edifici dotati dell'infrastruttura di monitoraggio dei consumi (Figura 17) e mettere a disposizione degli utenti un insieme di strumenti e risorse utili all'ottimizzazione dei consumi energetici comunali.

Tramite l'EnMS sarà possibile disporre di un archivio storico delle misure effettuate e di uno strumento di analisi e correlazione dei dati di consumo. Possono inoltre essere eseguite verifiche sui sistemi energetici monitorati, e realizzare dei sistemi di reportistica automatica per il controllo dei consumi e delle spese dei diversi edifici. Il sistema di Energy Management consentirà infine di pianificare degli interventi di efficientamento e di condurre campagne di ottimizzazione dei consumi.

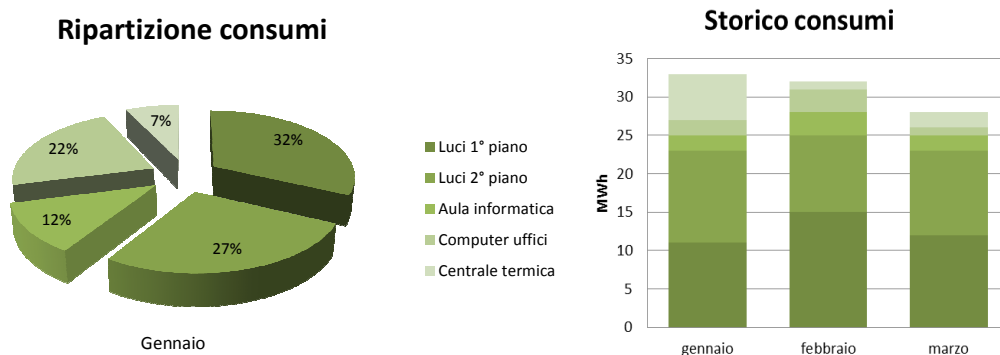




**Figura 17. Infrastruttura di raccolta ed elaborazione dei dati di consumo**

### Utilizzo dell'infrastruttura di monitoraggio

Un esempio di applicazione delle analisi energetiche con strumenti tecnologici appropriati, è riportata in Figura 18. Nel grafico è presentata l'informazione ottenibile tramite la misura puntuale dei consumi in un edificio. Grazie al monitoraggio delle diverse utenze è possibile individuare la causa di eventuali assorbimenti eccessivi. Nel caso di esempio si nota immediatamente come l'illuminazione sia responsabile di oltre il 50% dei consumi mensili di energia elettrica. Alla luce di queste informazioni potrebbe essere necessaria un'ulteriore analisi dei profili di assorbimento, per comprendere se è possibile ridurre il consumo per illuminazione.



**Figura 18. Esempio di ripartizione dei consumi elettrici**

Come supporto a tale analisi è possibile utilizzare uno strumento messo a disposizione dai sistemi di monitoraggio, ovvero il diagramma spettrale (Figura 19). Questo strumento consente di mappare i profili di consumo orari al fine di individuare inefficienze ed intervenire per la riduzione degli assorbimenti.

Come si nota dall'immagine di seguito, grazie agli strumenti messi a disposizione dai sistemi di monitoraggio dei consumi, è possibile pianificare mirati interventi di efficientamento, studiando a priori i metodi da applicare e gli effetti che essi sortiranno in termini di risparmio energetico ed economico, costi di investimento e tempi di rientro.

In riferimento all'esempio citato sopra, una volta individuata l'utenza responsabile di un'ingente quantità di consumi (l'illuminazione) è possibile affinare la ricerca delle inefficienze tramite un'analisi spettrale individuando, ad esempio, eventuali sprechi energetici. In riferimento alla Figura 19, gli orari evidenziati in rosso rappresentano periodi di tempo in cui l'edificio viene chiuso e non è utile l'utilizzo di illuminazione interna. Emerge quindi un'evidente spreco energetico non rilevato dalla sola analisi dei consumi mensili aggregati dell'edificio.

Tale spreco può essere evitato tramite sistemi programmabili di spegnimento dei carichi elettrici che consentono una sensibile riduzione degli assorbimenti energetici dell'intero edificio.

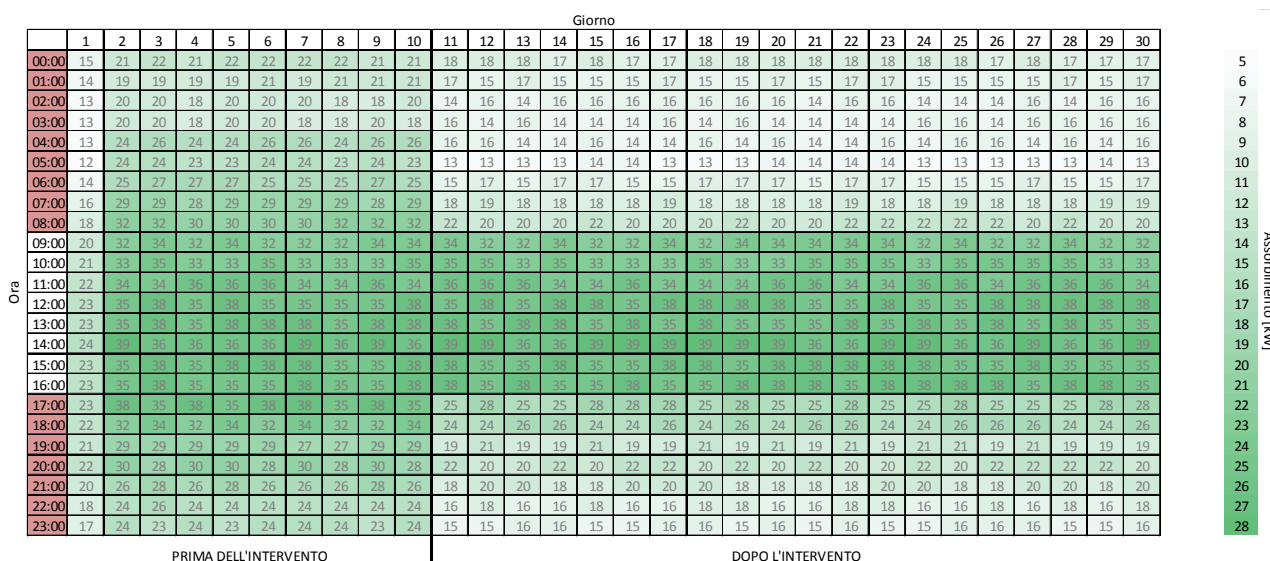


Figura 19. Diagramma spettrale

### 3.2.3 Avvio di un sistema energy management

Per ottimizzare la gestione dell'energia all'interno del comune, oltre ai supporti tecnologici descritti in precedenza, è necessario avviare un sistema di Energy Management (EnMS – Energy Management System).

L'obiettivo di un tale sistema consiste nel creare una organizzazione strutturata dei sistemi e dei processi necessari all'incremento delle prestazioni energetiche degli edifici del comune. Un EnMS si basa sul concetto di "miglioramento continuo" composto da quattro fasi principali (Plan-Do-Check-Act) note come Ciclo Deming (Figura 20):

- Plan: analizzare lo stato di fatto, identificare le priorità e gli obiettivi, pianificare un programma di risparmio energetico;
- Do: Eseguire il programma, dapprima in un contesto circoscritto;
- Check: Monitorare, misurare e verificare gli esiti delle azioni implementate, documentare i risultati ottenuti;
- Act: Valutare i risultati, applicare in maniera estesa le azioni di miglioramento energetico, correggere e modificare le azioni che non hanno sortito gli effetti desiderati o previsti.

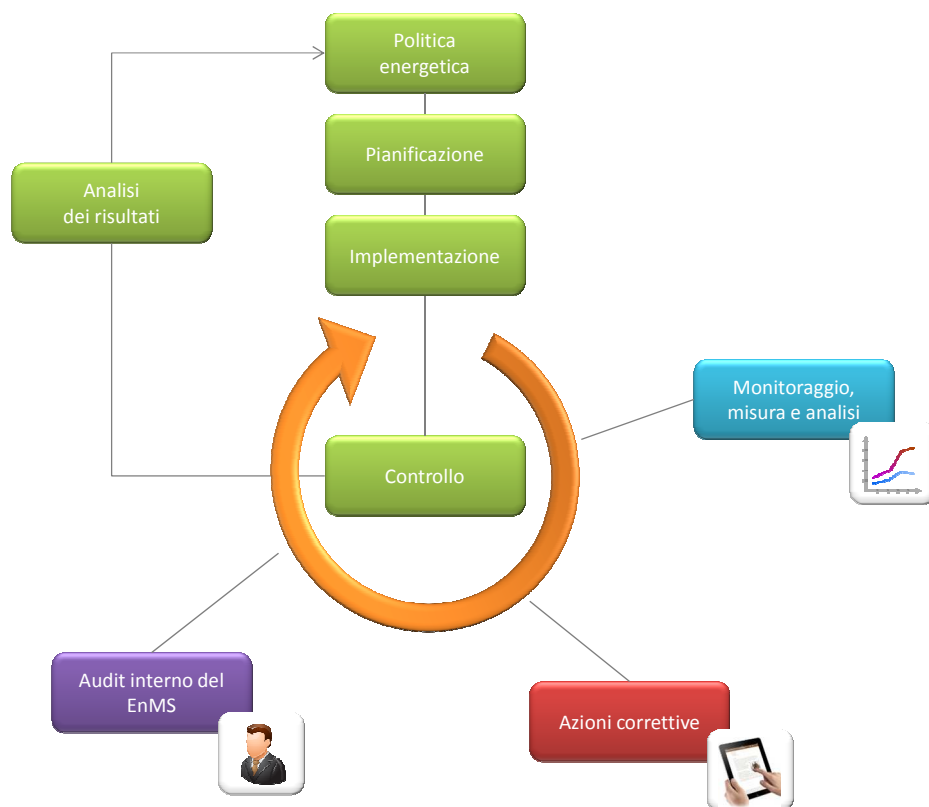


**Figura 20. Ciclo Deming**

Una volta stabilito qual è lo stato di fatto, è necessario individuare le criticità e le priorità, e pianificare delle azioni volte all'incremento dell'efficienza energetica dell'intero comune. Le azioni individuate dovranno essere testate su una parte degli edifici e sarà necessario condurre un'attenta campagna di monitoraggio e analisi dei risultati prodotti. In base alle risultanze della campagna di testing, verranno pianificate ulteriori azioni e saranno migliorate e corrette quelle testate, al fine di applicare su larga scala gli interventi di efficientamento energetico.

L'applicazione continua di questo sistema, condurrà ad un ciclo virtuoso di miglioramento continuo delle prestazioni energetiche, abbattendo i consumi ed ottimizzando l'utilizzo delle risorse energetiche stesse.

In Figura 21 è riportato il modello di un EnMS basato sul ciclo Deming. Alla base di esso vi è l'elaborazione di una politica energetica comunale, che consiste nell'identificazione dello stato di fatto e degli obiettivi di miglioramento. Segue una pianificazione delle attività e una loro applicazione, eventualmente su scala ridotta. Una volta verificati gli esiti delle azioni di miglioramento, sfruttando infrastrutture tecnologiche e consulenziali appropriate, si rivede la pianificazione in modo da migliorare continuamente le prestazioni energetiche del comune.



**Figura 21. Modello di un Sistema di Energy Management**

### Risparmi ottenibili

Tramite un'infrastruttura per il monitoraggio dei consumi energetici e l'avvio di un sistema di energy management è possibile ottenere sensibili riduzioni del consumo energetico con il conseguente abbattimento delle spese per l'approvvigionamento, la manutenzione e la gestione degli edifici comunali.

**In riferimento all'edificio oggetto della diagnosi, è ragionevole stimare una riduzione tra il 10% e il 35% delle spese energetiche globali con la sola ottimizzazione della gestione dell'energia. Tale risparmio consentirebbe di ammortizzare in breve tempo i costi sostenuti per l'avvio dei servizi di EnMS e di monitoraggio, consentendo di raggiungere payback anche inferiori all'anno.**

Si consiglia pertanto di avviare tali servizi entro l'inizio della prossima stagione invernale, in modo da poter pianificare, progettare ed installare i sistemi di gestione dell'energia all'interno degli edifici del comune di Morgex.

## Allegato 1: abaco delle strutture opache e trasparenti

### Copertura

#### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Copertura</b></p> <p>Descrizione: Copertura in legno</p> <p>Tipologia: Copertura</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 300,0 mm</p> <p><b>Trasmittanza U: 0,666 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p>Resistenza R: 1,502 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 188 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	
---	--

#### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,100	-	-	-	-
A	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3)	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
B	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3)	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
C	Aria 100 mm (flusso orizzontale, aperture 500 - 1500 mm <sup>2</sup> )	100,0	1,120	0,089	1	1,00	1,0	1,0
D	Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3)	50,0	0,120	0,417	450	2,70	63,9	63,9
E	Ardesia (2400 kg a m3)	50,0	2,200	0,023	2.400	1,00	1.000,0	800,0
	Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>300,0</b>		<b>1,502</b>				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

**CONDIZIONI AL CONTORNO**

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,289 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 612,491 Pa

## Solaio contro terra

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Solaio contro terra</b></p> <p>Descrizione: Solaio in cemento con vespaio in ghiaia</p> <p>Tipologia: Pavimento</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 465,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,586 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,631 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 835 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilevo in sito</b></p>	<p>A - Ceramica o porcellana B - Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m<sup>3</sup>) C - Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m<sup>3</sup>) D - Ghiaia grossa senza argilla (1700 kg a m<sup>3</sup>)</p>
---	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso verticale discendente)	-	-	0,170	-	-	-	-
A	Ceramica o porcellana	15,0	1,300	0,012	2.300	0,84	0,0	300.000,0
B	Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m <sup>3</sup> )	100,0	0,810	0,123	1.600	0,88	21,3	21,3
C	Calcestruzzo normale esterno (2000 kg a m <sup>3</sup> )	150,0	1,262	0,119	2.000	0,88	100,0	100,0
D	Ghiaia grossa senza argilla (1700 kg a m <sup>3</sup> )	200,0	1,200	0,167	1.700	0,84	5,3	5,3
	Adduttanza esterna (flusso verticale discendente)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>465,0</b>		<b>0,631</b>				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

**CONDIZIONI AL CONTORNO**

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	8,50	1.109,30
ESTIVA	20,00	721,00	8,50	1.109,30

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 405,207 Pa
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa



## Tamponamento esterno

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Tamponamento esterno</b></p> <p>Descrizione: Parete perimetrale in laterizio forato</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 350,0 mm</p> <p><b>Trasmittanza U: 1,147 W/(m<sup>2</sup>K)</b></p> <p>Resistenza R: 0,872 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 300 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	<p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p>B - Laterizi pareti esterne (1000 kg a m3)</p> <p>C - Intonaco a base di calce 1800</p>
--	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)	25,0	0,700	0,036	1.400	0,84	10,7	10,7
B	Laterizi pareti esterne (1000 kg a m3)	300,0	0,470	0,638	1.000	0,84	6,4	6,4
C	Intonaco a base di calce 1800	25,0	0,900	0,028	1.800	0,84	23,5	23,5
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>350,0</b>		<b>0,872</b>				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,451 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 379,758 \text{ Pa}$

## Porta REI

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Porta REI</b></p> <p>Descrizione: Porta REI</p> <p>Tipologia: Porta</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 53,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 0,796 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 1,257 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 9 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	<p>A - Alluminio (2700 kg a m3)</p> <p>B - Feltro resinato fibra vetro (16 kg a m3)</p> <p>C - Alluminio (2700 kg a m3)</p>
---	---

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza $R$ (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Alluminio (2700 kg a m3)	1,5	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
B	Feltro resinato fibra vetro (16 kg a m3)	50,0	0,046	1,087	16	0,84	1,3	1,3
C	Alluminio (2700 kg a m3)	1,5	220,000	0,000	2.700	0,96	2.000.000,0	2.000.000,0
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	<b>TOTALE</b>	<b>53,0</b>		<b>1,257</b>				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

## CONDIZIONI AL CONTORNO

<i>CONDIZIONE</i>	<i>Temperatura interna T<sub>i</sub></i> °C	<i>Pressione parziale interna P<sub>i</sub></i> Pa	<i>Temperatura esterna T<sub>e</sub></i> °C	<i>Pressione parziale esterna P<sub>e</sub></i> Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 0 Pa
X	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,001 kg/m <sup>2</sup> , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P$ : 505,655 Pa

## Porta ingresso principale

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta ingresso principale**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 320 cm

Altezza : 300 cm

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 70 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 25 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 25 cm

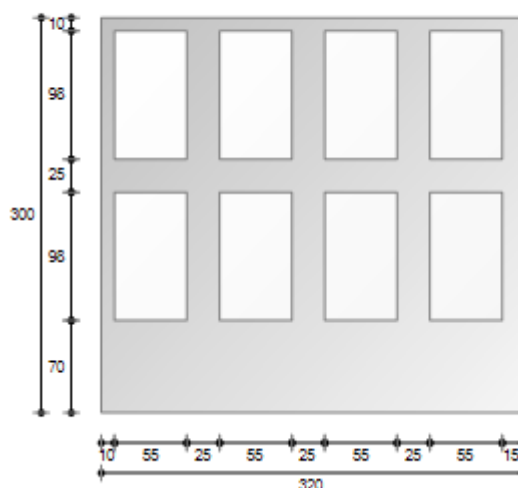
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 4,290 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 5,310 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 9,600 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 24,400 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,605 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Porta ingresso secondaria

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta ingresso secondaria**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 225 cm

Altezza : 300 cm

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 22 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 10 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 26 cm

N° divisioni orizzontali: 2

Spessore divisioni orizzontali: 31 cm

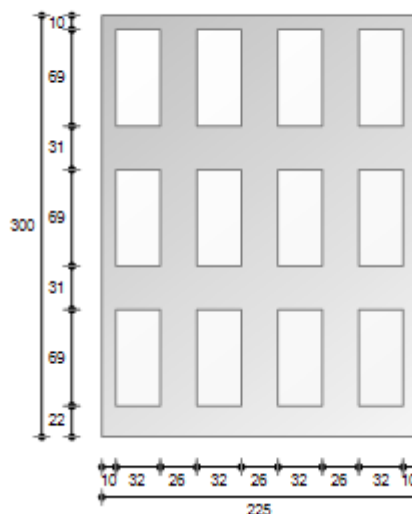
Fonte: **Rilevo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 2,616 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 4,134 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 6,750 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 24,100 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore  $s_f$ : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,575 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Porta finestra direzione

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta finestra direzione**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 312 cm

Altezza : 220 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 22 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 10 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 17 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 44 cm

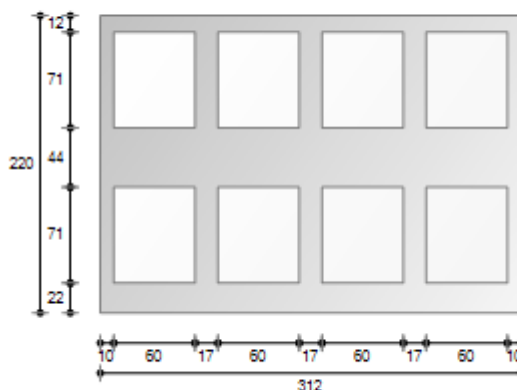
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 3,422 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 3,442 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 6,864 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 21,000 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,715 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestra direzione

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestra direzione**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 325 cm

Altezza : 200 cm

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 10 cm

Spessore sinistro del telaio: 15 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

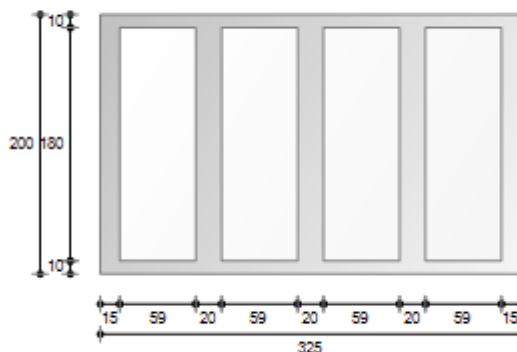
Fonte: **Rilevo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 4,230 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 2,270 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 6,500 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 19,100 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g: 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,941 W/(m<sup>2</sup> K)**



## Finestre scuola

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre scuola**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 308 cm

Altezza : 163 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

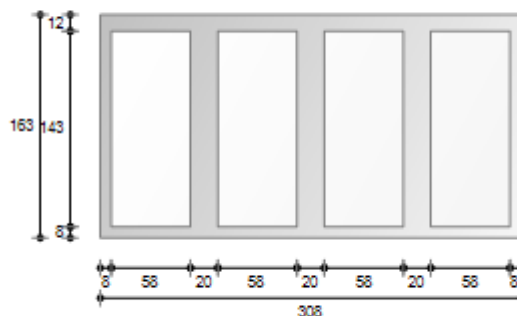
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 3,318 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,703 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 5,020 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 16,080 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Metallo-Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,972 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre vano scala

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre vano scala**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 300 cm

Altezza : 340 cm

Spessore superiore del telaio: 10 cm

Spessore inferiore del telaio: 10 cm

Spessore sinistro del telaio: 10 cm

Spessore destro del telaio: 10 cm

N° divisioni verticali: 3

Spessore divisioni verticali: 16 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 74 cm

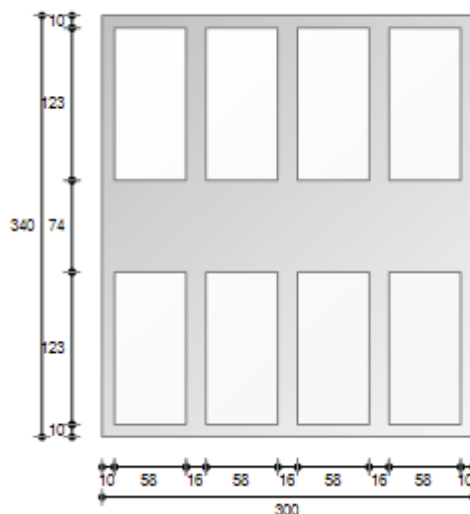
Fonte: **Rilevo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 5,707 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 4,493 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 10,200 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 28,960 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Metallo-Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,795 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre angolo

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre angolo**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 220 cm

Altezza : 163 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 2

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

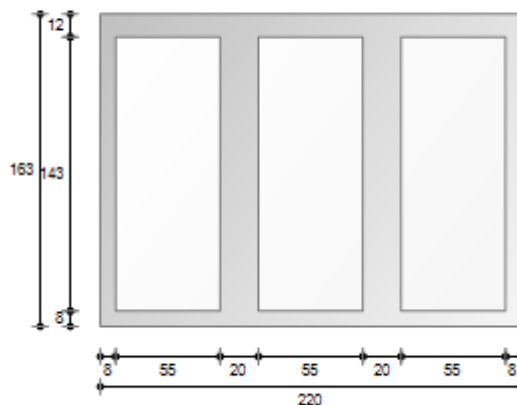
Fonte: **Rilevo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 2,345 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 1,241 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 3,586 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 11,860 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Metallo-Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,968 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Lucernario

### DATI DELLA STRUTTURA

<p>Nome dell'elemento: <b>Lucernario</b></p> <p>Descrizione: Lucernario in vetroresina</p> <p>Tipologia: Elemento trasparente</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 8,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 5,375 W/(m<sup>2</sup>K)</p> <p>Resistenza R: 0,186 (m<sup>2</sup>K)/W</p> <p>Massa: 16 Kg/m<sup>2</sup></p> <p>Fonte: <b>Rilievo in sito</b></p>	
---	--

### STRATIGRAFIA

	Strato	Spessore mm	Conduttività $\lambda$ W/(mK)	Resistenza R (m <sup>2</sup> K)/W	Densità $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Capacità termica kJ/(kgK)	Fattore $\mu_a$	Fattore $\mu_u$
	Adduttanza interna (flusso orizzontale)	-	-	0,130	-	-	-	-
A	Vetroresina (ondulux)	8,0	0,500	0,016	2.000	1,00	53,3	53,3
	Adduttanza esterna (flusso orizzontale)	-	-	0,040	-	-	-	-
	TOTALE	8,0		0,186				

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m<sup>2</sup>K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m<sup>2</sup>K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m<sup>2</sup>K)/W

### CONDIZIONI AL CONTORNO

CONDIZIONE	Temperatura interna $T_i$ °C	Pressione parziale interna $P_i$ Pa	Temperatura esterna $T_e$ °C	Pressione parziale esterna $P_e$ Pa
INVERNALE	20,00	1.519,00	-2,20	496,80
ESTIVA	18,60	1.392,30	18,60	1.662,10

X	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: -678,152 \text{ Pa}$
	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: $0,000 \text{ kg/m}^2$ , tale quantità può rievaporare durante la stagione estiva
	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale. La differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a $\Delta P: 0 \text{ Pa}$

## Finestra sopra porta secondaria

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestra sopra porta secondaria**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 130 cm

Altezza : 100 cm

Spessore superiore del telaio: 5 cm

Spessore inferiore del telaio: 5 cm

Spessore sinistro del telaio: 5 cm

Spessore destro del telaio: 5 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

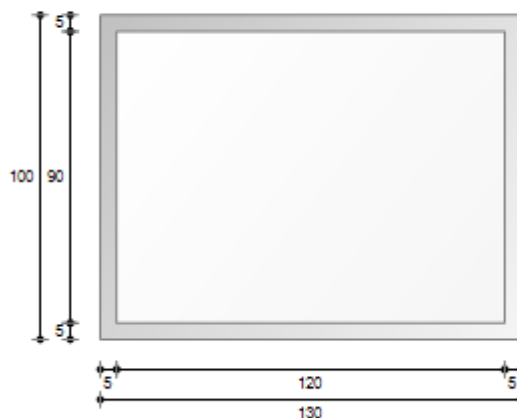
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,080 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,220 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 1,300 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 4,200 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Metallo

Tipologia telaio: Con taglio termico

Spessore  $s_f$ : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,481 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,080 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 3,251 W/(m<sup>2</sup> K)**

## Finestre bagni

### GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre bagni**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 150 cm

Altezza : 163 cm

Spessore superiore del telaio: 12 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 20 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

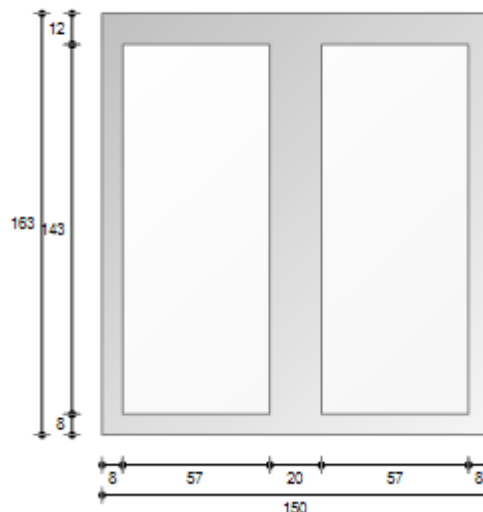
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro  $A_g$ : 1,630 m<sup>2</sup>

Area del telaio  $A_f$ : 0,815 m<sup>2</sup>

Area totale del serramento  $A_w$ : 2,445 m<sup>2</sup>

Perimetro della superficie vetrata  $L_g$ : 8,000 m



### PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

#### Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare  $g$ : 0,675

Emissività  $\epsilon$ : 0,837

Trasmittanza termica vetro  $U_g$ : 3,300 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Telaio

Materiale: Metallo-Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio  $U_f$ : 1,767 W/(m<sup>2</sup> K)

Trasmittanza lineica ponte termico tra vetro e telaio  $\psi_{fg}$ : 0,060 W/(m K)

### PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

**Trasmittanza termica del serramento  $U_w$ : 2,985 W/(m<sup>2</sup> K)**