



Per



COMUNE DI MORGEX

STATO DI FATTO E DIAGNOSI ENERGETICA

Biblioteca

Via Gran San Bernardo 34 – 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 | 7 |
| 2.2 | Caratteristiche dell'involucro edilizio..... | 9 |
| 2.3 | Analisi termografica | 10 |
| 2.4 | Caratteristiche impiantistiche..... | 13 |
| 2.4.1 | Impianto termico | 13 |
| 2.4.2 | Impianto elettrico | 15 |
| 2.5 | Analisi energetiche e dei consumi | 16 |
| 2.5.1 | Impianto termico | 16 |
| 2.5.2 | Impianto elettrico | 17 |
| 3 | Diagnosi energetica..... | 19 |
| 3.1 | Diagnosi energetica dell'edificio | 19 |
| 3.1.1 | Parametri caratterizzanti la zona termica | 19 |
| 3.1.2 | Involucro edilizio | 19 |
| 3.1.3 | Indici di prestazione energetica | 22 |
| 3.2 | Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici | 23 |
| 3.2.1 | Coibentazione delle chiusure verticali opache | 23 |
| 3.2.2 | Installazione di un sistema di monitoraggio dei consumi termici ed elettrici | 24 |
| 3.2.3 | Avvio di un sistema di energy management..... | 27 |

1 Introduzione

Il documento presenta al Comune di Morgex i risultati dell'analisi dello stato di fatto e della diagnosi energetica della biblioteca sita a Morgex in Via Gran San Bernardo 34.

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 biblioteca è un edificio avente volumetria complessiva di 2380 m³ realizzato non oltre la prima metà del secolo scorso e ristrutturato sul finire degli anni '70. La struttura portante originale è in muratura di pietra naturale, gli inserti successivi sono in laterizio di mattoni pieni o legno. La copertura è 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.

Principale responsabile dell'inefficienza dell'involucro edilizio è la parete esterna, specialmente a causa dell'elevata trasmittanza termica che la caratterizza.

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 la parete esterna come principale responsabile 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 ²] | Costo dell'intervento [€] | Risparmio sul totale dei consumi [%] | Risparmio [€] | Tempo di rientro con incentivi 55% [anni] |
| Coibentazione delle chiusure verticali opache | 385 | 23100 - 30800 | 37 | 4000 | 3 - 4 |

1.3 Riferimenti

- [1] Offerta per diagnosi e certificazione degli edifici sul territorio comunale – Offerta Ener/tech Solution a Comune di Morgex del 27 dicembre 2011.
- [2] Disciplinare di incarico ad Ener/tech 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 biblioteca è situata a Morgex in Via Gran Sasso 34. L'edificio è stato realizzato non oltre la prima metà del secolo scorso e ristrutturato alla fine degli anni '70 quando ha assunto la funzione attuale, si articola in quattro piani fuori terra ed uno seminterrato. All'interno della volumetria riscaldata vi sono le sale lettura e gli ambienti a supporto dell'attività.

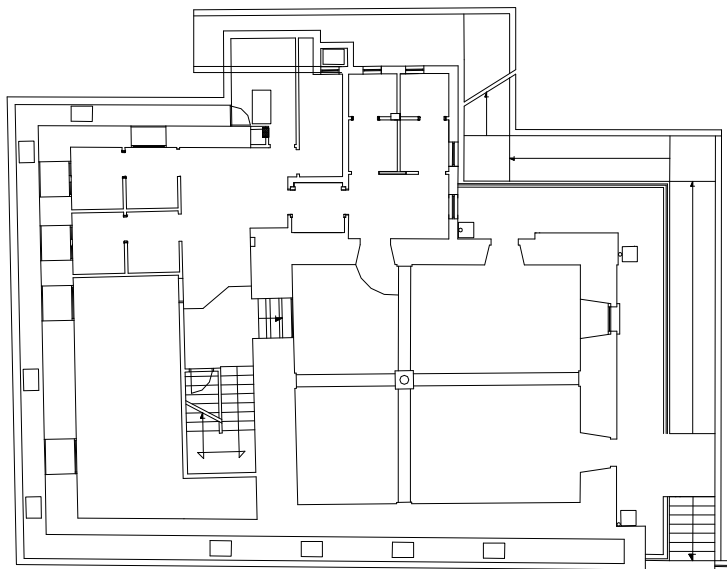


Figura 1 - Planimetria del piano seminterrato dell'edificio

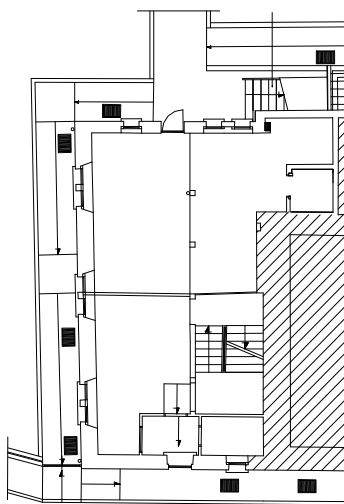


Figura 2 - Planimetria del piano terra dell'edificio

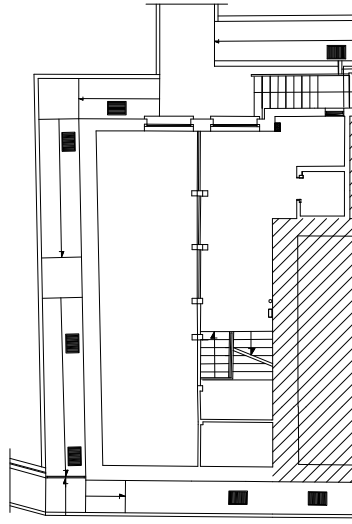


Figura 3 - Planimetria del piano ammezzato dell'edificio

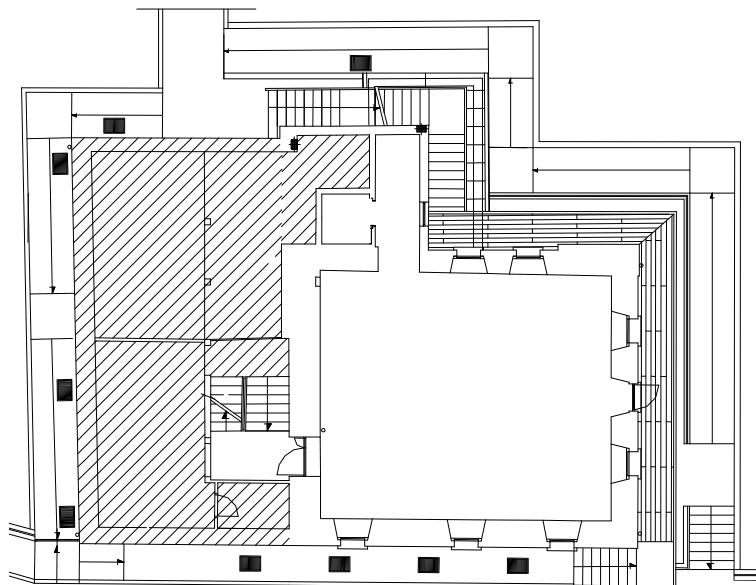


Figura 4 - Planimetria del piano primo dell'edificio

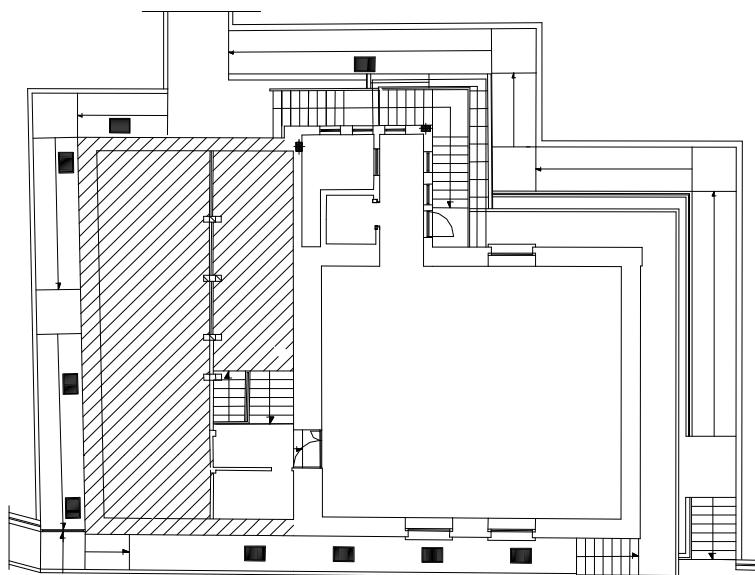


Figura 5 - Planimetria del piano sottotetto dell'edificio

2.1 Inquadramento generale

| DATI GENERALI | |
|------------------------------|--|
| Edificio | Biblioteca |
| Comune | Morgex |
| Indirizzo | Via Gran Sasso 34 |
| Epoca di costruzione | 1919-1945 |
| Classificazione PRGC | F2 |
| Classificazione D.Lgs 412/93 | E.4.2 |
| Dati catastali | Foglio: 10; Mappale: 310; Subalterno:0 |



Figura 6 - Prospetti Nord-Est e Nord-Ovest



Figura 7 - Prospetto Sud-Ovest



Figura 8 - Prospetto Sud-Est

| UBICAZIONE | |
|-----------------------|---------------|
| Latitudine | 45° 45' 28" N |
| Longitudine | 7° 2' 12" E |
| Altitudine | 925 s.l.m. |
| Esposizione versante | SO |
| Gradi giorno | 3617 |
| Orientamento edificio | NE-SO |

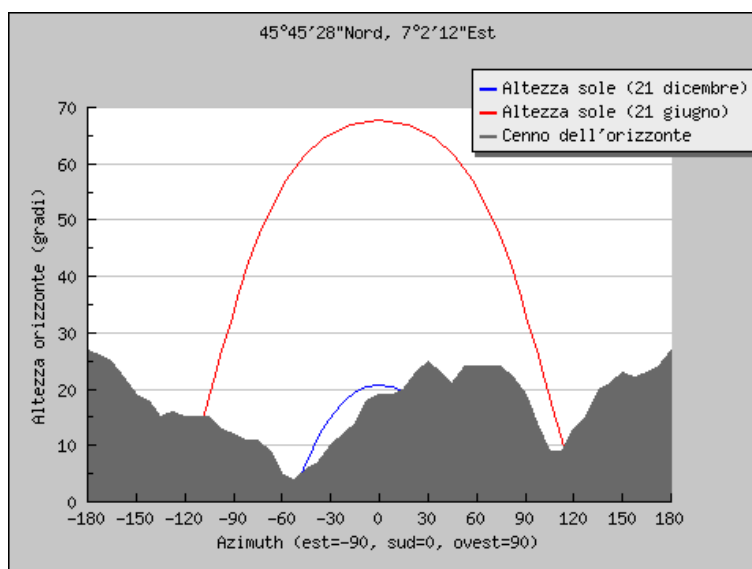


Figura 9 - Orizzonte solare

| DESCRIZIONE | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Destinazione d'uso | Biblioteca |
| Tipologia edilizia | Edificio singolo |
| Tipologia costruttiva | Muratura portante pietra naturale |
| Superficie utile | 503 m ² |
| Superficie disperdente | 1127 m ² |
| Volume netto riscaldato | 1400 m ³ |
| Volume lordo riscaldato | 2380 m ³ |
| Rapporto S/V | 0,47 1/m |

2.2 Caratteristiche dell'involucro edilizio

La biblioteca presenta differenti tecnologie costruttive per le chiusure opache verticali ed orizzontali. Le chiusure opache verticali rivolte verso l'esterno od il terreno sono realizzate pietra naturale, mattoni pieni o legno; le strutture in mattoni pieni sono quelle aventi spessori non superiori ai 40 cm, la parete in legno ha spessore di 20 cm. 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; solo alcune finestre sono provviste di persiane esterne.

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

| ELEMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K] |
|-------------------------|---|
| Copertura | 0,938 |
| Solaio contro terra | 1,748 |
| Parete esterna sp.20 cm | 0,544 |
| Parete esterna sp.30 cm | 2,154 |
| Parete esterna sp.40 cm | 1,788 |
| Parete esterna sp.60 cm | 2,695 |

| ELEMENTO | TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K] |
|---|---|
| Parete esterna sp.80 cm | 2,336 |
| Parete esterna sp.120 cm | 1,844 |
| Parete contro terra sp.30 cm | 3,505 |
| Parete contro terra sp.55 cm | 2,803 |
| Parete contro terra sp.120 cm | 1,844 |
| Porta finestra ingresso | 2,720 |
| Finestre piano seminterrato tipo 1 | 2,262 |
| Finestre piano seminterrato tipo 2 | 2,424 |
| Finestre piano seminterrato tipo 4 | 2,005 |
| Finestre piano seminterrato e primo | 2,073 |
| Finestre ascensore | 1,936 |
| Finestre piano terra tipo 1 | 1,911 |
| Finestre piano terra tipo 2 | 1,918 |
| Finestre piano ammezzato tipo 1 | 2,864 |
| Finestre piano ammezzato tipo 2 | 2,897 |
| Finestre abbaino e piano secondo tipo 1 | 2,975 |
| Finestre abbaino e piano secondo tipo 3 | 3,029 |
| Finestre abbaino tipo 2 | 2,346 |
| Finestre abbaino tipo 4 | 2,997 |
| Finestre abbaino tipo 5 | 2,930 |
| Finestre piano secondo | 2,740 |

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 parete perimetrale - copertura;
- Giunto parete perimetrale - serramento in legno;

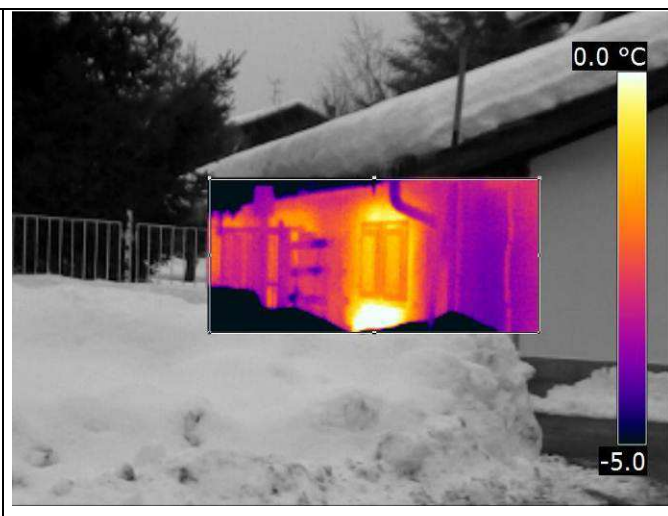
Le schede riportate nelle pagine seguenti consentono di visualizzare le aree interessate dal fenomeno appena descritto.

Prospetto Nord-Est

RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



RESPONSO TERMOCAMERA



CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una discontinuità termica nel giunto tra parete perimetrale e finestra. La differenza di temperatura identificata nell'area sotto la finestra è data dalla presenza di un radiatore sul lato interno della parete. Il manto di neve che copre la copertura impedisce il rilievo di eventuali anomalie.

Prospetto Nord-Ovest

RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



RESPONSO TERMOCAMERA



CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una discontinuità termica nel giunto tra parete perimetrale e serramento. Vi è un'area della parete perimetrale a temperatura maggiore al di sotto della prima finestra del piano sottotetto ed una a temperatura minore sulla sinistra del serramento stesso. Nel primo caso, area a temperatura maggiore, sulla faccia interna della parete vi è un radiatore; nel secondo caso si è identificata una finestra oggi tamponata.

Prospetto Sud-Ovest

RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



RESPONSO TERMOCAMERA



CONSIDERAZIONI E COMMENTI

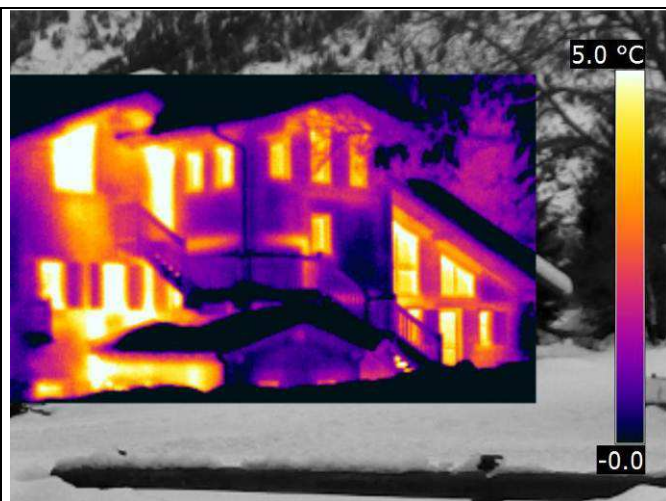
Si rileva una discontinuità termica nel giunto tra parete perimetrale e serramento e tra parete perimetrale e trave in legno. Al di sotto delle due finestre del piano primo vi sono aree a temperatura maggiore rispetto a quella esterna della parete; tale differenza di temperatura è data dalla presenza di un radiatore sulla faccia interna della parete stessa.

Prospetto Sud-Est

RIFERIMENTO FOTOGRAFICO



RESPONSO TERMOCAMERA



CONSIDERAZIONI E COMMENTI

Si rileva una discontinuità termica nel punto di contatto tra parete perimetrale e solaio e tra parete perimetrale e serramento in legno. Il manto di neve che copre la copertura impedisce il rilievo di eventuali anomalie.

Tutti i prospetti esaminati sono interessati dal fenomeno di dispersione associata al ponte termico; l'inefficienza principale è tuttavia imputabile alla presenza di numerosi radiatori a contatto con la parete esterna. 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 biblioteca è dotata di impianto autonomo per il riscaldamento invernale. A monte dell'impianto vi è una sottostazione di teleriscaldamento avente potenza termica di 35 kW ubicata nella centrale termica posta al piano seminterrato dell'edificio stesso.

L'acqua calda sanitaria è prodotta da un boiler elettrico ad accumulo situato all'interno dei servizi igienici.

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. Su ogni radiatore è installata una valvola termostatica a regolazione manuale che consente agli utenti di modificare la temperatura del locale.

I terminali di emissione sono costituiti unicamente da radiatori.

La biblioteca 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 RISCALDAMENTO | |
|------------------------------------|---------------|
| Marca | Alfa Laval |
| Modello | M6M FGL 15 |
| Potenza termica utile | 35 kW |
| Fluido termovettore | Acqua |
| Uso | Riscaldamento |
| Rendimento medio di generazione | 90% |

| GENERATORE DI CALORE ACS | |
|--------------------------|-----------------------|
| Marca | Ariston |
| Modello | VID 10 R |
| Volume accumulo | 100 l |
| Fluido termovettore | Acqua |
| Uso | Acqua calda sanitaria |

| 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 | Valvole termostatiche | |
| Numero regolatori | 20 | |
| Funzioni svolte | Regolazione della temperatura nel locale | |
| Impostazioni | ON/OFF | |
| CONTABILIZZAZIONE CLIMATIZZAZIONE | | |
| Marca | - | |
| Modello | - | |
| Numero di apparecchi | 2 | |
| Dislocazione | Centrale termica | |
| Funzioni svolte | Contacalorie | |
| Unità di Misura | kWh | |
| TERMINALI DI EROGAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA | | |
| Tipologia | Numero | Potenza termica nominale |
| Radiatori | 30 | 620 W/cad |



Figura 10 - Centrale termica sita al piano seminterrato dell'edificio

2.4.2 Impianto elettrico

L'impianto elettrico a servizio dell'edificio è allacciato alla rete pubblica con una potenza impegnata pari a 20 kW.

All'interno della biblioteca sono presenti computer, stampanti ed altri apparecchi a servizio utenti. L'illuminazione avviene attraverso lampade al neon.

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 |
| Montacarichi | 1 | 1500 W |
| Computer | 8 | 1840 W |
| Stampanti | 3 | 2330 W |
| Boiler | 1 | 1200 W |
| Sportello restituzione libri | 1 | 350 W |
| Televisori | 1 | 100 W |

| ILLUMINAZIONE INTERNA | | |
|-----------------------|--------|--------------------------|
| Tipologia Lampada | Numero | Potenza totale assorbita |
| Neon 1x36 W | 3 | 108 W |
| Neon 2x36 W | 50 | 3600 W |
| Neon 1x18 W | 2 | 36 W |
| Neon 2x18 W | 9 | 324 W |
| Neon 4x18 W | 48 | 3456 W |
| Neon 20 W | 2 | 40 W |

2.5 Analisi energetiche e dei consumi

2.5.1 Impianto termico

Il sistema impiantistico a servizio della biblioteca è alimentato da uno scambiatore di teleriscaldamento avente potenza di 35 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 |

| FONTI RINNOVABILI - CIPPATO | | | | | |
|-----------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Anno | Consumo cippato [kg] | kWh equivalenti | CO ₂ prodotta [kg] | Costi sostenuti [€] | Costo per kWh [€/kWh] |
| 2009 | 14697 | 49970 | 699,58 | 5951,43 | 0,1191 |
| 2010 | 16894 | 57440 | 804,16 | 6915,78 | 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 ³] | Consumi [kWh] | Indice di consumo [kWh/m ³] |
|-------------|--|-----------------------------------|---------------|---|
| Anno 2009 | Non rilevabile | | 49970 | 21,00 |
| Anno 2010 | 1 gennaio - 25 maggio; 28 settembre - 31 dicembre | 2380,00 | 57440 | 24,13 |
| Calcolato | 5 ottobre - 22 aprile | | 220875 | 92,80 |

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

Biblioteca

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. La biblioteca è impiegata settimanalmente per lo stesso numero di ore, tuttavia l'impianto non sarà in funzione al massimo della potenza nell'intero periodo di attività dell'esercizio. Si è quindi supposto un numero di ore di funzionamento durante la stagione di riscaldamento. A consentirci di effettuare tale supposizione in merito alle ore di funzionamento è la presenza, dichiarata, di un impianto di attenuazione notturna e di una regolazione di tipo climatico dell'impianto. 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 | 57440 | 240 | 239,33 | 6,5 | 36,64 |
| Calcolato | 220875 | 200 | 1104,37 | 24 | 46,02 |

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 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 biblioteca nell'anno 2010 è pari a 19198 kWh; nelle tabelle sottostanti viene dettagliato il consumo.

Si è utilizzato un fattore di conversione pari 616 g di CO₂ 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 ₂ prodotta [kg] | Costi sostenuti [€] | Costo per kWh [€/kWh] |
| 2010 | 19198 | 11826 | 3008,26 | 0,157 |

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 11 è possibile visualizzare la ripartizione annua dei consumi in funzione dell'utenza.

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] |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| Montacarichi | 1500 | 2 | 208 | 624 | 18202 |
| Computer | 1840 | 7 | 208 | 2679 | |
| Stampanti | 2330 | 7 | 208 | 3392 | |
| Televisore | 100 | 7 | 208 | 146 | |
| Boylar | 1200 | 7 | 208 | 1747 | |
| Sportello restituzione libri | 350 | 24 | 208 | 1747 | |
| Illuminazione | 7564 | 5 | 208 | 7867 | |

Tabella 4 - Consumo annuo in kWh delle singole utenze elettriche

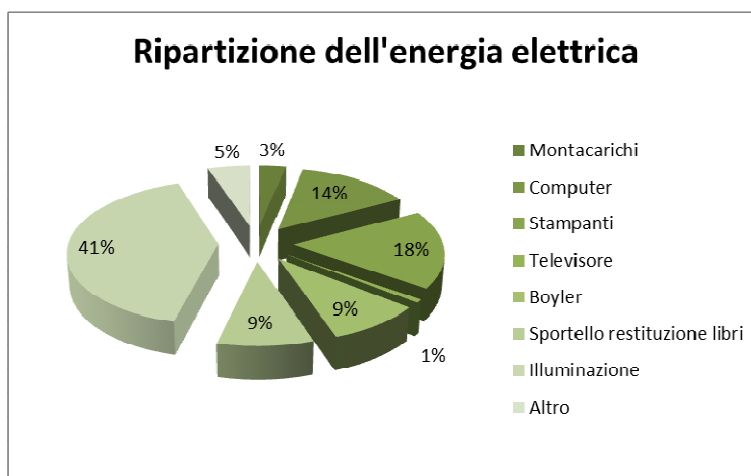


Figura 11 - RIPARTIZIONE ANNUALE DEI CONSUMI

L'analisi dei consumi identifica nelle tre stampanti i macchinari più energivori. L'illuminazione è la componente meno performante allacciata all'impianto nonostante si componga unicamente 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 2380 m³. Le dispersioni riscontrate sono dirette verso l'esterno od il terreno, non vi sono quindi zone termiche non climatizzate. Il riscaldamento è di tipo autonomo, 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 ² |
| 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 63,31 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 12, Figura 13, Figura 14 e Figura 15 mostrano le percentuali di involucro trasparente e opaco e le dispersioni ad essi associate.

| Descrizione | Superficie totale [m ²] | Trasmittanza media W/[m ² K] | Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W] | Coefficiente di dispersione termica [W/K] |
|--------------------|-------------------------------------|---|--|---|
| Corpi trasparenti | 61,2 | 2,51 | 6.795 | 153,41 |
| Trasparenti/Totale | 5,43% | | 10,73% | 7,85% |
| Corpi opachi | 1065,8 | 1,69 | 56.512 | 1800,13 |
| Opachi/Totale | 94,57% | | 89,27% | 92,15% |

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

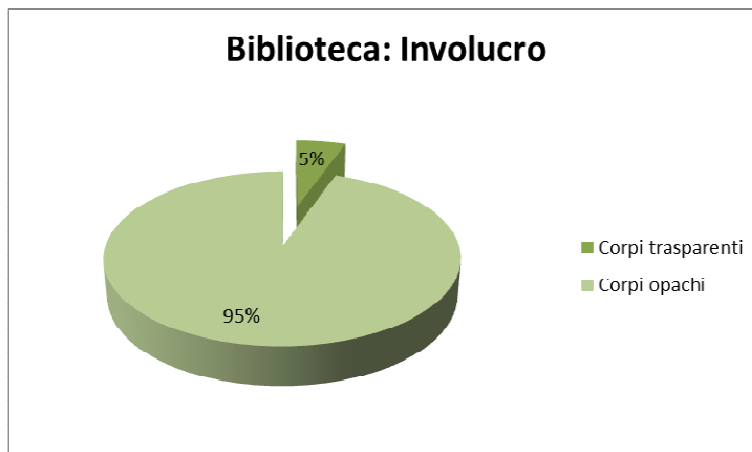


Figura 12 - STRUTTURE DISPREDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO

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

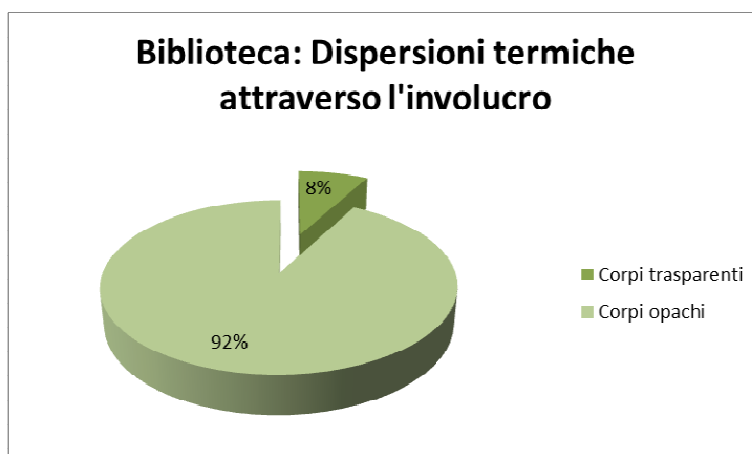


Figura 13 - DISPERSIONE TERMICA

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

| Descrizione | Superficie totale [m ²] | Trasmittanza media W/[m ² K] | Potenza dissipata in condizioni minime di progetto [W] | Coefficiente di dispersione termica attraverso l'involucro [W/K] |
|---------------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| Chiusure trasparenti | 61,2 | 2,51 | 6.795 | 153,41 |
| Trasparenti/Totale | 5,43% | | 10,73% | 7,85% |
| Chiusure orizzontali | 580 | 1,28 | 16.138 | 743,90 |
| Orizzontali/Totale | 51,46% | | 25,49% | 38,08% |
| Chiusure verticali opache | 485,8 | 2,17 | 40.374 | 1056,23 |
| Verticali/Totale | 43,11% | | 63,77% | 54,07% |

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

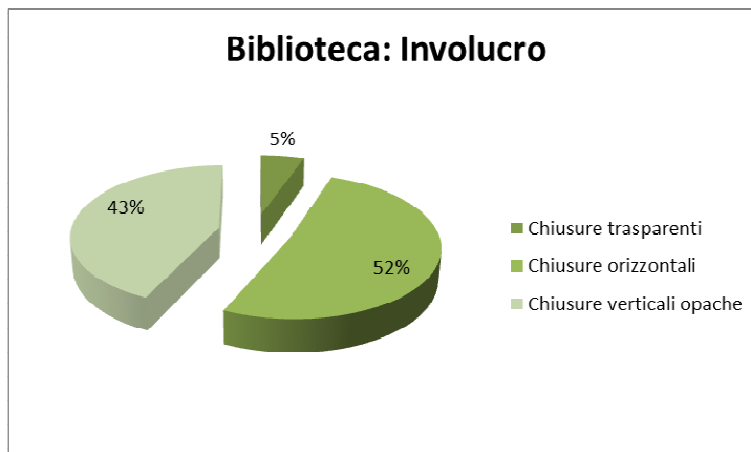


Figura 14 - CHIUSURE DISPERDENTI DELIMITANTI L'INVOLUCRO

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

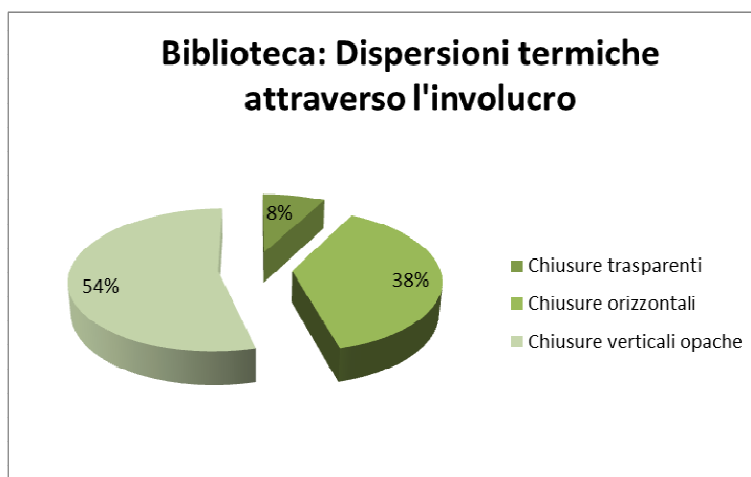


Figura 15 - DISPERSIONE TERMICA

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 mostrano come le chiusure verticali opache e trasparenti siano le componenti meno performanti dell'involucro; il 48% della superficie genera il 62% delle dispersioni. Si aggiunga che al paragrafo 2.3 si è riscontrata, per le sole chiusure verticali opache, una elevata incidenza dei ponti termici e la trasmittanza termica media della parete perimetrale (cfr. Tabella 6) supera dell'830% il valore limite stabilito per le nuove costruzioni nell'allegato B del Decreto Ministeriale dell'11 marzo 2008.

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 16).

| INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA | | |
|----------------------------------|--------------------------------|--|
| $E_{p, \text{lim}}$ | 16,01 kWh/m ³ 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} | 86,92 kWh/m ³ anno | Indice di prestazione energetica per climatizzazione invernale |
| $E_{p_{\text{acs}}}$ | 5,88 kWh/m ³ anno | Indice di prestazione energetica per produzione di acqua calda sanitaria |
| E_{p_e} | - kWh/m ³ anno | Indice di prestazione energetica per climatizzazione estiva |
| $E_{p_{\text{ill}}}$ | 20,97 kWh/m ³ anno | Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale |
| $E_{p_{\text{gl}}}$ | 113,78 kWh/m ³ anno | Indice di prestazione energetica globale, dato dalla somma di E_{p_i} , $E_{p_{\text{acs}}}$, E_{p_e} , $E_{p_{\text{ill}}}$ |
| $\eta_{\text{gl},i}$ | 0,63 | Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione invernale |
| $\eta_{\text{gl},\text{acs}}$ | n.r. | Rendimento globale medio stagionale per produzione di acqua calda sanitaria |
| $\eta_{\text{gl},e}$ | - | Rendimento globale medio stagionale per climatizzazione estiva |
| $\eta_{\text{gl},\text{ill}}$ | 0,46 | Rendimento globale medio stagionale per l'illuminazione artificiale |
| CO ₂ | 1,59 kg/m ³ anno | Emissioni di CO ₂ |
| En | 64963 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 5,4 volte inferiore a quello calcolato per la biblioteca.

L'edificio in analisi eccede del 540% il valore limite.

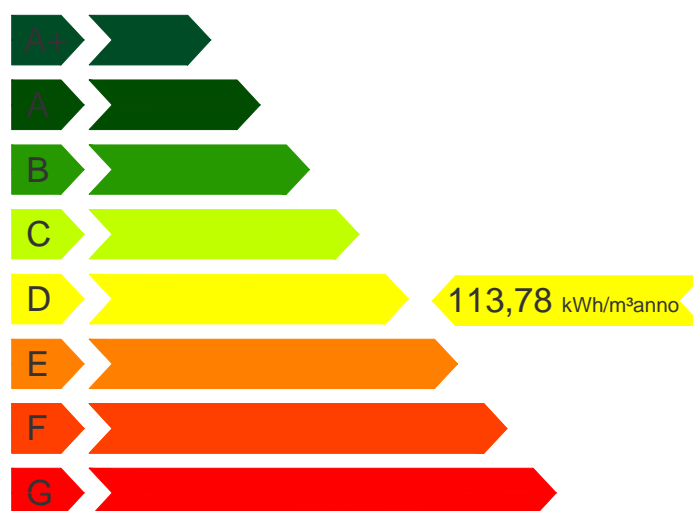


Figura 16 - CLASSIFICAZIONE ENERGETICA

3.2 Possibili interventi migliorativi e valutazione dei benefici

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

- Elevata incidenza dei ponti termici tra parete perimetrale ed altri elementi costituenti l'involucro edilizio;
- Elevata trasmittanza termica media della parete perimetrale;
- 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;

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.

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 parete perimetrale ed altri elementi costituenti l'involucro edilizio, uniformando il valore di temperatura rilevato sulla superficie esterna.

Impiegando uno strato di non oltre 12 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 0,24 W/m²K.

Realizzando un cappotto esterno sui quattro lati dell'edificio la biblioteca compirebbe un salto di una classe passando dall'attuale classe D ad una classe C.

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 [%] |
| $E_{p,lim}$ | 16,65 kWh/m ³ anno | 16,65 kWh/m ³ anno | - |
| $E_{p,i}$ | 86,52 kWh/m ³ anno | 41,88 kWh/m ³ anno | 51% |
| $E_{p,gl}$ | 113,78 kWh/m ³ anno | 71,18 kWh/m ³ anno | 37% |
| $\eta_{gl,i}$ | 0,63 | 0,64 | 1,5% |
| CO_2 | 1,59 kg/m ³ anno | 1,00 kg/m ³ anno | 37% |
| E_n | 64963 kg | 35144 kg | 46% |

La fornitura e posa in opera di un sistema a cappotto esterno ha un prezzo variabile tra i 60 €/m² e gli 80 €/m²; la cifra complessiva per i 385 m² che costituiscono l'involucro si attesta tra i 23100 € ed i 30800 €.

Biblioteca

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 attualizzato per avvicinarsi al consumo reale. La differenza di consumi di cui sopra dovrà quindi essere riferita ad un impianto in funzione 6,5 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 4000 €.

Ipotizzando di poter usufruire degli interventi di detrazione del 55% il tempo di ammortamento varia tra i tre ed i quattro 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 ²] | Costo dell'intervento [€] | Risparmio sul totale dei consumi [%] | Risparmio [€] | Tempo di rientro con incentivi 55% [anni] |
| Coibentazione delle chiusure verticali opache | 385 | 23100 - 30800 | 37 | 4000 | 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 17) 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.).

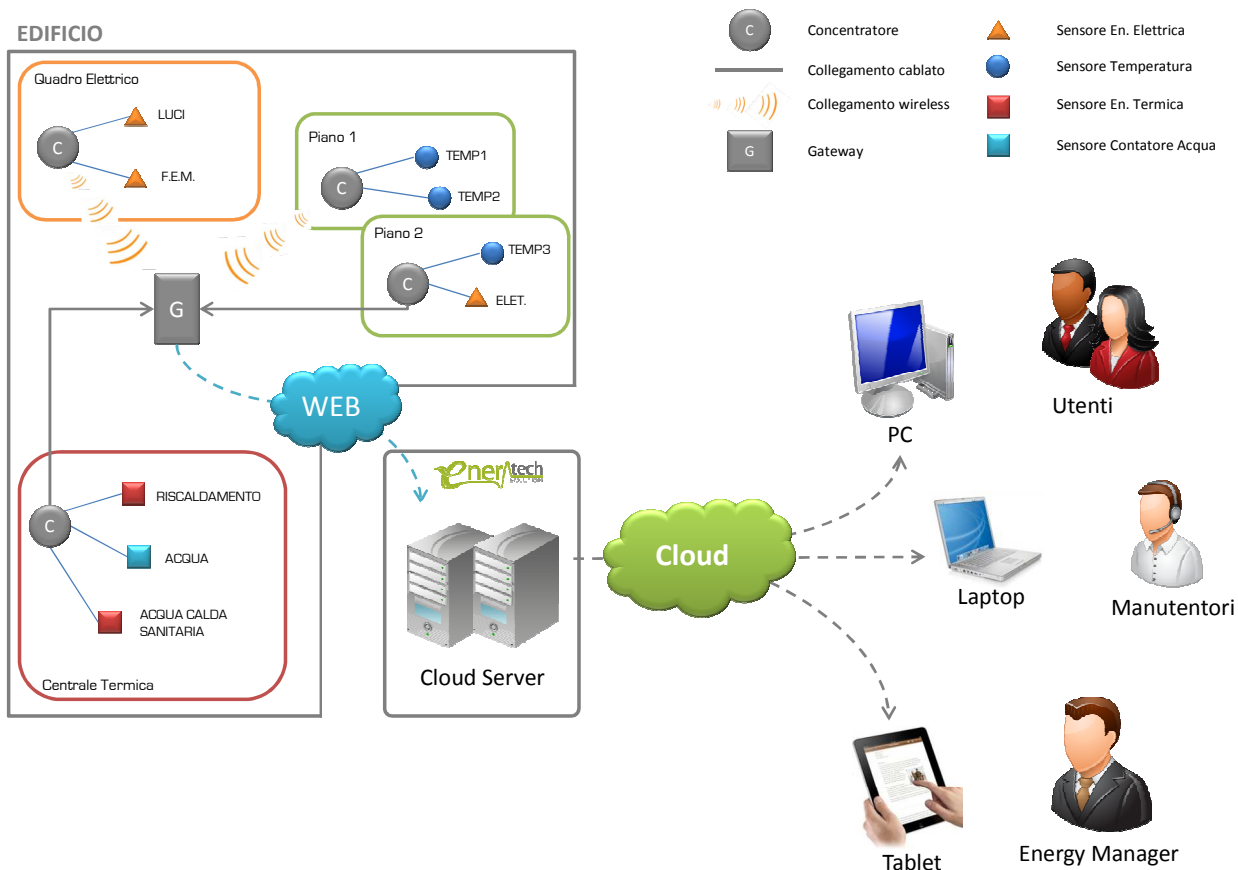


Figura 17. Infrastruttura di monitoraggio dei consumi energetici

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 18) 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.

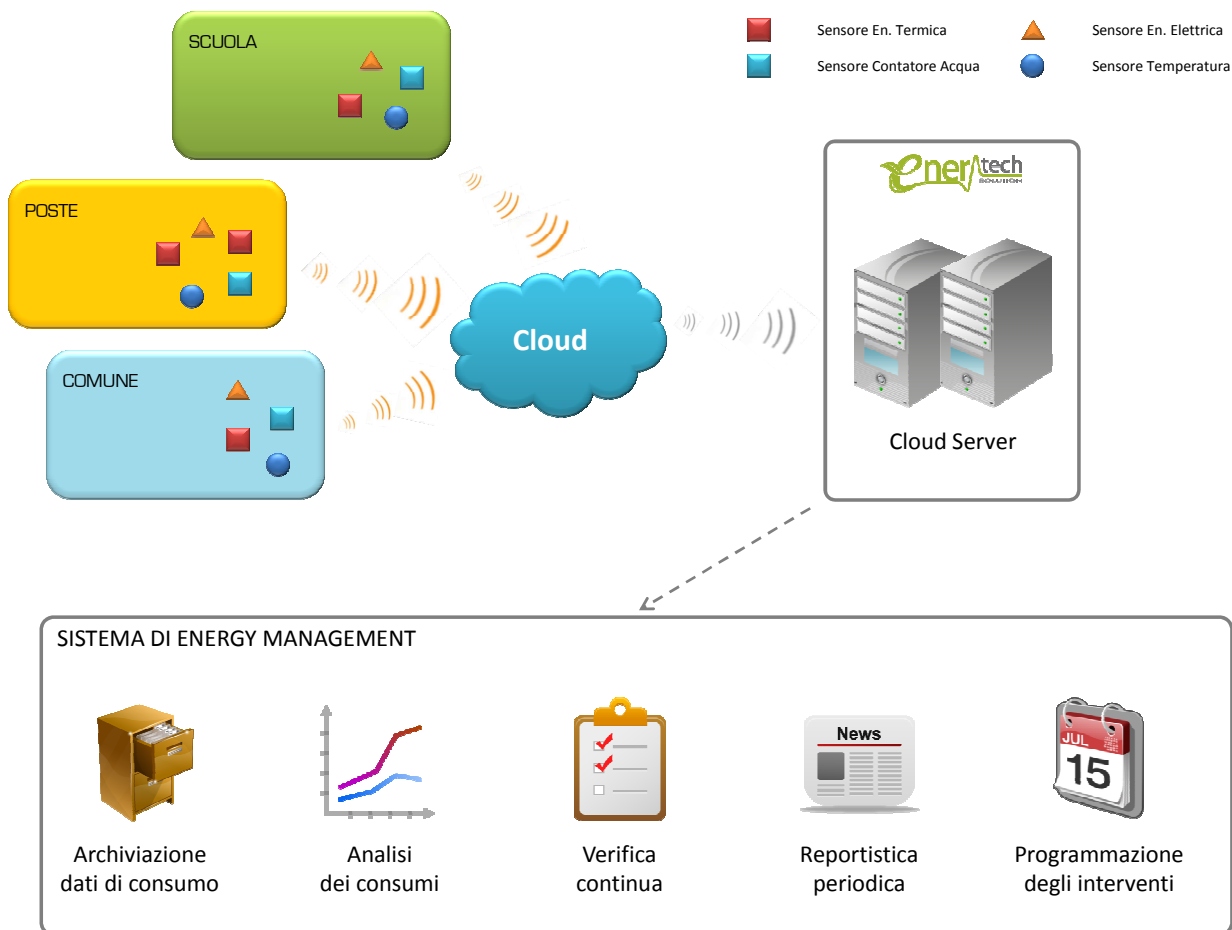


Figura 18. Infrastruttura di raccolta ed elaborazione dei dati di consumo

Utilizzo dell'infrastruttura di monitoraggio

Un esempio di applicazione delle analisi energetiche con strumenti tecnologici appropriati, è riportata in Figura 19. 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.

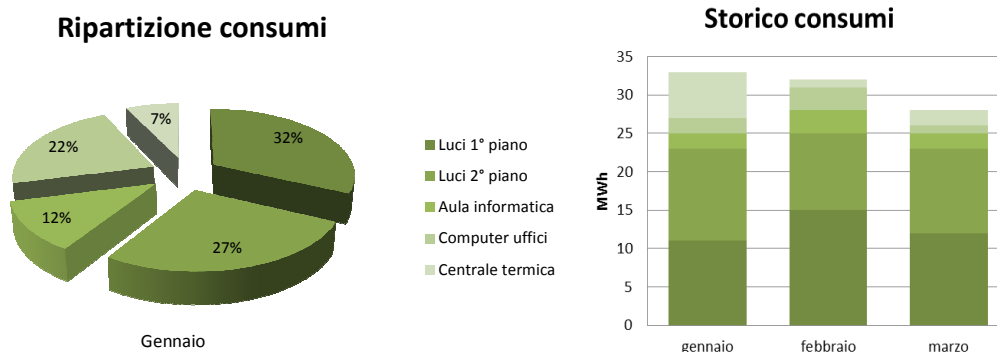


Figura 19. Esempio di ripartizione dei consumi elettrici

Come supporto a tale analisi è possibile utilizzare uno strumento messo a disposizione dai sistemi di monitoraggio, ovvero il diagramma spettrale (Figura 20). 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 20, 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.

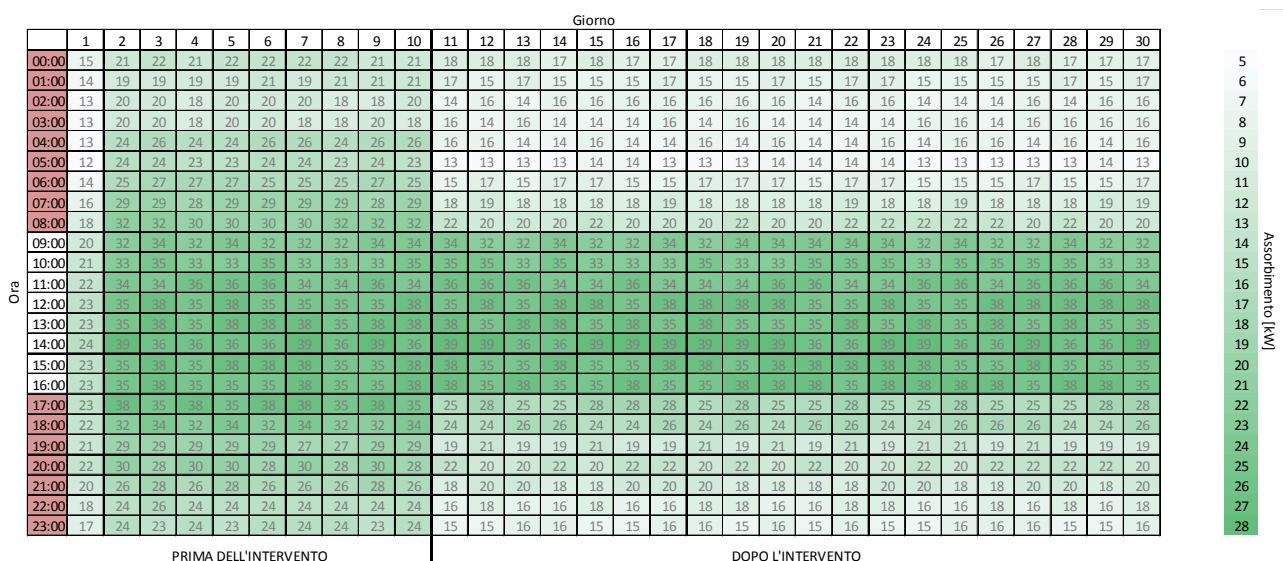


Figura 20. Diagramma spettrale

3.2.3 Avvio di un sistema di 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 21):

- 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 21. 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 22 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.

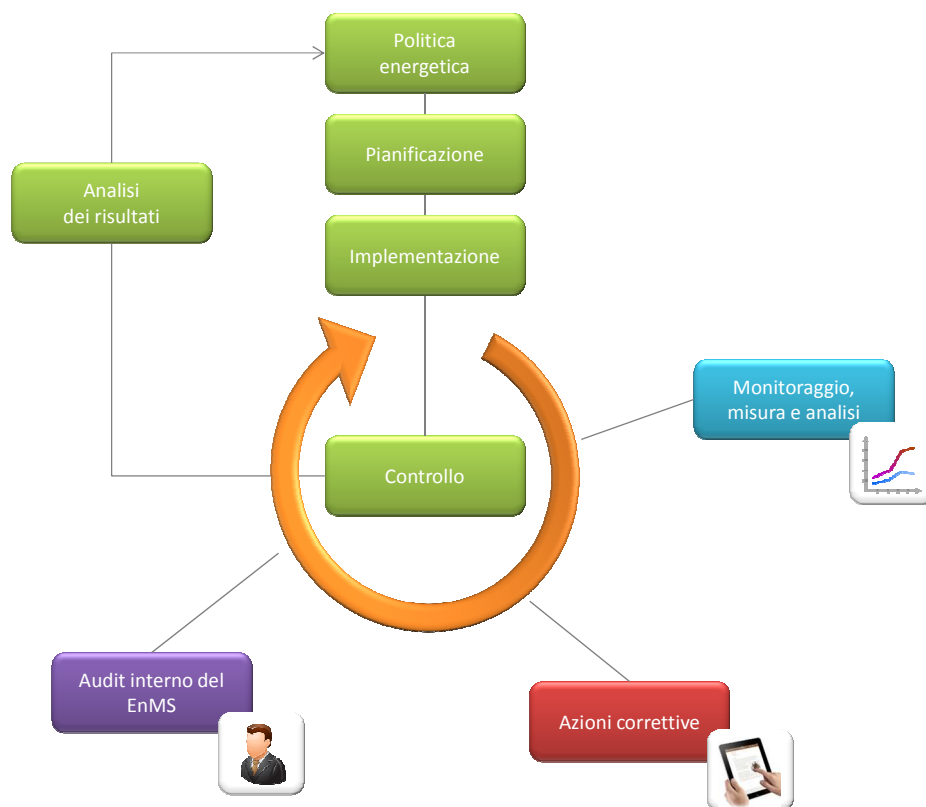


Figura 22. Modello di un Sistema di Energy Management

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: Copertura</p> <p>Descrizione: Copertura in legno</p> <p>Tipologia: Copertura</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 250,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 0,930 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 1,075 (m²K)/W</p> <p>Massa: 185 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | |
|---|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_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 | Aria 100 mm (flusso verticale ascendente, aperture 500 - 1500 mm ²) | 100,0 | 1,260 | 0,079 | 1 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| C | Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3) | 50,0 | 0,120 | 0,417 | 450 | 2,70 | 63,9 | 63,9 |
| D | Ardesia (2800 kg a m3) | 50,0 | 2,200 | 0,023 | 2.800 | 1,00 | 1.000,0 | 800,0 |
| | Adduttanza esterna (flusso verticale ascendente) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 250,0 | | 1,075 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 10,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,100 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

CONDIZIONI AL CONTORNO

| <i>CONDIZIONE</i> | <i>Temperatura interna T_i</i> °C | <i>Pressione parziale interna P_i</i> Pa | <i>Temperatura esterna T_e</i> °C | <i>Pressione parziale esterna P_e</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 ΔP : 0 Pa |
| X | La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,404 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 ΔP : 535,487 Pa |

Solaio contro terra

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|--|--|
| <p>Nome dell'elemento: Solaio contro terra</p> <p>Descrizione: Solaio in cemento con vespaio in ghiaia</p> <p>Tipologia: Pavimento</p> <p>Disposizione: Orizzontale</p> <p>Spessore: 360,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,748 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,572 (m²K)/W</p> <p>Massa: 603 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | |
|--|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|---|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso verticale discendente) | - | - | 0,170 | - | - | - | - |
| A | Piastrelle per rivestimento (2300 kg a m3) | 10,0 | 1,000 | 0,010 | 2.300 | 0,84 | 213,2 | 213,2 |
| B | Calcestruzzo normale esterno (1600 kg a m3) | 150,0 | 0,810 | 0,185 | 1.600 | 0,88 | 21,3 | 21,3 |
| C | Ghiaia grossa senza argilla (1700 kg a m3) | 200,0 | 1,200 | 0,167 | 1.700 | 0,84 | 5,3 | 5,3 |
| | Adduttanza esterna (flusso verticale discendente) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 360,0 | | 0,572 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 5,880 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,170 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

CONDIZIONI AL CONTORNO

| <i>CONDIZIONE</i> | <i>Temperatura interna T_i</i> °C | <i>Pressione parziale interna P_i</i> Pa | <i>Temperatura esterna T_e</i> °C | <i>Pressione parziale esterna P_e</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 ΔP : 366,722 Pa |
| | La struttura è soggetta a fenomeni di condensa. La quantità stagionale di condensato è pari a: 0,000 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 ΔP : 0 Pa |

Parete esterna sp.20 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|--|--|
| <p>Nome dell'elemento: Parete esterna sp.20 cm</p> <p>Descrizione: Parete in legno</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 200,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 0,544 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 1,837 (m²K)/W</p> <p>Massa: 90 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Abete - flusso perpendicolare (450 kg a...)</p> |
|--|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|---|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Abete - flusso perpendicolare (450 kg a m3) | 200,0 | 0,120 | 1,667 | 450 | 2,70 | 63,9 | 63,9 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 200,0 | | 1,837 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 |

Biblioteca

| | |
|---|--|
| 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 $\Delta P: 600,011 \text{ Pa}$ |
| | 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 |
| 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 $\Delta P: 600,011 \text{ Pa}$ |

Parete esterna sp.30 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|---|--|
| <p>Nome dell'elemento: Parete esterna sp.30 cm</p> <p>Descrizione: Parete in laterizio di mattoni pieni</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 300,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,154 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,464 (m²K)/W</p> <p>Massa: 567 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m³)</p> <p>B - Mattone pieno posa esterno</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m³)</p> |
|---|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|---|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m ³) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Mattone pieno posa esterno | 270,0 | 1,054 | 0,256 | 2.000 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m ³) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 300,0 | | 0,464 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 $\Delta P: 56,286 \text{ Pa}$ |
| | 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete esterna sp.40 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|--|--|
| <p>Nome dell'elemento: Parete esterna sp.40 cm</p> <p>Descrizione: Parete in laterizio di mattoni pieni</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 400,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,788 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,559 (m²K)/W</p> <p>Massa: 767 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p>B - Mattone pieno posa esterno</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)</p> |
|--|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|--|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Mattone pieno posa esterno | 370,0 | 1,054 | 0,351 | 2.000 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m3) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 400,0 | | 0,559 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 $\Delta P: 167,619 \text{ Pa}$ |
| | 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete esterna sp.60 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|---|---|
| <p>Nome dell'elemento: Parete esterna sp.60 cm</p> <p>Descrizione: Parete in pietra naturale</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 600,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,695 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,371 (m²K)/W</p> <p>Massa: 1.737 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p>B - Muratura in pietra naturale (3000kg a m3)</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)</p> |
|---|---|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|---|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Muratura in pietra naturale (3000kg a m3) | 570,0 | 3,500 | 0,163 | 3.000 | 0,84 | 160,0 | 160,0 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m3) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 600,0 | | 0,371 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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: $1,133 \text{ kg/m}^2$, 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete esterna sp.80 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|---|---|
| <p>Nome dell'elemento: Parete esterna sp.80 cm</p> <p>Descrizione: Parete in pietra naturale</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 800,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,336 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,428 (m²K)/W</p> <p>Massa: 2.337 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3)</p> <p>B - Muratura in pietra naturale (3000kg a m3)</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m3)</p> |
|---|---|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|---|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m3) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Muratura in pietra naturale (3000kg a m3) | 770,0 | 3,500 | 0,220 | 3.000 | 0,84 | 160,0 | 160,0 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m3) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 800,0 | | 0,428 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 |

Biblioteca

| | |
|---|--|
| | 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: $0,575 \text{ kg/m}^2$, 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete esterna sp.120 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|--|--|
| <p>Nome dell'elemento: Parete esterna sp.120 cm</p> <p>Descrizione: Parete in pietra naturale</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 1.200,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,844 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,542 (m²K)/W</p> <p>Massa: 3.537 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m³)</p> <p>B - Muratura in pietra naturale (3000kg a m³)</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m³)</p> |
|--|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|--|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m ³) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Muratura in pietra naturale (3000kg a m ³) | 1.170,0 | 3,500 | 0,334 | 3.000 | 0,84 | 160,0 | 160,0 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m ³) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 1.200,0 | | 0,542 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 $\Delta P: 150,356 \text{ Pa}$ |
| | 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete contro terra sp.30 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|---|--|
| <p>Nome dell'elemento: Parete contro terra sp.30 cm</p> <p>Descrizione: Parete in laterizio di mattoni pieni</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 300,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 3,505 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,285 (m²K)/W</p> <p>Massa: 837 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m³)</p> <p>B - Muratura in pietra naturale (3000kg a m³)</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m³)</p> |
|---|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|--|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m ³) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Muratura in pietra naturale (3000kg a m ³) | 270,0 | 3,500 | 0,077 | 3.000 | 0,84 | 160,0 | 160,0 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m ³) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 300,0 | | 0,285 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 | 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 $\Delta P: 159,007 \text{ Pa}$ |
| | 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete contro terra sp.55 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|--|--|
| <p>Nome dell'elemento: Parete contro terra sp.55 cm</p> <p>Descrizione: Parete in pietra naturale</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 550,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 2,803 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,357 (m²K)/W</p> <p>Massa: 1.587 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> | <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m³)</p> <p>B - Muratura in pietra naturale (3000kg a m³)</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m³)</p> |
|--|--|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|--|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m ³) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Muratura in pietra naturale (3000kg a m ³) | 520,0 | 3,500 | 0,149 | 3.000 | 0,84 | 160,0 | 160,0 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m ³) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 550,0 | | 0,357 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/W

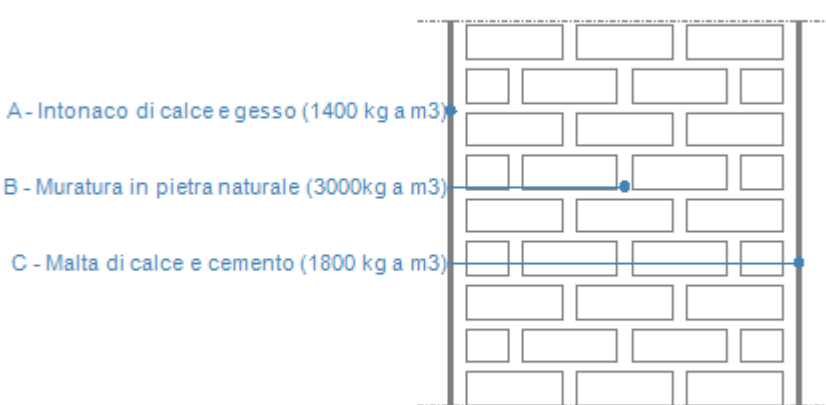
CONDIZIONI AL CONTORNO

| 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 | 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 $\Delta P: 276,050 \text{ Pa}$ |
| | 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Parete contro terra sp.120 cm

DATI DELLA STRUTTURA

| | |
|---|---|
| <p>Nome dell'elemento: Parete contro terra sp.120 cm</p> <p>Descrizione: Parete in pietra naturale</p> <p>Tipologia: Parete</p> <p>Disposizione: Verticale</p> <p>Spessore: 1.200,0 mm</p> <p>Trasmittanza U: 1,844 W/(m²K)</p> <p>Resistenza R: 0,542 (m²K)/W</p> <p>Massa: 3.537 Kg/m²</p> <p>Fonte: Rilievo in sito</p> |  <p>A - Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m³)</p> <p>B - Muratura in pietra naturale (3000kg a m³)</p> <p>C - Malta di calce e cemento (1800 kg a m³)</p> |
|---|---|

STRATIGRAFIA

| | Strato | Spessore mm | Conduttività λ W/(mK) | Resistenza R (m ² K)/W | Densità ρ Kg/m ³ | Capacità termica kJ/(kgK) | Fattore μ_a | Fattore μ_u |
|---|--|----------------|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Adduttanza interna (flusso orizzontale) | - | - | 0,130 | - | - | - | - |
| A | Intonaco di calce e gesso (1400 kg a m ³) | 15,0 | 0,700 | 0,021 | 1.400 | 0,84 | 10,7 | 10,7 |
| B | Muratura in pietra naturale (3000kg a m ³) | 1.170,0 | 3,500 | 0,334 | 3.000 | 0,84 | 160,0 | 160,0 |
| C | Malta di calce e cemento (1800 kg a m ³) | 15,0 | 0,900 | 0,017 | 1.800 | 0,84 | 23,5 | 23,5 |
| | Adduttanza esterna (flusso orizzontale) | - | - | 0,040 | - | - | - | - |
| | TOTALE | 1.200,0 | | 0,542 | | | | |

Conduttanza unitaria superficiale interna: 7,690 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale interna: 0,130 (m²K)/W

Conduttanza unitaria superficiale esterna: 25,000 W/(m²K)

Resistenza unitaria superficiale esterna: 0,040 (m²K)/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 | 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 $\Delta P: 444,477 \text{ Pa}$ |
| | 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 $\Delta P: 0 \text{ Pa}$ |

Porta finestra ingresso

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Porta finestra ingresso**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 115 cm

Altezza : 225 cm

Spessore superiore del telaio: 20 cm

Spessore inferiore del telaio: 15 cm

Spessore sinistro del telaio: 20 cm

Spessore destro del telaio: 20 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 10 cm

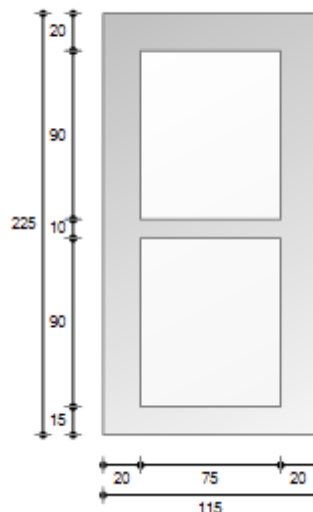
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 1,350 m²

Area del telaio A_f : 1,238 m²

Area totale del serramento A_w : 2,588 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 6,600 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,720 W/(m² K)

Finestre piano seminterrato tipo 1

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano seminterrato tipo 1**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 50 cm

Altezza : 70 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 20 cm

Spessore sinistro del telaio: 15 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

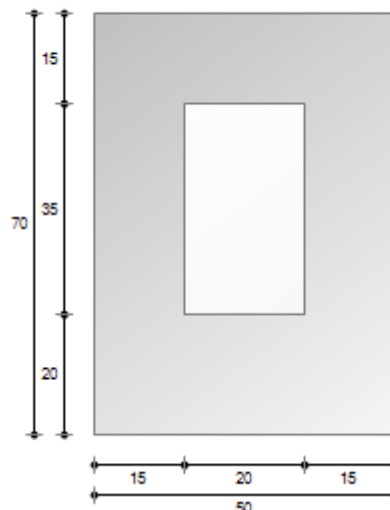
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,070 m²

Area del telaio A_f : 0,280 m²

Area totale del serramento A_w : 0,350 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 1,100 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,262 W/(m² K)

Finestre piano seminterrato tipo 2

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano seminterrato tipo 2**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 115 cm

Altezza : 70 cm

Spessore superiore del telaio: 20 cm

Spessore inferiore del telaio: 20 cm

Spessore sinistro del telaio: 15 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

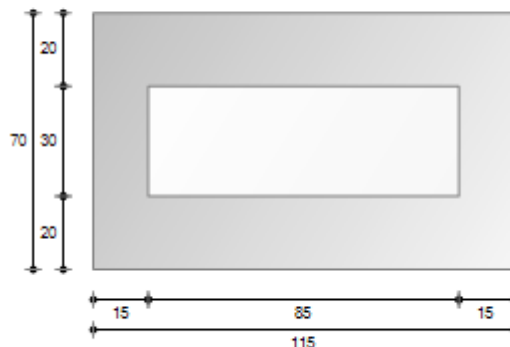
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,255 m²

Area del telaio A_f : 0,550 m²

Area totale del serramento A_w : 0,805 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,300 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,424 W/(m² K)

Finestre piano seminterrato tipo 4

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano seminterrato tipo 4**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 40 cm

Altezza : 70 cm

Spessore superiore del telaio: 25 cm

Spessore inferiore del telaio: 25 cm

Spessore sinistro del telaio: 15 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

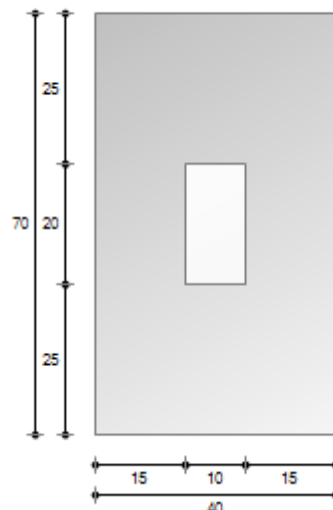
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,020 m²

Area del telaio A_f : 0,260 m²

Area totale del serramento A_w : 0,280 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 0,600 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,005 W/(m² K)

Finestre piano seminterrato e primo

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano seminterrato e primo**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 100 cm

Altezza : 130 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 15 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

Spessore destro del telaio: 12 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 5 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 5 cm

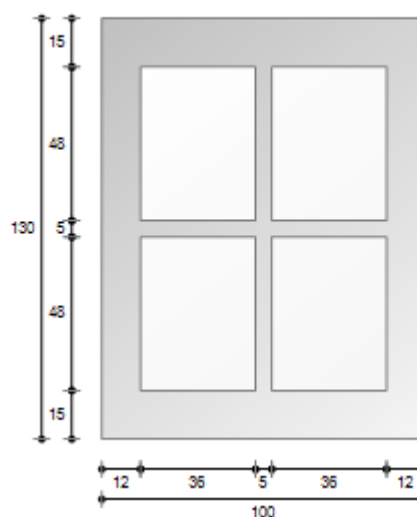
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,675 m²

Area del telaio A_f : 0,626 m²

Area totale del serramento A_w : 1,300 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 6,640 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,869 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la persiana $U_w, CORR$: 2,073 W/(m² K)

Finestre ascensore

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre ascensore**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 80 cm

Altezza : 130 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 20 cm

Spessore sinistro del telaio: 15 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 15 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 25 cm

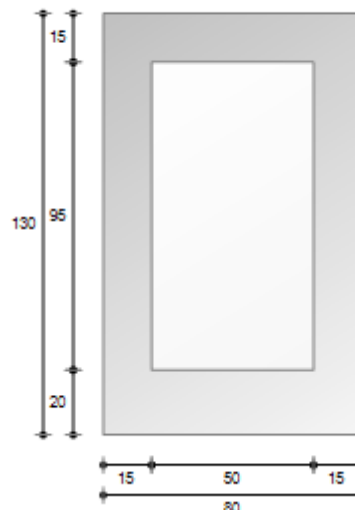
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,475 m²

Area del telaio A_f : 0,565 m²

Area totale del serramento A_w : 1,040 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,900 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,634 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la persiana U_w , CORR: 1,936 W/(m² K)

Finestre piano terra tipo 1

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano terra tipo 1**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 70 cm

Altezza : 110 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 15 cm

Spessore sinistro del telaio: 15 cm

Spessore destro del telaio: 15 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

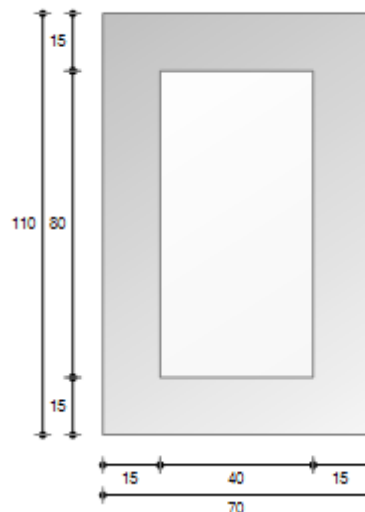
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,320 m²

Area del telaio A_f : 0,450 m²

Area totale del serramento A_w : 0,770 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,400 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,591 W/(m² K)

Trasmittanza termica serramento comprendendo la persiana U_w , CORR: 1,911 W/(m² K)

Finestre piano ammezzato tipo 1

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano ammezzato tipo 1**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 184 cm

Altezza : 210 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

Spessore destro del telaio: 12 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 15 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 25 cm

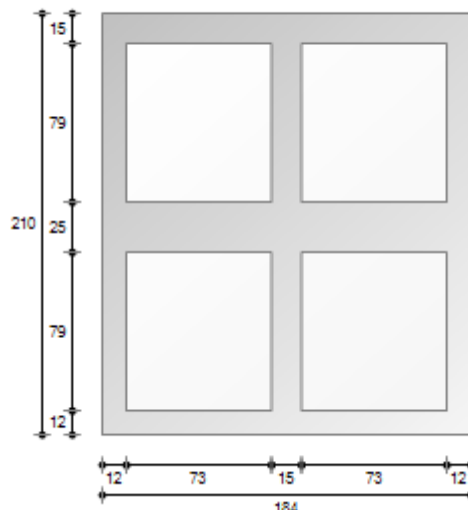
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 2,291 m²

Area del telaio A_f : 1,573 m²

Area totale del serramento A_w : 3,864 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 12,120 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,864 W/(m² K)

Finestre piano ammezzato tipo 2

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano ammezzato tipo 2**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 184 cm

Altezza : 128 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 12 cm

Spessore sinistro del telaio: 12 cm

Spessore destro del telaio: 12 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 15 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

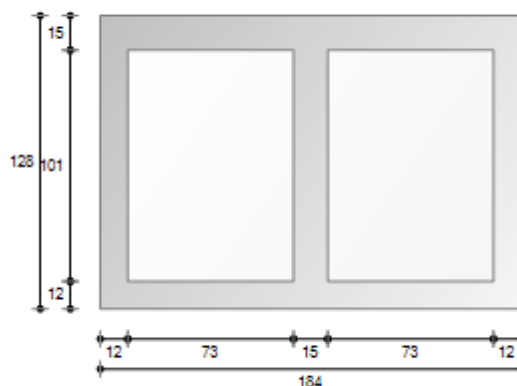
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 1,465 m²

Area del telaio A_f : 0,891 m²

Area totale del serramento A_w : 2,355 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 6,940 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,897 W/(m² K)

Finestre abbaino e piano secondo tipo 1

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre abbaino e piano secondo tipo 1**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 70 cm

Altezza : 85 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

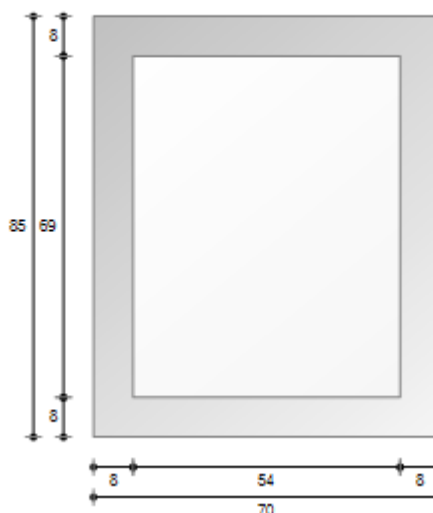
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,373 m²

Area del telaio A_f : 0,222 m²

Area totale del serramento A_w : 0,595 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,460 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,975 W/(m² K)

Finestre abbaino e piano secondo tipo 3

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre abbaino e piano secondo tipo 3**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 70 cm

Altezza : 135 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

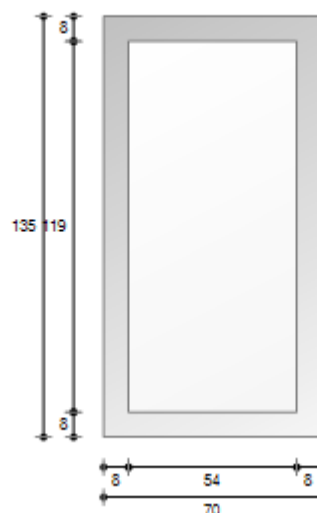
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,643 m²

Area del telaio A_f : 0,302 m²

Area totale del serramento A_w : 0,945 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 3,460 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore sf: 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 3,029 W/(m² K)

Finestre abbaino tipo 2

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre abbaino tipo 2**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 65 cm

Altezza : 135 cm

Spessore superiore del telaio: 20 cm

Spessore inferiore del telaio: 20 cm

Spessore sinistro del telaio: 20 cm

Spessore destro del telaio: 20 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

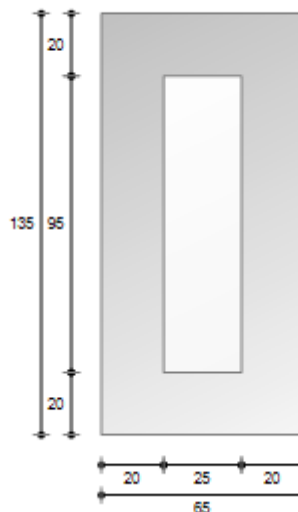
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,238 m²

Area del telaio A_f : 0,640 m²

Area totale del serramento A_w : 0,878 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,400 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,346 W/(m² K)

Finestre abbaino tipo 4

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre abbaino tipo 4**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 70 cm

Altezza : 100 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 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 : 0,454 m²

Area del telaio A_f : 0,246 m²

Area totale del serramento A_w : 0,700 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,760 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,997 W/(m² K)

Finestre abbaino tipo 5

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre abbaino tipo 5**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 70 cm

Altezza : 65 cm

Spessore superiore del telaio: 8 cm

Spessore inferiore del telaio: 8 cm

Spessore sinistro del telaio: 8 cm

Spessore destro del telaio: 8 cm

N° divisioni verticali: 0

Spessore divisioni verticali: 0 cm

N° divisioni orizzontali: 0

Spessore divisioni orizzontali: 0 cm

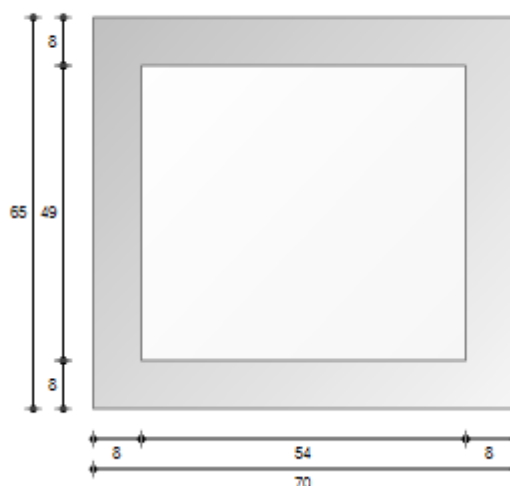
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 0,265 m²

Area del telaio A_f : 0,190 m²

Area totale del serramento A_w : 0,455 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 2,060 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,930 W/(m² K)

Finestre piano secondo

GEOMETRIA DEL SERRAMENTO

Nome del serramento: **Finestre piano secondo**

Descrizione: Serramento in legno con doppio vetro

Larghezza: 154 cm

Altezza : 186 cm

Spessore superiore del telaio: 15 cm

Spessore inferiore del telaio: 15 cm

Spessore sinistro del telaio: 13 cm

Spessore destro del telaio: 13 cm

N° divisioni verticali: 1

Spessore divisioni verticali: 18 cm

N° divisioni orizzontali: 1

Spessore divisioni orizzontali: 25 cm

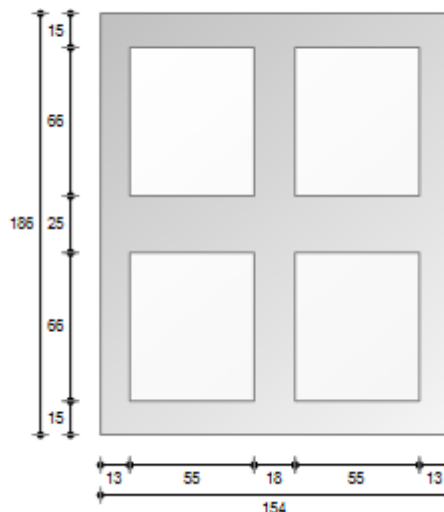
Fonte: **Rilievo in sito**

Area del vetro A_g : 1,441 m²

Area del telaio A_f : 1,423 m²

Area totale del serramento A_w : 2,864 m²

Perimetro della superficie vetrata L_g : 9,640 m



PARAMETRI DEL VETRO E DEL TELAIO

Vetro

Nome del vetro:

Tipologia vetro: Doppio vetro normale

Coefficiente di trasmissione solare g : 0,675

Emissività ϵ : 0,837

Trasmittanza termica vetro U_g : 3,300 W/(m² K)

Telaio

Materiale: Legno

Tipologia telaio: Legno tenero

Spessore s_f : 70 mm

Distanziatore: Metallo

Trasmittanza termica del telaio U_f : 1,767 W/(m² K)

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

PARAMETRI RIASSUNTIVI DEL SERRAMENTO

Trasmittanza termica del serramento U_w : 2,740 W/(m² K)