

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Restauro e la Valorizzazione del Patrimonio A.a. 2021/2022 Sessione di Laurea Febbraio 2022

La riqualificazione energetica degli edifici storici Il caso studio di Palazzo Ferrero della Marmora a Torino

RelatoreProf. Ing. Enrico FABRIZIO

Candidato Akim ZANFORLIN

Alla mia famiglia

INDICE

ABSTRACT	4
PREMESSA	5
CAP. 1 QUADRO NORMATIVO 1.1 Obbiettivi di efficientamento 1.2 La normativa energetica nel settore delle costruzioni 1.3 Norme energetiche rivolte alla generalità degli edifici 1.4 Norme energetiche rivolte agli edifici storici	6 6 7 8 16
CAP. 2 IL PALAZZO FERRERO DELLA MARMORA 2.1 "Arcet et auget" il secondo ampliamento di Torino e la contrada di San Filippo 2.2 L'isola dell'Assunta 2.3 Inquadramento territoriale e urbanistico 2.4 Palazzo Ferrero della Marmora	24 24 26 30 40
CAP. 3 AUDIT ENERGETICO 3.1 Metodologia del processo di modellazione 3.2 Caratterizzazione dei parametri climatici 3.3 Caratterizzazione dell'involucro 3.3.1 Involucro: chiusure opache verticali 3.3.2 Involucro: chiusure trasparenti verticali 3.3.3 Involucro: chiusure opache orizzontali 3.4 Caratterizzazione dell'impianto 3.5 Definizione delle zone termiche 3.6 Apporti termici 3.7 Software di calcolo e risultati della modellazione	59 59 60 63 63 66 67 70 71 77
CAP. 4 VALUTAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA 4.1 Le strategie di miglioramento energetico degli edifici 4.2 Individuazione degli ambiti di intervento 4.3 Individuazione delle possibili strategie da attuare 4.3.1 Intonaco termoisolante esterno 4.3.2 Applicazione a vetro di pellicole basso emissive isolanti 4.3.3 Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica 4.4 Valutazione degli interventi	80 80 86 94 95 100 103
CAP. 5 CONCLUSIONI	111
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	112
NORMATIVA	114

ABSTRACT

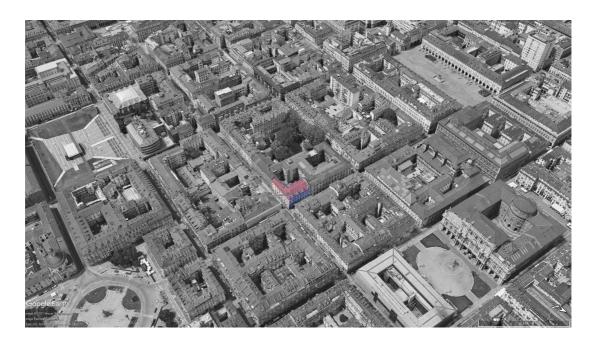
Il presente lavoro tratta il tema della riqualificazione energetica degli edifici storici, in particolare viene indagato un metodo applicativo per determinare gli interventi che consentono di incrementare la qualità energetica degli edifici nel rispetto dei principi della disciplina del restauro.

Il documento è strutturato in quattro capitoli articolati in un inquadramento normativo che consente di comprendere gli atti legislativi e tecnici che disciplinano la materia, una descrizione del caso studio rappresentato da un edificio storico a Torino, lo svolgimento dell'audit energetico con la caratterizzazione di tutti i parametri necessari a determinare la prestazione energetica del caso studio nello stato attuale e la conseguente valutazione dei possibili interventi di miglioramento energetico considerando gli impatti che questi possono avere in termini di benefici e di rischi per l'edificio storico analizzato.

PREMESSA

L'efficienza energetica degli edifici è un tema di attualità tuttavia in Italia viene trattato da circa 50 anni, sono quindi molteplici i riferimenti tecnici e normativi che sono stati emanati al riguardo. Il tecnico incaricato di intervenire su un bene immobile ha diverse possibilità per individuare le strategie che consentono di efficientare al meglio l' edificio. Tuttavia se dai "beni" focalizziamo l'attenzione ai "beni culturali" possiamo notare che le fonti, specialmente normative, sono più recenti e meno numerose, pertanto l'architetto incaricato del progetto di efficientamento si ritrova a dover bilanciare gli aspetti legati alla conservazione, fissati dalla legislazione sulla tutela dei beni culturali, con quelli imposti dalla legislazione sul risparmio energetico che definisce dei limiti prestazionali da raggiungere ma che consente anche la possibilità, per certi ambiti, di avvalersi dell'istituto della deroga.

Il presente studio intende quindi indagare una metodologia di valutazione degli interventi di efficientamento energetico che coniughi gli aspetti dell'efficienza energetica con quelli della tutela dei beni culturali. Tale metodo sarà applicato al caso studio di Palazzo Ferrero della Marmora a Torino, edificio seicentesco ubicato nel centro storico di Torino.



CAP. 1 | QUADRO NORMATIVO

1.1 Obbiettivi di efficientamento

Negli ultimi decenni la normativa energetica ha assunto sempre più rilievo nell'ambito del settore delle costruzioni attraverso l'emanazione di diversi provvedimenti sia a livello europeo che nazionale. Come evidenziato all'interno del rapporto annuale sull'efficienza energetica da parte dell'Enea nel 2020, i consumi energetici in Italia, nel 2018, sono causati per il 43% dal settore civile e di questa quota il 70% è dovuto alla climatizzazione degli edifici (riscaldamento e raffrescamento).

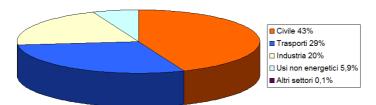


Fig. 1.1 | Consumi energetici finali in italia. Dettaglio per settore, anno 2018. Fonte Enea su base Eurostat [1]

In tale contesto l'Europa, tramite il **Green Deal**, ha definito l'obbiettivo di azzerare le emissioni di gas a effetto serra nel 2050 prevedendo, come obbiettivo intermedio, la riduzione del 55% dei consumi al 2030 rispetto ai livelli del 1990 [2].

Per conseguire tale obbiettivo, a livello europeo, si prevedono diverse linee di azione nei sequenti settori dell'economia:

- Decarbonizzare il settore energetico, dove la produzione e l'uso dell'energia costituisce oltre il 75% delle emissioni di gas ad effetto serra;
- Efficientare energeticamente gli edifici, che assorbono il 40% dei consumi energetici;
- Innovazione industriale, in quanto l'industria europea utilizza solo il 12% di materiali riciclati;
- Efficientare il trasporto provato e pubblico, settore che costituisce il 25% delle emissioni di gas ad effetto serra;

La tematica dell'efficienza energetica delle costruzioni assume particolare rilievo se si osservano le percentuali di edifici realizzati in epoca meno recente rispetto a quelli costruiti secondo le normative di efficienza energetica. Preliminarmente occorre infatti considerare che la prima normativa italiana in tema di efficienza energetica degli edifici risale al 1976.

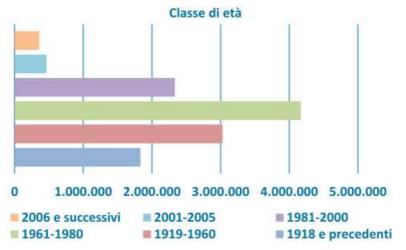


Fig. 1.2 | Numero edifici ad uso residenziale per classe di età. Fonte Enea su base Eurostat [3]

Come desumibile dal grafico di fig. 1.2 si può infatti ricavare che gli edifici residenziali in italia risultano essere costruiti:

2006 e successivi: 3%
2001-2005: 4%
1981-2000: 19%
1961-1980: 34%
1919-1960: 25%
1918 e precedenti: 15%

Il 40% del parco edilizio risulta quindi essere edificato anteriormente al 1961 e se si considerano anche gli edifici costruiti fino al 1980 la percentuale si eleva al 74%.

1.2 La normativa energetica nel settore delle costruzioni

Come enunciato in premessa la tematica dell'efficienza energetica degli edifici è stata trattata da diversi atti normativi nel corso degli anni; al fine di meglio interpretare ed applicare le norme attualmente in vigore pare opportuno ripercorrere i principali provvedimenti che negli anni sono stati emanati in modo da cogliere i principi base che li hanno definiti.

E' possibile suddividere il corpo normativo secondo lo schema riportato nella fig. 1.3.

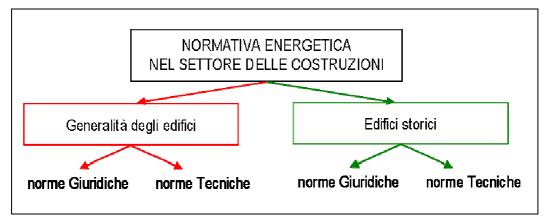


Fig. 1.3 | Suddivisione della normativa energetica nelle costruzioni

Riportando cronologicamente i principali provvedimenti si ottiene il seguente schema temporale:

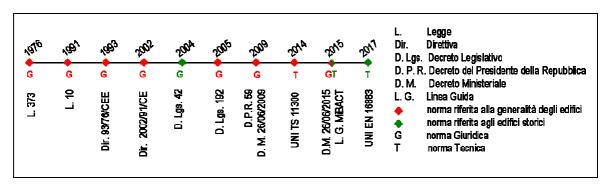


Fig. 1.4 | Principali normative energetiche nel settore delle costruzioni

Dalla linea del tempo è possibile evidenziare come, all'interno del corpus normativo energetico, i riferimenti sugli edifici storici, in particolare quelli inerenti le norme tecniche, siano meno numerosi e più recenti.

Nel seguito verranno evidenziati i contenuti principali dei vari testi normativi.

1.3 Norme energetiche rivolte alla generalità degli edifici

L. 373/1976 "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici". Tale norma, nata nel contesto della crisi energetica conseguente al conflitto arabo-israeliano, prevede l'isolamento termico delle costruzioni definiva norme per la progettazione degli impianti termici.

Come innovazione rispetto al passato la L. 373/1976 introduce un **limite di riferimento** costituito da un determinato valore massimo di dispersione che deve essere rispettato attraverso l'introduzione di un isolamento termico dell'involucro al fine di contenere le dispesioni e

quindi ridurre il fabbisogno di energia.

In seguito la L. 373/1976 fu integrata dal:

- D.P.R. 1052/1977 "Regolamento di esecuzione alla legge 30 aprile 1976, n. 373, relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici" contenente i criteri per l'applicazione della legge e i termini per presentare la relativa relazione tecnica;
- D.M. 10/03/1977 "Determinazione delle zone climatiche e dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici globali di dispersione termica" contenente la definizione delle zone climatiche e la quantificazione del coefficiente di dispersione termica degli edifici;
- D.M. 30/07/1986 "Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici" contenente l'aggiornamento del coefficiente di dispersione termica in funzione del rapporto di forma costituito dal rapporto tra la superficie disperdente ed il volume lordo riscaldato (S/V);

L. 10/1991 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" emanata in attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili di energia. E' stata la prima legge quadro di gestione del sistema edificio/impianto e di definizione degli aspetti di progetto.

La L. 10/1991 venne attuata e regolamentata attraverso:

- D.P.R. 412/1993 "Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4 della legge 9 Gennaio 1991 nr. 10" che suddivideva il territorio nazionale in zone climatiche, dalla A più calda alla F più fredda, e che prevedeva la verifica del Fabbisogno Energetico Normalizzato (FEN) in funzione dei Gradi Giorno (GG) della specifica località del rapporto S/V;
- D.M. 13/12/1993 "Approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991 n. 10, attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici" contenente i modelli tipo per la redazione della relazione energetica prevista dalla L. 10/1991 che doveva contenere l'attestazione di rispondenza del progetto alle previsioni normative in materia di risparmio energetico;

Direttiva 93/76/CEE "Intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE)" emanata a

pochi anni dal Protocollo di Kyoto del 1997, quale accordo internazionale tra i paesi industrializzati a ridurre le emissioni di gas serra, ha avviato il processo che ha portato alle attuali normative in tema di efficienza energetica in edilizia;

Direttiva 2002/91/CE "sul rendimento energetico nell'edilizia" finalizzata a limitare le emissioni di anidride carbonica attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica, da parte dei singoli Stati membri, mediante la realizzazione e attuazione di specifiche linee di intervento relativamente a:

- Isolamento termico delle nuove costruzioni;
- Certificazione energetica degli edifici;
- Controllo periodico degli impianti termici;
- Pagamento degli oneri di riscaldamento, acqua calda sanitariain funzione del consumo effettivo;
- Diagnosi energetiche per imprese ad alto consumo di energia;

D.Lgs. 192/2005 "Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell''edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia" di recepimento della Direttiva europea 2002/91/CE, integrato e modificato dal D.Lgs. 311/2006, stabilisce i criteri e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo delle fonti rinnovabili contribuendo così alla limitazione delle emissioni di gas serra.

Il decreto disciplina:

- La metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- L'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- I criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- Le ispezioni periodiche degli impianti termici;
- La promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali;

Relativamente all'applicazione del decreto vengono individuate diversi ambiti di intervento:

- Progetti di nuove costruzioni e relativi impianti;
- Ristrutturazione di edifici:
- Nuova installazione o ristrutturazione di impianti in edifici esistenti;

Vengono previste delle categorie di edifici e di impianti per le quali il decreto non si applica:

Edifici di particolare interesse storico;

Art. 3 – Ambito di intervento

comma 3 lett. a)

Sono escluse dall'applicazione del presente decreto le seguenti categorie di edifici:

a) gli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio, fatto salvo quanto disposto al comma 3-bis;

comma 3-bis

Per gli edifici di cui al comma 3, lettera a), il presente decreto si applica limitatamente alle disposizioni concernenti:
a) l'attestazione della prestazione energetica degli edifici, di cui all'articolo 6;
b) l' esercizio, la manutenzione e le ispezioni degli impianti tecnici. di cui all'articolo 7.

comma 3-bis 1

Gli edifici di cui al comma 3, lettera a), sono esclusi dall'applicazione del presente decreto ai sensi del comma 3-bis, solo nel caso in cui, previo giudizio dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione ai sensi del codice di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, il rispetto delle prescrizioni implichi un'alterazione sostanziale del loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai profili storici, artistici e paesaggistici.

- Fabbricati industriali, artigianali e agricoli riscaldati solo per esigenze produttive;
- Fabbricati isolati con superficie utile < 50 mg;
- Impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati, in parte non preponderante, per gli usi tipici del settore civile;

Viene stabilito che al termine dei lavori di costruzione o ristrutturazione di un immobile lo stesso sia dotato di un **attestato di certificazione energetica** e che tale certificato deve essere allegato in vendita o locazione immobiliare.

L'attestato di certificazione energetica ha una validità temporale massima di 10 anni e comunque deve essere aggiornato in ogniqualvolta venga effettuato un intervento che modifichi la prestazione energetica dell'edificio o dell'impianto.

D.P.R. 59/2009 "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento

energetico in edilizia" costituisce l'attuazione del D.Lgs. 192/2005. In particolare vengono introdotte tre nuove definizioni che si aggiungono a quelle già indicate dal D.Lgs. 192/05: sono i sistemi filtranti, la trasmittanza termica periodica Y_{IE} e le coperture a verde. Tra queste particolare importanza riveste la **trasmittanza termica periodica Y_{IE}**, che è definita come il parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore. La determinazione dell'entità di tale trasmittanza avviene attraverso la metodologia di calcolo proposta dalla la norma UNI EN ISO 13786:2008 "Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo".

.

La trasmittanza termica periodica è un parametro dinamico che considera le condizioni di temperatura e flusso variabili nel tempo sui due lati della struttura presa in esame. Nel regime stazionario, il flusso è costante in ogni punto della struttura e la distribuzione della temperatura è in funzione della conducibilità termica dei materiali che compongono la struttura stessa. Invece se si considerano condizioni al contorno variabili nel tempo, il flusso varia all'interno del corpo e la distribuzione di flusso e temperatura dipendono anche dall'inerzia termica dei materiali che costituisce la capcaità di accumulare calore per poi rilasciarlo successivamente.

Relativamente ai metodi di calcolo, viene prescritta l'adozione delle norme tecniche:

- UNI/TS 11300 1 Prestazioni energetiche degli edifici Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- UNI/TS 11300 2 Prestazioni energetiche degli edifici Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;

Rimangono immutati gli adempimenti amministrativi relativi alla documentazione di progetto da predisporre e consegnare all'ufficio tecnico comunale contestualmente alla dichiarazione di fine lavori, resta infatti l'obbligo di consegnare:

- L'attestato di qualificazione energetica asseverato dal Direttore dei Lavori;
- L'asseverazione del Direttore dei Lavori della conformità delle opere rispetto alla relazione tecnica di cui alla L. 10/1991 al progetto e alle sue eventuali varianti in corso d'opera;

D.M. 26/06/2009 "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" le linee guida stabiliscono che la prestazione

energetica complessiva dell'edificio è espressa attraverso **l'indice di prestazione energetica globale EPgl**

 $EP_{gl} = EP_i + EP_{ac}S + EP_e + EP_{ill}$

EP_i: è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale:

EPacs: è l'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria;

EP_e: è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva; EP_{ill}: è l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale;

I vari indici di prestazione energetica esprimono il consumo di **energia primaria**, specificatamente per l'utilizzo considerato, riferiti all'unità di superficie utile o di volume lordo a seconda della destinazione d'uso. Il decreto prevede che nella fase iniziale di applicazione della certificazione per la definizione dell'indice di prestazione energetica globale si considerino solamente gli indici di prestazione relativi alla climatizzazione estiva e alla produzione di acqua calda sanitaria.

Sulla base delle casistiche possibili possono essere utilizzate diverse metodologie per la determinazione della prestazione energetica degli edifici, in particolare si considera:

- il metodo di calcolo di progetto prevede la valutazione della prestazione energetica sulla base dei dati progettuali dell'edificio come costruito e dei vari sistemi impiatistici a servizio dell'edificio. Questo metodo è utilizzato nel caso di nuove costruzioni o di ristrutturazioni intergali per la predisposizione dell'attestato di qualificazione energetica e della relazione tecnica di rispondenza del progetto alle prescrizione per il contenimento dei consumi energetici;
- Il metodo di **calcolo da rilievo sull'edificio** il quale prevede la valutazione della prestazione energetica sulla base di dati tecnici ricavati da indagini svolte direttamente sull'edificio esisente;

Il calcolo degli indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria relativamente al metodo calcolato di progetto avviene secondo le metodologie riportate dalle norme UNI/TS 11300-1 e UNI/TS 11300-2.

Relativamente al metodo di calcolo da rilievo sull'edificio si possono utilizzare le citate norme UNI/TS oppure il sistema di calcolo DOCET predisposto da CNR ed ENEA.

A seguito della determinazione dell'indice di prestazione energetica globale viene attribuita la classe energetica all'edificio sulla base di un intervallo convenzionale di riferimento contrassegnato da lettere in ordine decrescente dalla classe A+ alla G; in particolare, relativamente alla climatizzazione invernale, viene posto come limite

di separazione tra classi C e D il valore soglia previsto dal D.Lgs. 192/2005 a partire dal 01/01/2010.

WIUNI/TS 11300-1:2014 e UNI/TS 11300-2:2019 costituiscono la metodologia di calcolo per determinare la prestazione energetica degli edifici e degli impiant e prevedono diverse metodi di valutazioni: design rating il calcolo di progetto;

asset rating valutazione energetica degli edifici attraverso il calcolo in condizioni standard:

tailored rating valutazione energetica degli edifici in particolari condizioni climatiche e di esercizio;

UNI/TS 11300-1:2014 "prestazioni energetiche degli edifici: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale" viene definito il fabbisogno di energia termica ed il fabbisogno di energia primaria per il bilancio energetico invernale.

il metodo di calcolo è mensile, per ogni zona termica del'edificio, in regime stazionario e con determinate condizioni standard:

- la temperatura interna invernale è pari a 20°C per tutte le destinazioni ad eccezione delle piscine saune o assimilabili per le quali è prevista una temperatura di 28°C e le palestre o assimilabili con una temperatura di 18°C
- i dati climatici sono quelli definiti dalla UNI 10349 comprendenti le medie mensili delle temperaure esterne, l'irradianza solare totale media mensile sia sul piano orizzontale che per ciascun orientamento;
- la stagione di riscaldamento viene definita in conformità al D.P.R. 412/92 per le diverse zone climatiche.

La definizione del fabbisogno netto di energia dell'involucro avviene attraverso il bilancio energetico invernale per ogni zona dell'edificio e per ogni mese e viene determinato considerando gli scambi termici per trasmissione e ventilazione dell'edificio quando questo viene riscaldato a temperatura costante e con il contributo di apporti termici interni e solari:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,qn} (Q_{int} + Q_{sol})$$

dove:

Q_{H,nd} è il fabbisogno netto di energia per il riscaldamento;

Q_{H.tr} è l'energia scambiata per trasmissione;

Q_{H,ve} è l'energia scambiata per ventilazione;

η_{H,an} è il fattore di utilizzazione degli apporti termici;

Q_{int} sono ali apporti termici interni:

Q_{sol} sono gli apporti termici solari;

L'energia scambiata per trasmissione viene calcolata:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t$$

dove:

 $H_{\text{tr,adj}}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;

 $\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscladamento della zona considerata;

 θ_e è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno; t è la durata del mese considerato;

L'energia scambiata per ventilazione il calcolo viene effcalcolata:

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t$$

dove:

 $H_{\text{ve,adj}}$ è il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno-esterno;

 $\theta_{int,set,H}$ è la temperatura interna di regolazione per il riscladamento della zona considerata:

 $\theta_{\rm e}$ è la temperatura media mensile dell'ambiente esterno; t è la durata del mese considerato;

Gli apporti termici interni e solari si calcolano:

$$Q_{\text{int}} = \left[\sum_{k} \Phi_{\text{int,mn,k}} \right] t + \left[\sum_{l} (1 - b_{\text{tr,l}}) \Phi_{\text{int,mn,u,l}} \right] t$$

$$Q_{\text{sol}} = \left[\sum_{k} \Phi_{\text{sol.mn.}k} \right] t + \left[\sum_{l} (1 - b_{\text{tr.}l}) \Phi_{\text{sol.mn.}u.l} \right] t$$

Dove le due sommatorie si riferiscono rispettivamente ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, inoltre:

 $b_{tr,l}$ è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l-esima oppure il flusso termico l-esimo di origine solare;

 $\Phi_{\text{int,mn,k}}$ è il flusso termico prodotto dalla *k*-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

 $\Phi_{\text{int,mn},u,l}$ è il flusso termico prodotto dalla *l*-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo;

 $\Phi_{\text{sol,mn,k}}$ è il flusso termico k-esimo di origine solare, mediato sul tempo; $\Phi_{\text{sol,mn,u,l}}$ è il flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo, espresso in W.

UNI/TS 11300-2:2019 "prestazioni energetiche degli edifici: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti

per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria".

La norma fornisce dati e metodi per la determinazione:

- del fabbisogno di energia utile per acqua calda sanitaria;
- dei rendimenti e dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari;
- dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria;
- dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria;

D.M. 26/06/2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" il decreto ha modificato i criteri di redazione dell'attestato di prestazione energetica degli edifici, in particolare la classificazione è stata variata in funzione dell'edificio di riferimento ossia una costruzione con medesime caratteristiche geometriche, di destinazione d'uso, di ubicazione e orientamento di quella analizzata ma con prestazioni dell'involucro e dell'impianto predeterminati. Tale modello servirà per il confronto con l'edificio reale e la classificazione avverrà in funzione dello scarto dell'energia prmaria tra i due edifici.

Vengono definiti dei valori limite in caso di interventi classificati come:

- Nuova costruzione;
- Ristrutturazione importante;

1.4 Norme energetiche rivolte agli edifici storici

D.Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" il decreto, che abroga il previgente D.Lgs. 490/1999 "Testo unico dei beni culturali ed ambientali", contiene, in attuazione dell'art. 9 della Costituzione, i precetti finalizzati a tutelare e valorizzare il patrimonio culturale che viene definito come:

Art. 2 - Patrimonio culturale

comma 1

Il patrimonio culturale è costituito dai beni culturali e dai beni paesaggistici.

comma 2

Sono beni culturali le cose immobili e mobili che, ai sensi degli articoli 10 e 11, presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnoantropologico, archivistico e bibliografico e le altre cose individuate dalla legge o in base alla legge quali testimonianze aventi valore di civiltà.

comma 3

Sono beni paesaggistici gli immobili e le aree indicati all'articolo 134, costituenti espressione dei valori storici, culturali, naturali, morfologici ed estetici del territorio, e gli altri beni individuati dalla legge o in base alla legge.

Il Codice prevede un'**individuazione dei beni culturali** differenziata in funzione del loro regime di proprietà, pubblica o privata, e in considerazione dei seguenti criteri:

Proprietà	Tipologia bene	Epoca realizzazione	Autore	Modalità di individuazione del carattere di culturalità
(art. 10 c.1) _Pubblica _Persone giuridiche private senza fine di lucro _Enti ecclesiastici	_Immobile _Mobile	> 70 anni	Non più vivente	Procedimento (art. 12) di verifica dell'interesse culturale
(art. 10 c.2) _Pubblica	_Mobile ¹	-		Riconoscimento ope legis dell'interesse culturale
(art. 10 c.3) _Privata _Pubblica	_Immobile _Mobile	> 70 anni ²	Non più vivente	Procedimento (art. 14) di verifica dell'interesse culturale particolarmente importante o eccezionale

A seguito dell'emanazione del provvedimento di dichiarazione dell'interesse culturale da parte del soprintendente, ai sensi dell'art.13, che oltre ad essere notificata al proprietario dovrà essere trascritto, per i beni immobili, presso la Conservatoria dei Registri Immobiliari, il bene è sottoposto alle misure di tutela previste dal decreto le quali si concretizzano in obblighi di fare e di non fare da parte del proprietario, oltre che in obblighi di vigilanza da parte degli Enti preposti.

¹ Trattasi di a) raccolte di musei, pinacoteche, gallerie e altri luoghi espositivi dello Stato, delle regioni, degli altri enti pubblici territoriali, nonché di ogni altro ente ed istituto pubblico;

b) gli archivi e i singoli documenti dello Stato, delle regioni, degli altri enti pubblici territoriali, nonché di ogni altro ente ed istituto pubblico:

c) le raccolte librarie delle biblioteche dello Stato, delle regioni, degli altri enti pubblici territoriali, nonché di ogni altro ente e istituto pubblico, ad eccezione delle raccolte che assolvono alle funzioni delle biblioteche indicate all'articolo 47, comma 2, del d.P.R. 24 luglio 1977, n. 616.

² Ai sensi dell'art. 10 c. 5 il periodo è pari a 50 anni nel caso delle cose individuate dall'art. 10 c. 3 lett. *d-bis*) : cose a chiunque appartenenti che presentano un interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico eccezionale per l'integrità e la completezza del patrimonio culturale della Nazione.

Relativamente agli obblighi in capo al proprietario di un bene immobile dichiarato di interesse culturale si ricorda:

- Obbligo di conservazione, i beni non possono essere distrutti, deteriorati, danneggiati o adibiti ad usi non compatibili con il loro carattere storico o artistico oppure tali da recare pregiudizio per la loro conservazione;
- Richiesta di autorizzazione al soprintendente nel caso di esecuzione di opere e lavori di qualunque genere;

Da quanto precede si evidenzia come, relativamente agli aspetti di tutela, il decreto, in conformità ai principi del restauro, prescrivi come criterio di valutazione degli interventi da eseguirsi sui beni culturali quello della **conservazione materica**. Tale principio, precisato all'interno dell'articolo 1 del decreto, è finalizzato a preservare la memoria della comunità nazionale e del territorio ed è ripreso ed attuato dalle specifiche norme di efficienza energetica degli edifici.

LINEE DI INDIRIZZO MiBACT Ottobre 2015 "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" le linee di indirizzo, che al loro interno richiamano le "Linee guida sull'efficienza energetica degli edifici storici" edite dall'Associazione Italiana Condizionamento dell'aria, Riscaldamento e Refrigerazione, hanno la finalità di fornire, ai progettisti e ai funzionari del Ministero dei Beni e delle attività culturali e del turismo, le indicazioni per la valutazione ed il miglioramento della prestazione energetica del patrimonio culturale tutelato in riferimento alla normativa nazionale.

Come precedentemente evidenziato, il D.Lgs. 192/2005 prevede che nel caso di interventi di efficientamento energetico su edifici tutelati ai sensi del D.Lgs, 42/2004 se gli stessi comportano un'alterazione sostanziale del carattere o dell'aspetto della fabbrica, con particolare riferimento ai profili storici, artistici e paesaggistici, la soprintendenza competente potrà escludere l'obbligo di intervento per il specifico bene culturale preso in esame. Tuttavia questa possibilità di deroga espressamente prevista dalla normativa vuole essere mitigata dalle linee di indirizzo del MiBACT, cercando di definire dei criteri di intervento che consentano, specialmente considerando gli i criteri di efficienza cui è tenuta la Pubblica Amministrazione, di poter adempiere anche se in modo parziale, agli obbiettivi di risparmio energetico e di abbattimento dell'emissione dei gas ad effetto serra garantendo l'esigenza di tutela dei beni culturali.

Il documento è costituito da 7 sezioni e da un'appendice:

- 1- Oggetto delle linee di indirizzo;
- 2- Conoscenza dei contesti:
- 3- Valutazione dell'efficienza energetica per il patrimonio culturale;
- 4- Miglioramento dell'efficienza energetica per il patrimonio culturale;

- 5- Schede illustrative:
- 6- Bibliografia generale;
- 7- Glossario:

Appendice- Scheda dati relativa alla conoscenza del contesto;

L'approccio metodologico non diferisce da quello adottato dalla disciplina del restauro, si prevedono pertanto delle fasi di:

- Conoscenza, riferita sia al contesto che al fabbricato oggetto di analisi. Tale fase, che deve comprendere tutto il sistema edificioimpianto, viene condotta attraverso l'analisi di fonti documentarie ed archivistche, fonti bibliografiche e osservazioni dirette a mezzo di rilievi fotografici, morfologici, materici e di esposizione;
- Interpretazione, attraverso la valutazione del comportamento energetico dell'edificio che dovrà essere condotta mediante la redazione di una diagnosi energetica;
- Progetto, con la definizione degli interventi di efficientamento da realizzarsi;

Relativamente alla **diagnosi energetica** le linee di indirizzo specificano che si tratta di attuare una procedura sistematica finalizzata a:

- Definire il bilancio energetico del sistema edificio impianto e individuare i possibili recuperi delle energie disperse;
- Valutare le condizioni di benessere temoigrometrico e di sicurezza nonché di individuare le soluzioni da attuare per il risparmio energetico;
- Valutare le soluzioni proposte dal punto di vista tecnico-economico e ottimizzare le modalità di gestione del sistema edificio-impianto al fine di ridurre i costi di gestione;

Vengono individuati tre livelli di approfondimento:

I livello diagnosi leggera

- Richiede un'ispezione visiva del sistema edificio/impianto e può prevedere l'analisi dei consumi per analizzare le quantità ed i profilo di uso dell'energia e fornire un elemento di confronto con valori medi di riferimento:
- E' il livello più economico che tutavia fornisce un elenco delle possibilità di risparmio, conseguibili con bassi investimenti, da realizzare principalmente con procedure interne di gestione e manutenzione e con la relativa quantificazione del risparmio potenzialmente conseguibile;
- Utilizzata come analisi preliminare e come supporto alla decisione di approfondire o meno lo studio con le diagnosi dei livelli successivi;

Il livello diagnosi standard

- Richiede la quantificazione degli usi e delle dispersioni di energia e l'analisi economica delle misure di risparmio energetico;
- Comporta l'impiego delle procedure di calcolo definite dalle norme tecniche UNI TS 11300;

III livello diagnosi dettagliata

- Richiede la quantificazione dettagliata degli usi e delle dispersioni di energia, specializzata per funzione e/o destinazione d'uso, e in una valutazione dei profili d'uso dell'energia mediante l'impiego di programmi di calcolo di simulazione dinamica;
- E' il livello più costoso sia al punto di vista economico che temporale, è giustificabile qualora la complessità del sistema analizzato non possa essere trattato con correttezza con i livelli precedenti;

Fig. 1.5 | Livelli di diagnosi energetica, Linee di indirizzo MiBACT 2015

WUNI EN 16883:2017 "Conservazione dei beni culturali – linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici" la norma contiene una metodologia per la definizione degli interventi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici storici e la riduzione dell'emissione di gas ad effetto serra che siano compatibili con l'esigenza di conservazione dell'edificio stesso.

La norma non è relativa ai soli edifici classificati ai sensi del D.Lgs. 42/20004 ma si applica a tutti gli edifici storici, di ogni tipologia ed età per i quali si rende necessario grantire la conservazione che viene intesa come:

«L'insieme delle misure e delle azioni finalizzate alla salvaguardia di un edificio storico nel rispetto della sua importanza culturale, inclusa la sua accessibilità alle generazioni presenti e future»

In base ai principi stabiliti dalla norma, l'intervento deve preservare:

- L'autenticità che deve essere intesa sia ad un livello materico che culturale secondo il carattere attribuito alla fabbrica;
- L'integrità valutata sottol'aspetto fisico e quello di unità concettuale;
- Il valore culturale attribuito dagli individui e dalla società;

Poiché la conservazione non tiene conto solo del momento iniziale in cui si colloca l'intervento ma deve programmare la gestione futura affinchè sia garantita la conservazione nel tempo del bene, la norma individua quattro ambiti che devono essere monitorati al fine di ottenere una gestione sostenibile degli edifici storici, in particolare:

Sostenibilità AMBIENTALE Sostenibilità ECONOMICA I materiali e l'energia utilizzati Occorre valutare l'intervento su all'interno del ciclo di vita dell'edificio un arco temporale a lungo termine e su dovrebbero provenire principalmente da tale periodo occorrerà valutare i fattori risorse rinnovabili. economici tra cui i ricavi ed i costi Occorre limitare le rimozioni e sostituzioni operativi dell'edificio dagli edifici esistenti poiché comportano dispendio di risorse e impiego di energia Sostenibilità CULTURALE Sostenibilità SOCIALE L'edificio storico, con il suo La gestione dell'edificio deve consentire che il suo valore utilizzo, deve contribuire a livello culturale sia mantenuto anche per le locale e sociale alla caratterizzazione generazioni future estetica e sociale.

Fig. 1.6 | Ambiti di monitoraggio relativi alla gestione sostenibile degli edifici storici, UNI EN 16883

La UNI EN 16883 definisce una procedura per la scelta degli interventi migliorativi della prestazione energetica dove gli obbiettivi vengono valutati, ed eventualmente, ricalibrati in base agli esiti delle analisi condotte.



Fig. 1.7 | Procedura per la scelta degli interventi migliorativi negli edifici storici, UNI EN 16883

La fase della valutazione delle misure di efficientamento energetico, che può essere riferita alla totalità dell'edificio o solo ad una sua parte, viene condotta considerando l'impatto che le misure stesse hanno sull'edificio in termini di rischi o benefici secondo una scala ordinale riferita a diversi criteri di valutazione proposti per i diversi obbiettivi individuati dalla check list contenuta nella norma.

Nell'analisi degli impatti non è possibile effettuare una mera sommatoria degli effetti delle varie misure ma occorre considerare l'interrelazione esistente tra le stesse e qualora l'esito evidenziasse il mancato raggiungimento dell'obbiettivo occorrerà procedere secondo un processo iterativo che dovrà prevedere nuove misure da attuare le quali dovranno essere sottoposte ad una nuova valutazione. Nel caso le conclusioni non siano soddisfacenti, così come evidenziato nella procedura, dovranno essere riconsiderati gli obbietti al fine di poter individuare delle soluzioni che consentano l'equilibrio tra le esigenze di efficientamento e di conservazione della fabbrica storica.

Obbiettivo	Criterio di valutazione	Misura x	Misura V
	Rischi igrometrici		
	Rischi strutturali		
	Rischi di corrosione		
Compatibilità tecnica	Rischi di reazione salina		
	Rischi biologici		
	Reversibilità		
Significato culturale	Rischio di impatto materico		
dell'edificio e del suo ambiente	Rischio di impatto visivo		
	Rischio di impatto spaziale		
	Costi di capitale		
Sostenibilità	Costi operativi		
economica	Ritorno economico		
	Risparmio economico		
Energia	Prestazione energetica, classificazione di energia primaria totale		
	Prestazione energetica, classificazione di energia primaria non rinnovabile		
	Prestazione energetica, classificazione di energia primaria rinnovabile		
	Richiesta di energia nel ciclo di vita		

Obbiettivo Criterio di valutazione		Misura	Misura
Obbiotitio		X	У
	Condizioni ambientali interne idonee per preservare il contenuto dell'edificio		
Qualità dell'ambiente	Condizioni ambientali interne idonee per preservare il fabbricato dell'edificio		
interno	Condizioni ambientali interne idonee per raggiungere livelli di comfort per gli occupanti		
	Emissione di altre sostanze dannose		
Impatto sull'ambiente	Emissioni di gas a effetto serra da misure implementate ed esercizio		
esterno	Emissione di altre sostanze dannose		
	Risorse naturali		
	Influenza sull'uso e sugli utenti dell'edificio		
	Conseguenze del cambiamento della destinazione d'uso		
Aspetti dell'uso	Conseguenze dell'aggiunta di nuovi ambienti tecnici		
	Abilità degli utenti di gestire e far funzionare i sistemi di controllo		

Fig. 1.8 | Check list di valutazione degli obbiettivi, UNI EN 16883

Per ogni misura, all'interno della specifica colonna, andrà inserita la valutazione riferita alla scala seguente:

Rischio alto	Rischio basso	Neutro	Benefici bassi	Benefici alti

Fig. 1.9 | Scala di valutazione degli impatti degli interventi migliorativi negli edifici storici, UNI EN 16883

CAP. 2 | IL PALAZZO FERRERO DELLA MARMORA

2.1 "Arcet et auget" il secondo ampliamento di Torino e la contrada di San Filippo

«Arcet et auget» (difende e accresce) è il motto di Carlo Emanuele II di Savoia a memoria dell'inizio dei lavori dell'ampliamento del 1673 di Torino, ad opera di Amedeo di Castellamonte. Tale ampliamento, il secondo della città, si sviluppò verso est in direzione del fiume Po e mantenne la trama viaria originaria, ad eccezione della attuale via Po che fu orientata in modo da collegarsi con il ponte sul fiume, con nuove abitazioni allineate e di altezza uniforme, nuovi palazzi con giardini all'interno, nuovi edifici religiosi nonché luoghi di cultura e di assistenza. Le memorie di Carlo Emanuele II riportano l'istanza del nuovo intervento:

«Per l'aumento della popolazione, per nobilitare Torino colla costruzione di accademie, collegi di nobili e molti altri luoghi pubblici per l'esercizio delle virtù nobili al fine di atitrarvi artefici, negozianti, banchieri ed altri virtuosi forestieri, rendendola insigne e comoda» [4]

Vennero definite le regole da rispettare per le costruzioni private da costruirsi da parte dei privati, tra queste si ricordano due provvedimenti di Madama Reale Giovanna Battista: il primo del 16/12/1675 permetteva:

«di far le fabriche con gli ornamenti, che piacerà, con ciò però, che le fabriche siano in altezza almeno di trè piani, e verso le strade pubbliche non si lascino alcuni giardini, ò muraglie più basse delle suddette di trè piani» [5]

Mentre il secondo datato 22/01/1678, derogando in parte il precedente, consentiva:

«di poter fare Cortili e Giardini, che si estendino sino alle strade pubbliche in larghezza sino à trabucchi cinque, purche non si incontrino detti Giardini, ò Cortili sopra le cantonate di dette strade. le quali intendiamo, che siano occupate dalle fabriche delle Case, e con dichiaratione, che volendo due vicini valersi di questo beneficio non possano fare detti Giardini, ò Cortili congionti insieme sopra la medesima linea di strada, ma che debbano esserui fraposti qualche corpi di fabriche per non deformare troppo notabilmente il corso di dette strade. Permettiamo parimente, che quelli, i quali non hauranno il modo di alzare le loro Case à trè piani, le alzino solamente à due, del qual priuilegio, come pure da quello de' suddetti Giardini, e Cortili saranno esclusi li siti posti sopra la strada che pricipia dalla Cittadella, e passa in testa alla Piazza Reale, e tramedia la nuoua Piazza Carolina, la qual strada per essere la più lunga di questa Città, intendiamo altresì, che rieschi più riquardevole, che sia possibile» [6]

La deroga prevista dal provvedimento del 1678 non era applicabile per la contrada di San Filippo, (l'attuale via Maria Vittoria) nel tratto tra la piazza Reale (piazza San Carlo) e piazza Carlina (piazza Carlo Emanuele II) in quanto tale strada costituiva una importante direttrice tra la cittadella ed il Po e si configurava come un'unione della maglia urbana, in continuità con il primo ampliamento, pertanto occorreva rispettare le precrizioni previste volte a garantire la necessaria magniloquenza.

Sulla contrada di San Filippo si realizzarono quindi costruzioni di edilizia residenziale di pregio che definirono il carattere della via non essendo prevista una vocazione commerciale essendo presenti due mercati nelle limitrofe piazze Reale e Carlina; tra gli edifici realizzati nella nuova contrada si annovera:

- Palazzo degli Asinari di San Marzano, 1684 (via Maria Vittoria 4) ora palazzo Turati in cui ha avuto sede la ditta Vermouth "G. B. Carpano". Realizzato dall'architetto Michelangelo Garove e sucessivamente modificato da Benedetto Alfieri in particolare nelle decorazion interne; guide di Torino del XIX secolo indicano la presenza di rare piante esotiche all'interno del giardino a cura del dott. Bellardi, botanico di Cigliano Vercellese;
- Collegio dei Nobili, fine 1600 (via Maria Vittoria 3) ora Accademia delle Scienze. Progetto di Guarino Guarini;
- Chiesa di San Filippo Neri, 1675 (via Maria Vittoria 5). Progetto di Guarino Guarini e sucessivamente intervento di Filippo Juvarra a seguito del crollo della cupola nel 1714. Dalla titolazione della chiesa deriva la prima indicazione toponomastica della via;
- Palazzo Giaglione, 1675 (via Maria Vittoria 12) ora palazzo Dal Pozzo della Cisterna sede della Città Metropolitana di Torino;
- Palazzo Coardi di Carpeneto (via Maria Vittoria 26). Rimaneggiato nel tempo ma da alcuni elementi conservati se ne attribuisce l'opera ad Amedeo di Castellamonte;

Sucessivamente nella contrada di San Filippo alla vocazione totalmente residenziale si aggiunse quella commerciale con l'apertura di botteghe e di antiquariato le quali contribuirono a rafforzare il carattere aulico della via. Nel 1880 la via, nel tratto tra l'attuale piazza San Carlo e fino al Po fu denominata via Maria Vittoria a memoria della pincipessa della Cisterna ed è su tale via, al civico 16, all'interno dell'isola dell'Assunta che nel 1673 venne edificato il palazzo Gallinati, ora palazzo Ferrero della Marmora oggetto del presente studio.



Fig. 2.1 | Pianta di Torino 1796 con l'indicazione dei proprietari delle case e la distinzione delle chiese. In rosso è evidenziato il palazzo Ferrero della Marmora all'interno dell'isola dell'Assunta [7]

2.2 L'isola dell'Assunta

Nell'ambito del secondo ampliamento, sul vecchio fosso della città con le mura ed il terrapieno antistante, viene definito l'isola dell'Assunta all'interno del quale erano presenti i terreni oggetto di vendita con biglietto del 20/07/1675 da parte di Madama Giovanna Battista al conte di Giaglione il quale, con atto del 09/08/1675, acquistò un appezzamento di terreno di tavole 56, piedi 8 e oncie 6 che successivamente ampliò nel 1676 con biglietto e relativo atto di tavole 20, piedi 1 e oncie 6 [8].

Ma l'isola dell'Assunta venne edificata prima del 1675, anno in cui avvenne la vendita dei terreni al conte di Giaglione, infatti gli atti nella definizione delle coerenze riportano il sito e la fabbrica, a levante, del generale Francesco Giacinto Gallinati il quale ebbe per primo all'interno dell'isola un'area all'incrocio della contrada di San Filippo e degli Ambasciatori (attuale via Bogino) sulla quale edificò una costruzione angolare verso il 1673.

Nel 1754 il palazzo risulta, da una mappa redatta sulla base di un censimento del Comune di Torino antecedente di due anni, di proprietà del marchese della Marmora e sempre in capo a tale famiglia risulta nel 1856 secondo la "Guida alle case dela città e sobborghi di Torino" del Mantegazza. Nel 1866 a seguito della revisione toponomastica e della numerazione delle porte [9] la proprietà del palazzo è attribuita al cav. Giuseppe Treves di Bonfigli.

Tab. 2.1 | Proprietari e variazioni toponomastiche nel 1866 [10]

Proprietario	Via antica denominazione	N. porta antico	Via nuova denominazione	N. porta nuovo
Del Pozzo della Cisterna madre e figlia	Dell'Ospedale Mad. Angeli	16 18 20	Carlo Alberto	11 9 7
madre e ligila	S. Filippo ³	16 13 15		15 14 12
Treves di Bonfigli cav. Giuseppe	S. Filippo	11		16
Seyssel d'Aix marchese Claudio	Ambasciatori	5	Bogino	12 14
Del Carretto Gorzegno di Moncrivello marchese Carlo	Ambasciatori	3	Bogino	16
Barbaroux Giac. Maria	Ambasciatori	1	Bogino	18

Dalle cartografie seguenti del 1817 e 1863, è possibile visionare il cambio della toponomastica e della numerazione civica.

27

³ La contrada di San Filippo, che in seguito divenne via San Filippo, fu intitolata a Maria Vittoria nel 1880

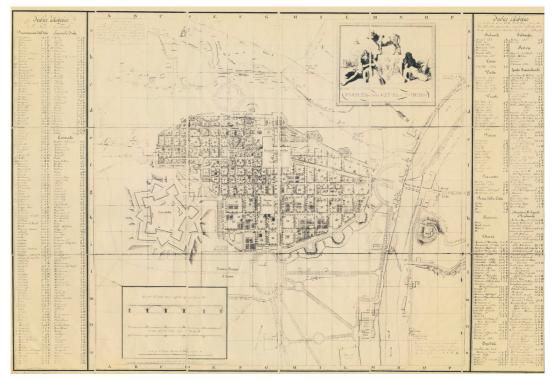


Fig. 2.2 | Pianta della Città di Torino, 1817 [11]



Fig. 2.3 | Pianta di Torino "Colla nuova numerazione delle porte", 1863 [12]

N T

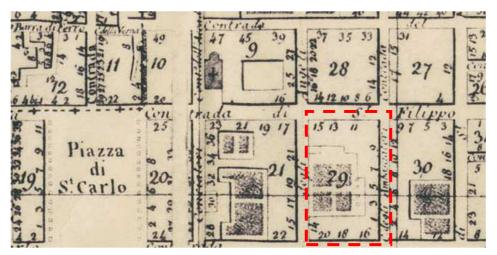


Fig. 2.4 | Dettaglio dell'isolato dell'Assunta tratto dalla pianta della città di Torino, 1817

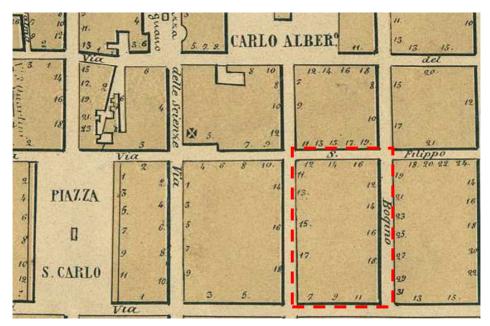


Fig. 2.5 | Dettaglio dell'isolato dell'Assunta tratto da pianta di Torino "Colla nuova numerazione delle porte" 1863

In seguito il palazzo venne acquistato dalla famiglia Chevalley e nel 1960 la Provincia di Torino lo acquistò dagli eredi dell'architetto Giovanni Chevalley per destinarlo ad uffici [13].

2.3 Inquadramento territoriale e urbanistico

L'area in cui è ubicato il Palazzo Ferrero della Marmora è oggi ricompresa nella Circoscrizione 1 della Città di Torino, all'interno dell'isolato delimitato dalle vie Maria Vittoria, Bogino, Giolitti e Carlo Alberto a stretta vicinanza con piazza San Carlo, via Roma e piazza Castello. L'area è contraddistinta da un edificato sette-ottocentesco a destinazione terziario – residenziale con presenza di attività commerciali al piano terreno. I principali servizi, quali istruzione primaria, secondaria ed universitaria, luoghi della cultura, albergi e ristoranti, sono presenti entro un raggio di qualche centinaia di metri. Le vie limitrofe quali via Lagrange, via Carlo Alberto, via Roma e via Po costituiscono le principali arterie commerciali della città.

La localizzazione centrale consente una agevole accessibilità sia con l'utilizzo dei mezzi pubblici che privati, in particolare si segnala la vicinanza della stazione ferroviaria Torino Porta Nuova e la relativa fermata "Porta Nuova" della stazione della Metropolitana a circa 800 metri. Per l'accessibilità con mezzi privati sono presenti i parcheggi interrati:

- "Roma San Carlo Castello" capienza di circa 800 posti auto;
- Piazza Bodoni capienza di circa 468 posti auto;

Le infrastrutture viarie ad alta percorrenza sono facilmente raggiungibili con la presenza dei grandi assi urbani di corso Vittorio Emanuele, corso Francia, corso Unità di Italia e corso Regina Margherita che consentono un agevole collegamento dal centro città verso gli svincoli della tangenziale e delle autostrade.



Fig. 2.6 | Inquadramento territoriale [14]



All'interno del Piano Regolatore Generale della Città di Torino [15], approvato con deliberazione della Giunta Regionale n. 3 – 45091 del 21/04/1995 e s.m.i. con variazioni del 30/06/2021 il palazzo ricade nella "Zona Urbana Centrale Storica" (ZUCS) ed è classificato com "Edificio di rilevante interesse" caratterizzato da "fronti di architettura uniforme e di notevole pregio". L'azzonamento prevede la classificazione "Area S – area per Servizi / Servizi pubblici / Attrezzature di interesse generale" contraddistinta dalla lettera f – Uffici pubblici. Ai sensi del D. Lgs. 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" il palazzo Ferrero della Marmora è dichiarato di interesse culturale.



Fig. 2.7 | Piano Regolatore Generale della Città di Torino, Azzonamento - Aree normative e destinazioni d'uso. Estratto Tav. 1 Foglio 9A. Aggiornamento 30/06/2021

Aree per Servizi

Servizi pubblici S

Altre attrezzature di interesse general

Uffici pubblici

Fig. 2.8 | Piano Regolatore Generale della Città di Torino, Azzonamento - Aree normative e destinazioni d'uso. Estratto Tav. 1 Aggiornamento 30/06/2021

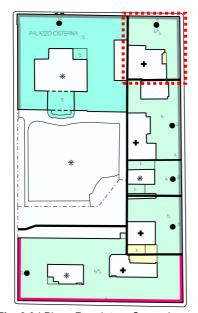


Fig. 2.9 | Piano Regolatore Generale della Città di Torino, Tavole di piano - Zona urbana centrale storica, Tipi di intervento. Estratto Tav. 3.
Aggiornamento 31/12/2013

Individuazione dei gruppi di edifici

Edifici di gran prestigio

Edifici di rilevante interesse

Qualità relative alle parti di edifici

Fronti di architettura uniforme, fronti di notevole pregio

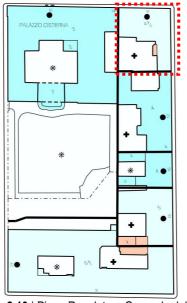
di notevole pregio

Fronti caratterizzanti ambienti urbani

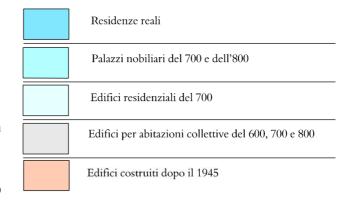
Androni collegati con cortili e con giardini privati

Spazi di cortile e giardino privato improntati a un disegno architettonico di prestigio

+ Spazi di cortile e giardino privato improntati a un disegno architettonico coerente







Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regolatore Generale [16] definiscono la seguente classificazione delle zone normative e i conseguenti tipi di interventi ammessi.

Art. 9 - Zone normative: classificazione

- Il territorio comunale e' suddiviso in zone normative, distintamente individuate nella cartografia del P.R.G.
- Le zone normative, in relazione alle caratteristiche morfologiche, all'epoca dell'impianto urbano e del tessuto edilizio, agli obiettivi di modificazione o di conservazione contenuti nel piano forniscono i parametri di trasformazione urbanistici ed edilizi. Si articolano in:
 - 1. Zona urbana centrale storica
 - 2. Zone urbane storico ambientali
 - 3. Zone urbane consolidate residenziali miste
 - 4. Zone a verde privato con preesistenze edilizie (parte piana)
 - 5. Zone urbane consolidate per attivita' produttive
 - 6. Zone consolidate collinari
 - 7. Zone a verde privato con preesistenze edilizie (parte collinare)
 - 8. Zone boscate
 - 9. Zone urbane di trasformazione

Art. 10 - Zona urbana centrale storica

Il Piano definisce "zona urbana centrale storica" la parte di citta' individuata nelle tavole di piano in scala 1:1000 e 1:5000, delimitata dai corsi:

Regina Margherita, San Maurizio, Lungo Po Cadorna, Lungo Po Diaz, Cairoli, Vittorio Emanuele, via Saluzzo, via San Pio V, Porta Nuova, via Magenta, Re Umberto, Vittorio Emanuele II, Bolzano, piazza XVIII Dicembre, via Santarosa, piazza Statuto e Principe Eugenio.

All'interno di tale zona gli interventi sono finalizzati alla tutela dell'architettura e dell'ambiente attraverso una corretta lettura dei valori storici, delle trasformazioni urbane e delle vicende che, nel tempo, hanno plasmato la città. La nuova apertura, il trasferimento, la variazione della superficie di vendita e/o di settore merceologico di esercizi commerciali in sede fissa che comportino interventi edilizi sugli edifici ubicati nella zona urbana centrale storica, sono assoggettati alla verifica della corretta integrazione nel contesto tipologico degli edifici adiacenti, con particolare attenzione all'inserimento degli spazi vetrina, degli accessi e degli arredi commerciali tenuto conto degli specifici regolamenti e dell'allegato C con particolare riferimento all'art 14.

[*] Nota variante: id 337, var. n. 160 - nuovi criteri commerciali - variante di adeguamento, approvata il 31/01/2011, mecc. 1004889/009

- La zona urbana centrale storica individuata dal Piano viene classificata come "insediamento urbano avente carattere storico-artistico e ambientale" ai sensi e per gli effetti dell'art.24 della L.U.R. (comma 1, punto 1); tale zona e' classificata di cat. A secondo il D.M. 2.4.68 n.1444 e di recupero ai sensi e per gli effetti dell'art.27 e seguenti della Legge 457/78.
- 3bis Al piano terreno degli edifici prospettanti sugli Assi commerciali da tutelare di cui all'Allegato 1 del presente articolo, indipendentemente dall'area normativa dell'intero edificio, sono ammesse, nel rispetto dell'allegato C, esclusivamente le attività commerciali al dettaglio, attività di ristorazione e pubblici esercizi e artigianato di servizio (di cui all'art.3 punti 4A1, 4A2, 4A3) delle presenti norme.

Lista allegati

 $3010_225_AD_elab_assi_commerciali_emendamento.pdf$ [*] Nota variante: id 225, var. n. 99 - assi commerciali da tutelare , approvata il 09/06/2008 , mecc. 0801949/009

A. Individuazione dei gruppi di edifici

- 4 Nelle tavole di piano in scala 1:1000 sono individuati i seguenti gruppi di edifici:
- 5 1) Edifici di gran prestigio comprendono:
 - residenze reali
 - palazzi rappresentativi
 - edifici per governo e servizi del '600 e '700
 - edifici simbolici
 - chiese
- 6 2) Edifici di rilevante interesse comprendono:
 - palazzi nobiliari
 - edifici residenziali del '600 e '700
 - edifici per abitazioni collettive (collegi, convitti, conventi)
 - palazzine e ville con giardino
 - edifici residenziali in tessuto medioevale con successive riplasmazioni e adattamenti

 $[\ldots]$

B. Individuazione delle parti degli edifici

- Gli edifici della zona urbana centrale storica sono disciplinati in relazione alle seguenti parti, a cui fanno riferimento i tipi di intervento ammessi:
- 13 Esterno degli edifici su spazi pubblici

Comprende gli eventuali portici, le fronti con i relativi risvolti e raccordi, le coperture (orditura, falde, terrazze, abbaini, sistemi di camini e altri elementi accessori), prospettanti su spazio pubblico o in continuita' visiva con esso.

14 Sistema distributivo

Comprende gli ambienti di ingresso e di distribuzione principale orizzontale (anditi, androni, porticati, logge e gallerie) e gli ambienti di distribuzione verticale (scaloni e scale interne ed esterne).

15 Cortili, giardini privati e fronti degli edifici verso tali spazi

Comprendono le superfici scoperte, pavimentate o piantumate e le fronti interne degli edifici che le delimitano o in continuita' visiva con esse; le fronti comprendono i risvolti, i raccordi e le coperture (orditura, falde, terrazze, abbaini, sistemi di camini e altri elementi accessori).

16 Interno dei corpi di fabbrica

Comprende gli ambienti delimitati dalle fronti interne ed esterne degli edifici e dalla copertura ad esclusione degli ambienti che costituiscono il sistema distributivo principale.

C. Descrizione delle qualita' relative alle parti degli edifici

- 17 Ciascuna parte dell'edificio e' contraddistinta da specifiche qualita' di valore architettonico e urbano, in base alle quali vengono differenziati i tipi di intervento ammessi.
- 18 Qualita' relative all'esterno degli edifici su spazi pubblici
 - a) Fronti di complessi urbani di "uniforme architettura" o uniformate da particolari regole e fronti di edifici di notevole pregio (evidenziate nella tavola in scala 1:1000).
 - b) Fronti di edifici caratterizzanti ambienti urbani (evidenziate nella tavola in scala 1:1000).
 - c) ltre fronti.

19 Qualita' relative al sistema distributivo

- a) Androni costituenti dilatazioni spaziali della scena urbana ed elementi di collegamento con spazi di cortile e di giardino privato o con importanti spazi coperti (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
- b) Altri androni.
- c) Scale "padronali" e di rappresentanza limitate al "piano nobile", scale sei e settecentesche con tromba ed archi rampanti sostenuti da pilastri e colonne; scale principali sviluppate oltre il "piano nobile", collegate con gli androni, direttamente o a mezzo di porticati.
- d) Altre scale, principali o secondarie, di scarso valore architettonico, con accesso dal cortile o dalla strada.
- Qualita' relative a cortili, verdi privati ed esterni degli edifici verso tali spazi
 - Spazi di cortile e giardino privato improntati ad un chiaro disegno architettonico rispondente ad intenzioni di prestigio (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - b) Spazi di cortile e giardino risolti con interventi architettonici coerenti (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - c) Altri spazi di cortile e giardino.

- 21 Qualita' relative all'interno dei corpi di fabbrica
 - a) Interni di edifici vincolati ai sensi della legge 1089/39; interni di edifici individuati dal Piano come di gran prestigio appartenenti al gruppo 1 (evidenziati nella tavola in scala 1:1000).
 - b) Altri interni.

D. Tipi di intervento

All'interno della zona urbana centrale storica, gli interventi ammessi sugli edifici sono indicati nella "Tabella dei tipi di intervento". Essi devono essere attuati secondo le definizioni dell'allegato A riferite alle 4 parti in cui sono stati contraddistinti gli edifici e alle relative qualità riconosciute e indicate in cartografia, nonchè secondo le eventuali ulteriori limitazioni derivanti dalle prescrizioni dell'allegato B alle presenti N.U.E.A.

Fanno eccezione gli immobili in via Bertola 64-68, Scuola Professionale "ENGIM CSF ARTIGIANELLI" per i quali sono ammessi interventi aggiuntivi espressamente consentiti con specifico Accordo di Programma - ai sensi dell'art. 34 del D.Lgs. 267/2000 e gli immobili ubicati in via Accademia delle Scienze n. 6 - Museo delle Antichità Egizie - per i quali sono ammessi gli interventi aggiuntivi espressamente consentiti con specifica intesa Stato - Regione ai sensi dell'art. 81 del D.P.R. n. 616/77 e s.m.i.

Per il "Complesso Edilizio Aldo Moro", ubicato in piazzale Aldo Moro, compreso tra le vie Verdi e Sant'Ottavio, sono previsti gli interventi disciplinati dalla scheda n. 26 (fascicolo II - N.U.E.A.) e sono ammessi gli interventi espressamente consentiti con specifica intesa Stato-Regione ai sensi dell'art. 81 del D.P.R. n. 616/1977 e s.m.i.. Le presenti disposizioni prevalgono su quelle eventualmente in contrasto nelle Norme Urbanistico Edilizie di Attuazione del fascicolo II - scheda n. 26.

- [*] Nota variante: id 223, var. n. A32 collegio artigianelli via bertola
- $[\ast]$ Nota variante: id 226, var. n. 100 variante geologica , approvata il 06/11/2008
- [*] Nota variante: id 402, var. n. 206 museo egizio via accademia delle scienze 6 variante ai sensi dell'art. 81 dpr 616/'07 smi , approvata il 06/07/2009 , mecc. 0903234/009
- $[\ast]$ Nota variante: id 453, var. n. 237 Complesso Edilizio Aldo Moro , approvata il 18/10/2010 , mecc. 1005252/009

D. Tipi di intervento

All'interno della zona urbana centrale storica, gli interventi ammessi sugli edifici sono indicati nella "Tabella dei tipi di intervento". Essi devono essere attuati secondo le definizioni dell'allegato A riferite alle 4 parti in cui sono stati contraddistinti gli edifici e alle relative qualità riconosciute e indicate in cartografia, nonchè secondo le eventuali ulteriori limitazioni derivanti dalle prescrizioni dell'allegato B alle presenti N.U.E.A.

Fanno eccezione gli immobili in via Bertola 64-68, Scuola Professionale "ENGIM CSF ARTIGIANELLI" per i quali sono ammessi interventi aggiuntivi espressamente consentiti con specifico Accordo di Programma - ai sensi dell'art. 34 del D.Lgs. 267/2000 e gli immobili ubicati in via Accademia delle Scienze n. 6 - Museo delle Antichità Egizie - per i quali sono ammessi gli interventi aggiuntivi espressamente consentiti con specifica intesa Stato - Regione ai sensi dell'art. 81 del D.P.R. n. 616/77 e s.m.i.

"Per il Maneggio Chiablese, ubicato in via Verdi n. 9, sono ammessi interventi aggiuntivi consistenti nella ristrutturazione edilizia ed è ammesso il superamento della quota di imposta e di colmo del tetto fino a cm 70. Tali interventi sono espressamente consentiti con specifica intesa Stato-Regione (ai cui contenuti si rimanda integralmente) ai sensi dell'art. 81 del D.P.R. n. 616/1977 e s.m.i..''. Gli interventi non sono soggetti alla predisposizione di "progetto di intervento unitario di riqualificazione dell'intero complesso" e costituiscono anticipazione del recupero delle rimanenti parti degli immobili.

Le presenti norme prevalgono in ogni caso su quelle della scheda normativa n. 29 relativa all'Area da Trasformare nella Zona Urbana Centrale Storica del "Complesso della Cavallerizza (perimetro di studio) del secondo fascicolo delle presenti N.U.E.A.".

Lista allegati 10567_articolo 10 comma 22.pdf [*] Nota variante: id 437, maneggio chiablese del complesso della cavallerizza reale

[*] Nota variante: id 437, maneggio chiablese del complesso della cavallerizza reale, adottata il 18/10/2010, mecc. 1005248/009

La manutenzione ordinaria e straordinaria e' sempre ammessa secondo le definizioni contenute nei punti 1 e 2 dell'allegato A. Per gli edifici o le parti soggette a restauro conservativo le opere di manutenzione ordinaria e straordinaria devono rispettare le prescrizioni del punto 3 dell'allegato A.

- 23bis L'utilizzo delle superfici dei piani interrati o parzialmente interrati, esistenti e legittime alla data di entrata in vigore del PRG vigente, è considerata, al solo fine della qualificazione dell'intervento ai sensi dell'allegato A, intervento di restauro conservativo anche qualora comporti incremento della SLP.

 [*] Nota variante: id 93, var. n. 37 Variante normativa , approvata il 25/03/2002, mecc. 0111925/009
- Nei sottotetti e' ammessa la realizzazione di locali destinati ad uso residenziale. Il conseguente incremento di S.L.P. dovuto all'utilizzo a fini residenziali di orizzontamenti gia' esistenti e' in questi casi sempre ammesso e si configura come intervento di restauro e risanamento conservativo. L'incremento di S.L.P. nei locali sottotetto conseguente alla realizzazione di nuovi orizzontamenti si configura come un intervento di ristrutturazione edilizia.
- La predisposizione di ricoveri auto al coperto o in sottosuolo e' consentita alle condizioni indicate nell'allegato A.
- All'interno dei cortili e' sempre ammessa la demolizione degli edifici o parti di edifici recenti, dei bassi fabbricati e delle autorimesse recenti o che risultino chiaramente come superfetazioni incongrue rispetto alla caratterizzazione storico architettonica dell'ambiente.

Il recupero delle parti demolite e' ammesso, limitatamente ai cortili di tipo c ove e' consentita la ristrutturazione edilizia, entro i limiti della quantita' di S.L.P. esistente e, per i tessuti ad alta densita', entro i limiti dei 2/3 della quantita' di S.L.P. esistente, cosi' come definita all'art.2.

L'altezza delle fronti dei fabbricati verso i cortili, oggetto di riplasmazione e ricostruzioni, non potra' essere maggiore di 1,5 volte rispetto alla larghezza dei cortili su cui essi prospettano e comunque non potra' superare la quota di 18 m.; in ogni caso non potra' essere superata la massima altezza dei fabbricati esistenti prospettanti sui cortili.

Le modalita' di utilizzazione della S.L.P. derivante dall'eliminazione o riplasmazione di fabbricati o bassi fabbricati interni ai cortili, ove consentite dal Piano, sono descritte nell'Allegato A (ristrutturazione edilizia, punto 5.3.e) e, per i gruppi di edifici n. 2 e 3, sono ulteriormente precisate ai commi 27, 28 e 29.

Tabella dei tipi di intervento – Art. 10

Parti degli edifici	Esterno degli edifici su spazi pubblici			Sistema distributivo				Cortili, giardini privati e fronti verso tali spazi			Interno dei corpi di fabbrica	
Qualità delle parti degli edifici	a	b	c	a	b	c	d	a	b	c	a	b
Gruppi di edifici												
1. Edifici di gran prestigio	RES	RES	/	RES	RIS	RES	RIS	RES	RES	RIS	RES	/
2. Edifici di rilevante interesse (tessuti ad alta densità) (tessuti "minori" residui)	RES	RIS	RIE	RES	RIS	RES	RIS	RES	RIS	RIE	RES	RIE
Edifici della costruzione ottocentesca della città (tessuti "minori" residui)	RES	RIS	RIE	RIS	RIE	RIS	RIE	RIS	RIS	RIE	RIS	RIE
4. Edifici del complesso di via Roma	RIS	/	/	RIS	RIE	RIS	RIE	RIS	RIS	RIE	RIS	RIE
5. Edifici del periodo tra le due guerre	/	RIS	RIE	RIS	RIE	RIS	RIE	RIS	RIS	RIE	RIS	RIE
6. Edifici recenti	RIS	RIS	RIE	RIE	RIE	RIE	RIE	RIE	RIE	RIE	RIS	RIE
Note: - RES: Restauro conservativo - RIS: Risanamento conservativo - RIE: Ristrutturazione edilizia secondo le definizioni contenute nell'allegato	A punt	i 3 - 4 -	5									

Fig. 2.11 | Piano Regolatore Generale della Città di Torino, Norme tecniche di attuazione

Le prescrizioni contenute all'interno del P.R.G.C. definiscono quindi una destinazione d'uso vincolata ad una destinazione di servizio, uffici pubblici, e classificano l'edificio come "Edificio di rilevante interesse" questo comporta il riconoscimento dei valori storici propri della fabbrica che costituiranno un vincolo, una guida, per gl interventi da eseguirsi sulla fabbrica.

2.4 Palazzo Ferrero della Marmora

Come indicato nella sezione precedente, Palazzo Ferrero della Marmora, edificato nel 1673, è stato il primo fabbricato edificato all'interno dell'isolato dell'Assunta, isoltato che a distanza di pochi anni vide completata la cortina sul fronte dell'attuale via Maria Vittoria, al civico 12, con il palazzo del Pozzo della Cisterna dotato di un ampio giardino interno.

Dall'analisi della cartografia sotto riportata, redatta sulla base di un rilievo congetturale dell'Istituto di Architettura Tecnica del Politecnico di Torino e raffigurante Torino entro le mura nell'ultimo quarto del 1700 [17], è possibile osservare come Palazzo Ferrero della Marmora, elevato a 4 piani fuori terra, fosse diviso dal palazzo del Pozzo della Cisterna da un muro sul lato Nord-Ovest al quale era originariamente attestato un basso fabbricato prospicente il cortile interno attualmente non più presente.

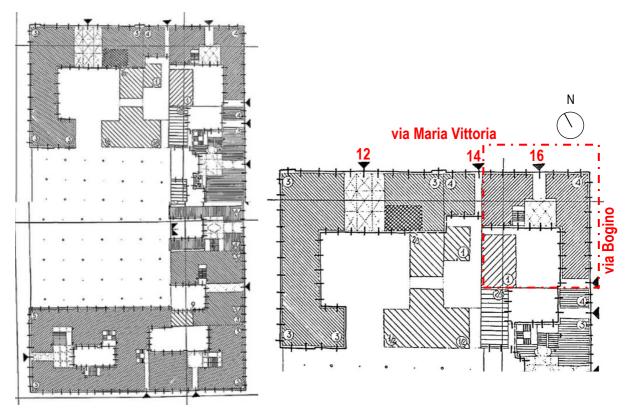


Fig. 2.12 | A sinistra isolato dell'assunta estratto dalla mappa raffigurante Torino entro le mura nell'ultimo quarto del 1700; A destra dettaglio del palazzo Ferrero della Marmora e del palazzo del Pozzo della Cisterna con l'aggiunta in rosso della perimetrazione del palazzo Ferreo della Marmora e dell'indicazione della toponomastica e dei civici attuali



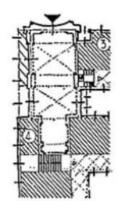
Volume edilizio alto, delimitato da facciata con coronamento superiore in muratura avente valore di legamento architettonico. Le linee continue grosse periferiche indicano il cornicione. I numeri arabici entro i cercoletti indicano l'altezza in piani riferita ad un piano quotato. I trattini trasversali a cavallo delle linee di contorno frontale indicano gli assi delle finestre ed aperture al piano principale



Idem, del quale no si conoscono il numero e la posizione delle aperture



Quando i numeri entro cerchio sono due, separati da una barra verticale, quello a sinistra indica il numero dei piani principali «a piena altezza» (generalmente corrispondente con il numero degli ordini «principali» della facciata ornata classicamente), quello a destra indica il numero totale dei piani compresi i «mezzanini», come suddivisione degli ordini «principali» in ordini «minori»



All'interno dei volumi di costruzione sono riportati:

- le aperture tra gli spazi interni ed esterni (finestre, porte di negozi...),
- gli spazi coperti pubblici (aule di chiese, corsie di ospedali, teatri...) rappresentati proiettando sui pavimenti le geometrie delle volte e cupole.
- gli spazi di circolazione orizzontale (androni, vestiboli, anditi, corridoi, gallerie...),
- gli spazi di circolazione verticale (scale, rampe),
- gli spazi privati di residenza e di lavoro, campiti con tratteggio, senza indicare le distribuzioni e le pareti murarie interne



Negli androni e scale presunti, di cui attraverso catasti antichi o rilievi si conoscono le posizioni ma non le strutture:

- il quadrettato ampio a puntini indica gli spazi di circolazione orizzontale.
- il retino scuro indica scale e vie di comunicazione verticale

Orto, giardino

Fig. 2.13 | Estratto della legenda della mappa raffigurante Torino entro le mura nell'ultimo quarto del 1700

La morfologia dell'isolato ed in particolare del palazzo con i suoi confini è leggibile anche dal catasto Rabbini del 1866.



Fig. 2.14 | Estratto del catasto Rabbini evidenziato il perimetro del palazzo Ferrero della Marmora, 1866 [18]

Per ricercare documenti di archivio di supporto alla ricostruzione degli interventi e delle modifiche apportate all'edificio nel tempo, oltre alle indicazioni relative alla toponomastica, ed alle sue mutazioni, è utile delineare i vari passaggi di proprietà del palazzo. A tal fine si possono individuare i seguenti archi temporali:

Tab. 2.2 | Passaggi di proprietà di Palazzo Ferrero della Marmora

1673	1754	1866	XX sec.	1960
generale Francesco Giacinto Gallinati	marchese della Marmora ⁴	cavaliere Giuseppe Treves di Bonfigli	famiglia Chevalley	Provincia di Torino⁵

La ricerca effettuata presso gli archivi della Città di Torino ha evidenziato le seguenti pratiche edilizie:

⁴ Il 27/03/1799 nacque all'interno del palazzo Alessandro Lamarmora fondatore del corpo dei Bersaglieri.

⁵ Attualmente la proprietà del palazzo è della Città Metropolitana di Torino, Ente pubblico territoriale che a seguito della L. 56/2014 ha sostituito l'Ente Provincia di Torino.

ĺ	Interessa	to 1	PROVINCIA di Torino		
izio izio	Interessa	to 2	AMMINISTRAZIONE Provinciale	di Torino	
Città di Torino Rip. XVII Edilità Archivio Edilizio	Interessa	to 3			
Rip X	Interessa	to 4			
	Interessa	to 5			
nter.	Anno	N. Or	i. Descrizione dell'Opera	N. Prot.	Precedenti
1	1974	134	5 centrale termica	117	
2	1977	1520	lovori di concolidamento	153	**** ************************
1	1981	335	2 Consolidamento solai	85	
1	1989	788	modifiche interne	4317	
\					

Fig. 2.15 | Pratiche edilizie risultanti dagli archivi della Città di Torino relative a Palazzo Ferrero della Marmora

La pratica edilizia prot. 117/1974 è relativa alla realizzazione del locale **centrale termica** interrato con accesso dal cortile di via Maria Vittoria 16 così come evidenziato nella planimetria del piano interrato riportata nel seguito. L'intervento è stato realizzato dalla Provincia di Torino, essendo proprietaria del palazzo dal Pozzo della Cisterna e dei limitrofi palazzi su via Bogino, per la creazione di un unico impianto di riscaldamento della propria sede.

Le pratiche edilizie prot. 153/1977 e 85/1981 sono inerenti ad un intervento di **consolidamento dei solai** del 2° e 3° piano, in particolare sono stat inseriti dei solai con travature in acciaio e getto di calcestruzzo su lamiera grecata.

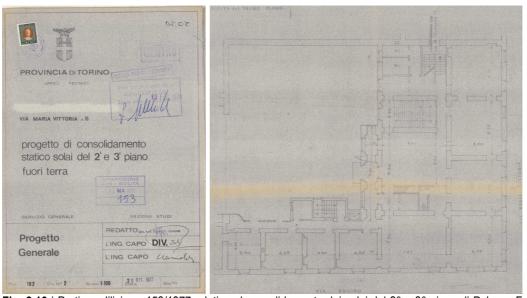


Fig. 2.16 | Pratica edilizia n. 153/1977 relativa al consolidamento dei solai del 2° e 3° piano di Palazzo Ferrero della Marmora a Torino, Archivio edilizio del Comune di Torino, testalino e pianta piano primo

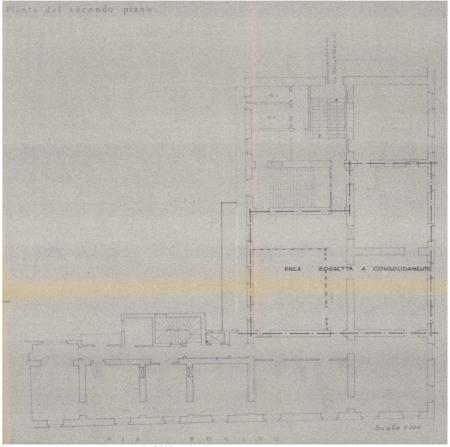


Fig. 2.17 | Pratica edilizia n. 153/1977 cit, pianta piano secondo

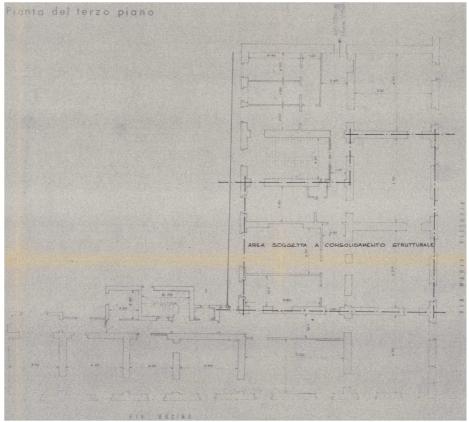


Fig. 2.18 | Pratica edilizia n. 153/1977 cit, pianta piano terzo

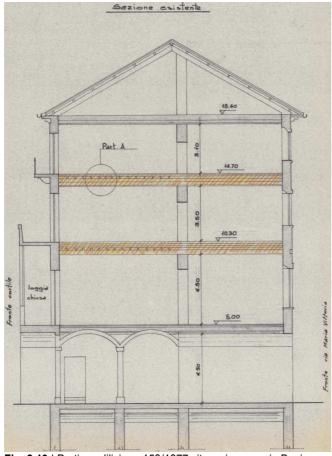


Fig. 2.19 | Pratica edilizia n. 153/1977 cit, sezione su via Bogino

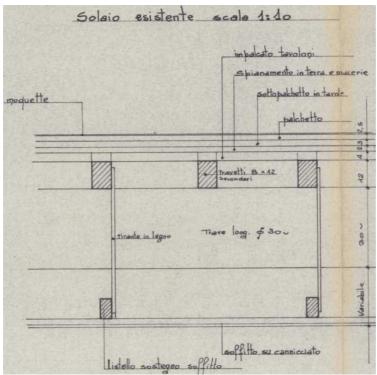


Fig. 2.20 | Pratica edilizia n. 153/1977 cit, particolare costruttivo solaio esistente

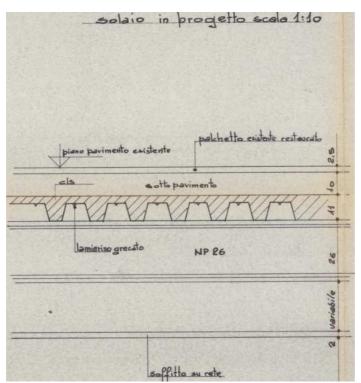


Fig. 2.21 | Pratica edilizia n. 153/1977 cit, particolare costruttivo solaio in progetto

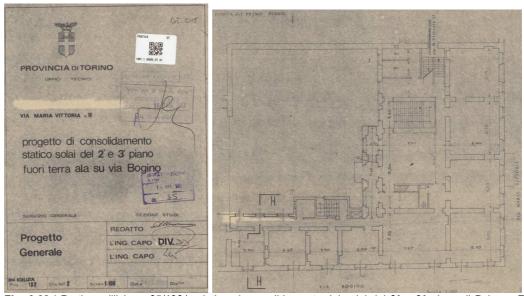


Fig. 2.22 | Pratica edilizia n. 85/1981 relativa al consolidamento dei solai del 2° e 3° piano di Palazzo Ferrero della Marmora a Torino, Archivio edilizio del Comune di Torino, testalino e pianta piano primo

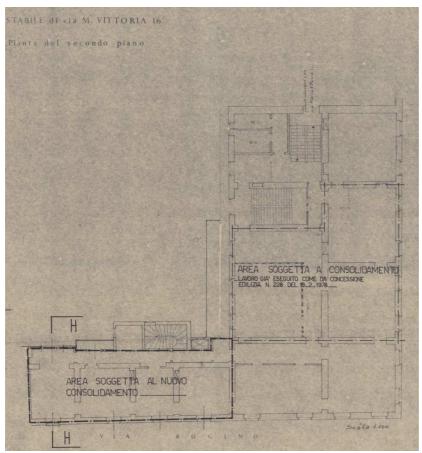


Fig. 2.23 | Pratica edilizia n. 85/1981 cit, pianta piano secondo

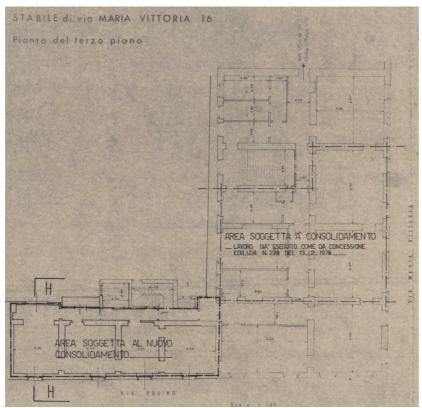


Fig. 2.24 | Pratica edilizia n. 85/1981 cit, pianta piano terzo

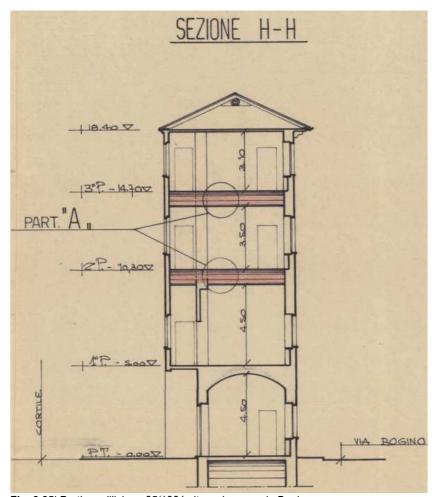


Fig. 2.25| Pratica edilizia n. 85/1981 cit, sezione su via Bogino

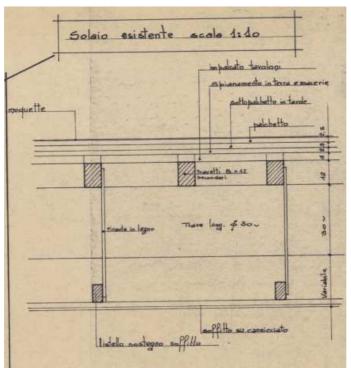


Fig. 2.26| Pratica edilizia n. 85/1981 cit, particolare costruttivo solaio esistente

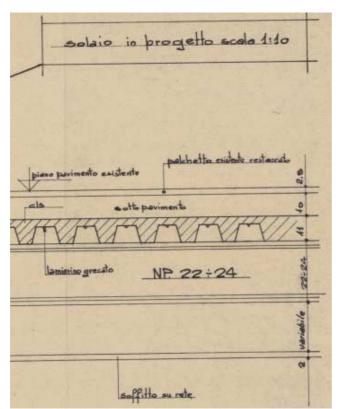


Fig. 2.27 | Pratica edilizia n. 85/1981 cit, particolare costruttivo solaio in progetto

La documentazione analizzata consente, unitamente ai sopralluoghi effettuati, di ipotizzare la caratterizzazione costruttiva ed impiantistica del fabbricato così come evidenziato nel seguito.

Dal punto di vista distributivo il palazzo presenta una pianta regolare ad L e si sviluppa su 4 piani fuori terra oltre ad un piano mansarda ed un piano interrato collegati da due vani scale ed un ascensore. In particolare:

- Al piano Interrato, al quale si accede dal vano scale al piano terreno, sono presenti archivi e depositi;
- Al piano Terreno, dotato di ingresso carraio, sono presenti locali destinati ad uffici e all'esterno vi è il cortile comune al limitrofo palazzo della Cisterna (via Maria Vittoria 12) e Sommariva (via Bogino 12) destinato in parte ad area di sosta degli autoveicoli e ad area di pertinenza dalla quale si accede, mediante scala esterna, alla centrale termica interrata;
- Ai piani primo, secondo e terzo sono presenti locali destinati ad uffici:
- Al piano mansarda sono presenti locali deposito;

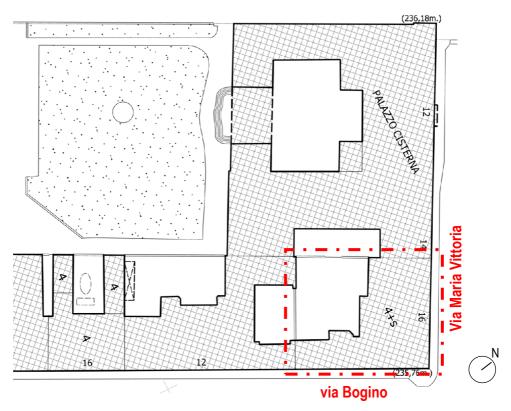


Fig. 2.28 | Estratto della Carta Tecnica della Città di Torino con individuazione del palazzo Ferrero della Marmora, tav. 233, agg.to 09/2021 [19]

Si riportano le planimetrie 6 del palazzo con l'indicazione delle destinazioni d'uso.

⁶ Rielaborazione grafica di planimetrie di proprietà della Città Metropolitana di Torino.

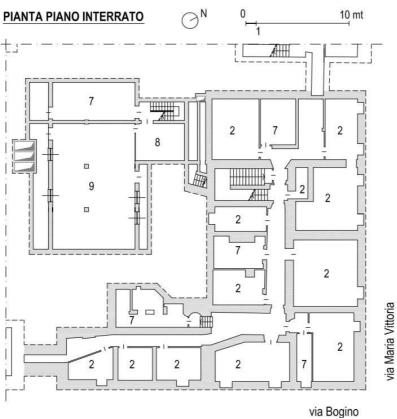


Fig. 2.29 | Palazzo Ferrero della Marmora pianta piano Interrato

PIANTA PIANO TERRENO

5 2

2

Fig. 2.30 | Palazzo Ferrero della Marmora pianta piano Terreno

archivio / deposito

2 archivio / deposito locale tecnico spazio a cielo aperto centrale termica

bagno

10 mt

via Maria Vittoria

via Bogino

2

- laboratorio
- cortile
- 6 portineria
- 10 scala esterna di accesso alla centrale termica interrata



Fig. 2.31 | Palazzo Ferrero della Marmora pianta piano Primo

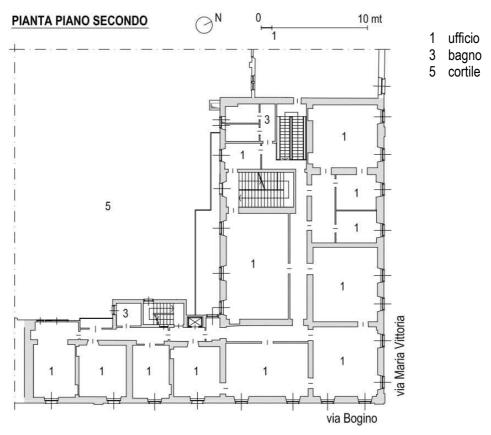
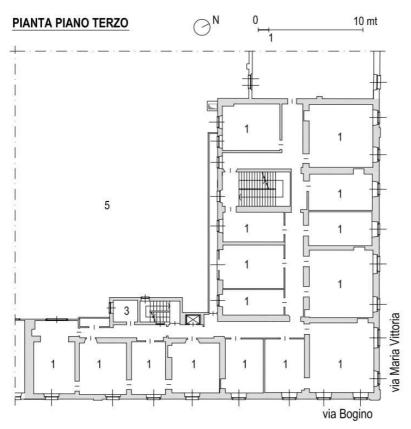


Fig. 2.32 | Palazzo Ferrero della Marmora pianta piano Secondo

ufficio

bagno cortile



- ufficio
- 3 bagno
- 5 cortile

Fig. 2.33 | Palazzo Ferrero della Marmora pianta piano Terzo

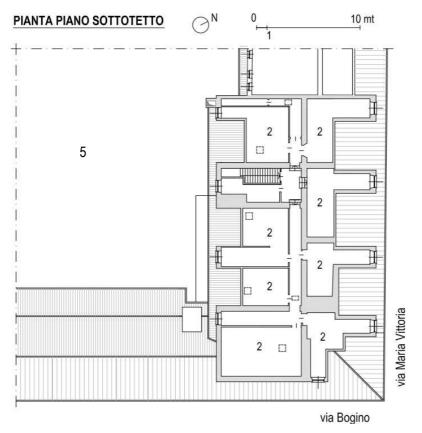


Fig. 2.34 | Palazzo Ferrero della Marmora pianta piano Sottotetto

- archivio / deposito
- 5 cortile



Fig. 2.35 | Palazzo Ferrero della Marmora prospetto lato via Maria Vittoria

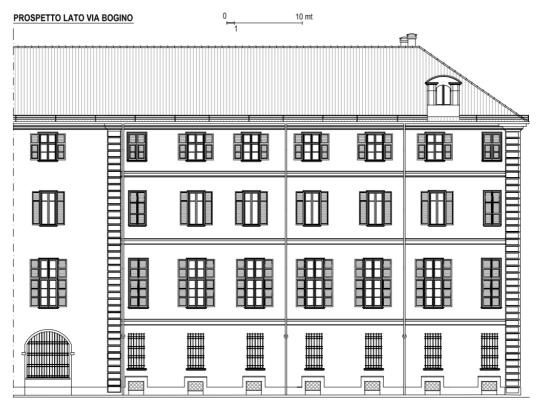


Fig. 2.36 | Palazzo Ferrero della Marmora prospetto lato via Bogino



Fig. 2.37 | Vista esterna su v. Bogino angolo v. Maria Vittoria



Fig. 2.38 | Particolare dell'igresso su v. Maria Vittoria



Fig. 2.39 | Particolare della targa commemorativa della nascita di Alessandro Lamarmora nel palazzo il 27 marzo 1799 [20]



Fig. 2.40 | Vista da cortile interno, facciata Sud



Fig. 2.41 | Vista da cortile interno, facciata Est a confine con palazzo Cisterna. E' visibile il camino della centrale termica interrata addossato alla facciata



Fig. 2.42 | Particolare della scala esterna, prospicente la facciata Este, di accesso alla centrale termica interrata



Fig. 2.43 | Vista da cortile interno, facciata Est

Come desumibile dalle planimetrie, a livello costruttivo l'edificio presenta struttura portante verticale in muratura, strutture orizzontali costituite da porzioni in volte in muratura, solai in legno e solai in acciaio e soletta in calcestruzzo su lamiera grecata.

In data 14/06/2006 con decreto del direttore della Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici del Piemonte **palazzo** Ferrero della Marmora è stato dichiarato di interesse culturale ai sensi degli artt. 10 e 12 del D.Lgs, 42/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio" ed è stato sottoposto a tutte le disposizioni di tutela contenute all'interno del citato Decreto Legislativo.

CAP. 3 | AUDIT ENERGETICO

3.1 Metodologia del processo di modellazione

A livello metodologico il processo di modellazione può essere schematizzato come segue:

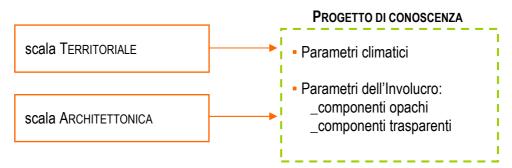


Fig. 3.1 | Processo di modellazione energetica

Relativamente alla scala Territoriale, la determinazione dei **parametri climatici** può avvenire in maniera agevole consultando la norma UNI 10349-1:2016 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata" nonchè i dati registrati dalle stazioni di rilevamento contenuti all'interno dei software di modellazione energetica.

In merito alla scala Architettonica, occorre definire i parametri relativi al sistema edificio/impianto. La **componente impiantistica**, per effetto delle normative sulla sicurezza, sull'efficienza energetica ed inquinamento ambientale, è soggetta a verifiche periodiche da parte di ditte abilitate ai sensi del D. M. 37/2008 le quali sono tenute a riportare l'esito di tali verifiche all'interno del libretto di centrale, in caso di potenzialità termica superiore a 35 kW, o di impianto, in caso di potenzialità termica inferiore a 35 kW. All'interno di tale libretto le ditte installatrici, o quelle incaricate della conduzione dell'impianto qualora lo stesso ne sia originariamente sprovvisto, sono tenute a indicare una serie di dati che consentono anche in assenza del progetto originario dell'impianto, di definire i parametri principali relativi alla componente impiantistica.

Per caratterizzare i **componenti opachi** che costituiscono l'edificio occorre definire la stratigrafia dei componenti tecnologici che delimitano il volume riscaldato/raffrescato dell'edificio verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati o climatizzati ad una temperatura diversa da quella di progetto.

3.2 Caratterizzazione dei parametri climatici

La definizione dei dati climatici (temperatura esterna, pressione parziale del vapore, insolazione) fa riferimento a dati standard basati sulla zona climatica di appartenenza e desunti da rilevazioni di centraline climatiche.

Vengono di seguito indicati i dati di riferimento in accordo alla UNI 10349:2016 parti 1, 2 e 3, della stazione di rilevazione e del capoluogo di provincia. Questi sono poi utilizzati per la determinazione dei dati climatici corretti della località in cui è ubicato l'edificio oggetto di analisi.

Tab. 3.1 | Dati relativi alla stazione climatica di riferimento

Stazione di rilevazione	Bauducchi
Sigla	ТО
Altezza sul livello del mare	226 m
Fattore di correzione altimetrico	178 1°/fc
Zona vento	Zona1
Direzione prevalente del vento	NE
Velocità media	1,4 m/s
Latitudine	44°5740"
Longitudine	7°42'35"
Temperatura progetto invernale	-8,0 °C
Temperatura massima estiva	30,7 °C
Escursione termica estiva	11,0 °C
Umidità relativa esterna	50,00 %
Umidità specifica esterna (X)	16,40 g/kg
Mese piu caldo	Luglio

Tab. 3.2 | Dati climatici mensili

	U.M.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
θ_{e}	°C	1,3	3,2	8,4	12,0	18,1	22,2	23,7	22,7	19,2	12,4	6,9	2,7
Hdh	MJ/m²	2,4	3,8	4,9	6,1	8,3	9,1	8,8	7,6	6,0	4,3	2,8	2,0
Hbh	MJ/m²	2,2	3,8	6,8	9,9	11,4	13,7	15,2	12,6	8,6	4,7	2,0	1,9
Hdh + Hbh	MJ/m²	4,6	7,6	11,7	16,0	19,7	22,8	24,0	20,2	14,6	9,0	4,8	3,9
Pva	Pa	558	618	888	934	1355	1616	1584	2003	1659	1180	925	654
Pvs	Pa	671	768	1102	1402	2076	2675	2929	2757	2224	1439	994	741
URe	%	83,19	80,45	80,60	66,63	65,27	60,42	54,08	72,64	74,61	81,99	93,01	88,21
Vv	m/s	1,3	1,3	1,6	1,9	1,9	1,6	1,6	1,4	1,1	1,2	1,5	0,9

dove:

θе	temperatura media dell'aria esterna	Pva	pressione di vapore dell'aria esterna
Hdh	irradiazione solare giornaliera media mensile diffusa	Pvs	pressione di saturazione del vapore dell'aria esterna
Hbh	irradiazione solare giornaliera media mensile diretta sul piano orizzontale	URe	umidità relativa esterna
Hdh + Hbh	irradiazione solare giornaliera totale sul piano orizzontale	Vv	velocità media del vento

Vengono di seguito riportati i principali parametri e dati climatici utilizzati nel calcolo della prestazione energetica dell'involucro:

Tab. 3.3 | Parametri climatici effettivi di calcolo

Ubicazione involucro	TORINO
Regione	Piemonte
Zona climatica	Е
Altezza sul livello del mare	239 °C
Gradi giorno	2617 °C
Giorni di riscaldamento previsti	183 °C
Temperatura progetto invernale	-8,0 °C
Temperatura progetto estiva	30,7 °C
Temperatura media annuale	12,6 °C
Velocità del vento	0,8 m/s
Latitudine	45,066111 ° dec
Longitudine	7,682222 ° dec

Tab. 3.4 | Dati climatici effettivi di calcolo mensili

	U.M.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
θе	°C	1,2	3,1	8,3	11,9	18,0	22,1	23,6	22,6	19,1	12,3	6,8	2,6
Pva	Pa	555	615	884	930	1349	1609	1577	1994	1651	1174	920	651
Pvs	Pa	667	764	1096	1395	2066	2663	2916	2745	2214	1432	990	738
URe	%	83,19	80,45	80,60	66,63	65,27	60,42	54,08	72,64	74,61	81,99	93,01	88,21
S	MJ/m²	8,06	9,87	11,22	10,50	9,91	10,14	10,98	11,50	11,63	10,24	6,87	7,55
SE	MJ/m²	6,34	8,34	10,65	11,71	12,04	12,82	13,92	13,55	11,93	9,04	5,61	5,84
Е	MJ/m²	3,69	5,76	8,53	11,06	12,92	14,68	15,64	13,65	10,35	6,68	3,64	3,21
NE	MJ/m²	1,82	3,24	5,27	7,88	10,54	12,54	12,96	10,32	6,90	3,96	2,08	1,49
N	MJ/m²	1,66	2,66	3,62	5,09	7,79	9,74	9,62	6,93	4,51	3,05	1,88	1,39
NO	MJ/m²	1,82	3,24	5,27	7,88	10,54	12,54	12,96	10,32	6,90	3,96	2,08	1,49

	U.M.	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
0	MJ/m²	3,69	5,76	8,53	11,06	12,92	14,68	15,64	13,65	10,35	6,68	3,64	3,21
SO	MJ/m²	6,34	8,34	10,65	11,71	12,04	12,82	13,92	13,55	11,93	9,04	5,61	5,84
Oriz	MJ/m²	4,60	7,60	11,70	16,00	19,70	22,80	24,00	20,20	14,60	9,00	4,80	3,90
θsky	°C	-11,6	-9,9	-3,3	-2,4	4,6	7,7	7,3	11,0	8,1	2,1	-2,6	-8,9

dove:

θe temperatura media dell'aria esterna

Pva pressione di vapore dell'aria esterna

Pvs pressione di saturazione del vapore dell'aria esterna

URe umidità relativa esterna

Oriz. irradiazione giornaliera su piano orizzontale

θsky temperatura apparente del cielo

S irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a sud

- SE irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a sud-est
- E irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a est
- NE irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a nord-est
- N irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a nord
- NO irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a nord-ovest
- O irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a ovest
- SO irradiazione giornaliera su piano verticale orientato a sud-ovest

Si riporta nel seguito il grafico raffigurante l'andamento della temperatura esterna su base giornaliera e mensile



Fig. 3.2 | Andamento della temperatura esterna su base giornaliera e mensile

3.3 Caratterizzazione dell'involucro

La caratterizzazione dell'involucro opaco comporta la definizione della stratigrafia dei componenti tecnologici suddivisi per:

■ Chiusure verticali:

_opache _trasparenti

Chiusure orizzontali:

_interpiano _contro terra verso l'esterno

Come indicato dalle line di indirizzo del MiBACT la ricerca dei dati deve avvenire attraverso l'analisi di fonti dirette quali rilievi ed indagini sulla fabbrica ed indirette quali fonti archivistiche e bibliografiche.

Nel caso in esame, in assenza di progetti e di documenti di archivio di dettaglio, all'infuori di quanto riportato nella sezione 1.4, e nell'impossibilità di condurre indagini diagnostiche finalizzate a determinare la stratigrafia e le caratteristiche dei materiali, si è fatto riferimento alla manualistica storica considerando anche la tipologia edilizia più ricorrente nella zona in funzione del periodo di edificazione.

In particolare sono stati consultati i trattati Musso e Copperi [21] e Formenti [22].

3.3.1 Involucro: chiusure opache verticali

spessore delle murature esterne presenta un valore di 50 cm; pertanto, come già indicato precedente capitolo, l'impianto analizzando della fabbrica, considerando l'epoca di costruzione, la tipologia edilizia e la manualistica si deduce che il sistema costruttivo è di tipo a muratura portante con mattoni di tipo pieno intonacati sulle due facce.

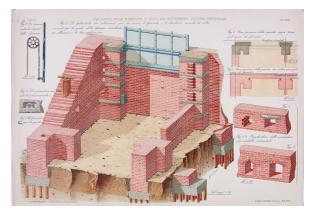


Fig. 3.3 | Formenti C, Tav XXX, Le strutture complesse

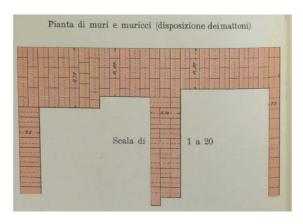


Fig. 3.4 | Musso e Copperi, Tav VI, Pianta di muri del sotterraneo e muricci (disposizione dei mattoni)

La stratigrafia delle pareti e il relativo calcolo delle trasmittanze è riportato nel seguito

Tab. 3.5 | Calcolo della trasmittanza termica della parete sp. 0,50 m

Descrizione	S	λ	ρ	С	μ	R
(dall'interno verso l'esterno)	[m]	[W/mK]	[kg/m³]	[J/kgK]	[-]	[m ² K/W]
Resistenza superficiale interna						0,130
Intonaco di calce	0,020	0,700	1400,00	840,00	11	0,029
Muratura in laterizio pareti esterne (um. 0,5%)	0,460	0,720	1800,00	740,00	7	0,639
Intonaco di calce	0,020	0,900	1800,00	840,00	27	0,022
Resistenza superficiale esterna						0,040
TOTALE	0,50	·				0,860

dove

s Spessore dello strato

ρ Massa volumica

Conducibilità termica
del materiale
Eattore di resistenza al

Fattore di resistenza alla diffusione del vapore

c Calore specifico del materiale

Resistenza termica degli

Tab. 3.6 | Parametri termici della parete sp. 0,50 m

Param	etri termic		
Spessore	S	50	cm
Trasmittanza termica	U	1,163	W/m ² K
Resistenza termica	R	0,860	m ² K/W
Massa superficiale	М	892,00	Kg/m ²
Capacità termica	С	666,48	kJ/ m ² K
Trasmittanza termica periodica	YIE	0,118	W/ m ² K
Capacità termica aereica interna	k1	59,43	kJ/m ² K
Capacità termica aereica esterna	k2	96,01	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	fd	0,101	-
Sfasamento	φ	14,87	h

Tab. 3.7 | Calcolo della trasmittanza termica della parete sp. 0,25 m

Descrizione	S	λ	ρ	С	μ	R
(dall'interno verso l'esterno)	[m]	[W/mK]	[kg/m³]	[J/kgK]	[-]	$[m^2K/W]$
Resistenza superficiale interna						0,130
Intonaco di calce	0,020	0,700	1400,00	840,00	11	0,029
Muratura in laterizio pareti esterne (um. 0,5%)	0,21	0,720	1800,00	740,00	7	0,292
Intonaco di calce	0,020	0,900	1800,00	840,00	27	0,022
Resistenza superficiale esterna						0,040
TOTALE	0,25					0,512

Tab. 3.8 | Parametri termici della parete sp. 0,25 m

Parametri termici						
Spessore	S	25	cm			
Trasmittanza termica	U	1,951	W/m ² K			
Resistenza termica	R	0,512	m ² K/W			
Massa superficiale	М	442,00	Kg/m ²			
Capacità termica	С	333,48	kJ/ m ² K			
Trasmittanza termica periodica	YIE	0,918	W/ m ² K			
Capacità termica aereica interna	k1	67,28	kJ/m ² K			
Capacità termica aereica esterna	k2	106,89	kJ/m ² K			
Fattore di attenuazione	fd	0,471	-			
Sfasamento	φ	7,03	h			

Si riporta nel seguito lo schema riepilogativo dei componenti opachi verticali

Tab. 3.9 | Schedatura involucro opaco verticale

Involucro Componente_CHIUSURE OPACHE VERTICALI						
Tipologia	Confina con	Spessore	Stratigrafia	Trasmittanza		
Muratura perimetrale	Esterno	0,50 m	_Intonaco esterno _Muratura di mattoni pieni _Intonaco interno	1,163 W/m ² K		
Muratura su vano scale	Ambiente non riscaldato	0,25 m	_Intonaco esterno _Muratura di mattoni pieni _Intonaco interno	1,951 W/m² K		

3.3.2 Involucro: chiusure trasparenti verticali

L'analisi dei componenti trasparenti, relativamente alle vetrate ed agli infissi, ha evidenziato come gli stessi siano del tipo a telaio in legno con vetro singolo. I telai in legno sono complessivamente in discreto stato di conservazione con una non perfetta tenuta all'aria. Sono presenti sistemi di oscuramento esterni in legno e sistemi mobili sul lato interno quali tende veneziane per garantire il confort visivo degli occupanti. Non sono presenti cassonetti.





Fig. 3.5 | Finestra lato v. Maria Vittoria

Fig. 3.6 | Dettaglio telaio e vetro

Il calcolo della trasmittanza termica è stato effettuato secondo il metodo di cui alla UNI EN ISO 10077-01:2018 che attraverso un sistema tabellato, in cui occorre definire le caratteristiche del telaio e del vetro, fornisce la stima della trasmittanza complessiva dell'infisso esistente.

Tab. 3.10 | Determinazione della trasmittanza termica degli infissi esistenti

Dati vetro				
	Vetro singolo			
Tipo	Vetro normale			
	Gas: non presente			
Trasmittanza (U _g)	5,700 W/m ² K			
Trasmittanza di energia solare (g _{gl,n})	0,85			
Dati telaic				
Tipo	Legno duro (rovere, mogano,			
Про	iroko) - spessore 50 mm			
Trasmittanza (U _f)	2,20 W/m ² K			
Dati infisso				
Trasmittanza (U _w)	5,00 W/m ² K			
Fattore di telaio (F _f)	0,20			

Si riporta nel seguito lo schema riepilogativo dei componenti trasparenti verticali

Tab. 3.11 | Schedatura involucro trasparente verticale

Involucro Componente_CHIUSURE TRASPARENTI VERTICALI				
Tipologia	Confina con	Spessore	Stratigrafia	Trasmittanza
Infissi verso esterno	Esterno	0,05 m	_Telaio in legno _Vetro semplice	5,00 W/m ² K

3.3.3 Involucro: chiusure opache orizzontali

Sulla base dei rilievi in situ, dei documenti di progetto dell'intervento di rifacimento dei solai così come indicato nella sezione 1.4, si deduce che le chiusure orizzontali sono riferibili a tre tipologie differenti: sistema voltato, solaio in legno e solaio in acciaio con getto di calcestruzzo su rete elettrosaldata. Relativamente alla struttura inclianata del tetto la stessa presenta struttura in legno con manto di copertura in tegole.

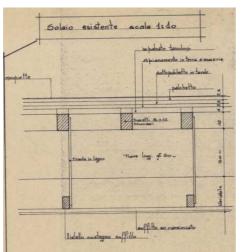


Fig. 3.7 | Pratica edilizia n. 85/1981 solaio esistente in legno

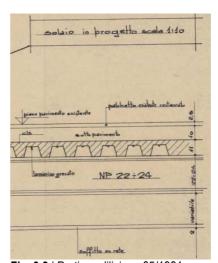


Fig. 3.8 | Pratica edilizia n. 85/1981 nuovo solaio in acciaio con lamiera grecata e cls

La stratigrafia dei componenti orizzontali e il relativo calcolo delle trasmittanze è riportato nel seguito

Tab. 3.12 | Calcolo della trasmittanza termica solaio in legno

Descrizione	S	λ	ρ	С	μ	R
(dall'interno verso l'esterno)	[m]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kgK]	[-]	$[m^2K/W]$
Resistenza superficiale interna						0,100
Travi principali - legno	0,300	-	500,00	1000,00	74	0,180
Travi secondarie - legno +	0,120	_	500,00	2100,00	74	0,180
intercapedine d'aria	0,120	-	300,00	2100,00	14	0,100
Assito in legno	0,040	0,180	710,00	1000,00	74	0,222
Scorie espanse sfuse	0,020	0,130	600,00	840,00	4	0,154
Assito in legno	0,030	0,180	710,00	1000,00	74	0,167
Pavimento in legno	0,020	0,220	850,00	2400,00	60	0,091
Resistenza superficiale esterna						0,040
TOTALE	0,53					1,134

Tab. 3.13 | Parametri termici del solaio in legno

Parametri termici						
Spessore	S	53	cm			
Trasmittanza termica	U	0,882	W/m ² K			
Resistenza termica	R	1,134	m ² K/W			
Massa superficiale	М	288,70	Kg/m ²			
Capacità termica	С	376,58	kJ/ m ² K			
Trasmittanza termica periodica	YIE	0,190	W/ m ² K			
Capacità termica aereica interna	k1	68,39	kJ/m ² K			
Capacità termica aereica esterna	k2	56,14	kJ/m ² K			
Fattore di attenuazione	fd	0,215	-			
Sfasamento	φ	11,27	h			

Tab. 3.14 | Calcolo della trasmittanza termica volta in muratura

Descrizione	S	λ [\Λ//aa/<]	ρ , 31	C []/[cm/2]	μ	R
(dall'interno verso l'esterno)	[m]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kgK]	[-]	[m ² K/W]
Resistenza superficiale interna				0,170		
Pavimento in legno	0,020	0,220	850,00	2400,00	60	0,091
Assito in legno	0,030	0,180	710,00	1000,00	74	0,167
Scorie espanse sfuse	0,180	0,130	600,00	840,00	4	1,385
Volta in mattoni	0,250	0,900	2000,00	840,00	10	0,278
Intonaco	0,020	0,800	1600,00	1000,00	6	0,025
Resistenza superficiale esterna				0,040		
TOTALE	0,50		·			2,155

Tab. 3.15 | Parametri termici della volta in muratura

Parametri termici							
Spessore	S	50	cm				
Trasmittanza termica	U	0,464	W/m ² K				
Resistenza termica	R	2,155	m ² K/W				
Massa superficiale	М	678,30	Kg/m ²				
Capacità termica	С	604,82	kJ/ m ² K				
Trasmittanza termica periodica	YIE	0,028	W/ m ² K				
Capacità termica aereica interna	k1	40,62	kJ/m ² K				
Capacità termica aereica esterna	k2	105,69	kJ/m ² K				
Fattore di attenuazione	fd	0,061	-				
Sfasamento	φ	18,54	h				

Tab. 3.16 | Calcolo della trasmittanza termica solaio in acciaio con lamiera grecata

Descrizione	S	λ	ρ	С	μ	R
(dall'interno verso l'esterno)	[m]	[W/mK]	[kg/m ³]	[J/kgK]	[-]	$[m^2K/W]$
Resistenza superficiale interna				0,100		
Pavimento in legno	0,020	0,220	850,00	2400,00	60	0,091
Malta di cemento + Soletta in calcestruzzo	0,210	-	2400,00	1000,00	100	0,330
Cartongesso in lastre	0,020	0,250	900,00	1000,00	4	0,080
Resistenza superficiale esterna						0,040
TOTALE	0,25					0,641

Tab. 3.17 | Parametri termici della volta in muratura

Parametri termici							
Spessore	S	25	cm				
Trasmittanza termica	U	1,560	W/m ² K				
Resistenza termica	R	0,641	m ² K/W				
Massa superficiale	М	539,00	Kg/m ²				
Capacità termica	С	562,80	kJ/ m ² K				
Trasmittanza termica periodica	YIE	0,280	W/ m ² K				
Capacità termica aereica interna	k1	63,21	kJ/m ² K				
Capacità termica aereica esterna	k2	78,28	kJ/m ² K				
Fattore di attenuazione	fd	0,180	-				
Sfasamento	φ	11,05	h				

Si riporta nel seguito lo schema riepilogativo dei componenti opachi orizzontali

Tab. 3.18 | Schedatura involucro opaco orizzontale

Involucro Componente_CHIUSURE OPACHE ORIZZONALI					
Tipologia	Confina con	Spessore	Stratigrafia	Trasmittanza	
Solaio in legno	Ambiente riscaldato	0,53 m	_Pavimento in legno _Sotto palchetto in tavole _Spianamento in terra _Tavole di impalcato _Travetti secondari _Traviprincipali	0,882 W/m ² K	
Volta in muratura	Ambiente riscaldato / non riscaldato	0,50 m	_Pavimento in legno _Sotto palchetto in tavole _Spianamento in terra _Muratura _Intonaco	0,464 W/m ² K	
Solaio in acciaio con lamiera grecata	Ambiente riscaldato	0,45 m	_Palchetto _Sotto fondo in calcestruzzo _Lamiera grecata + cls _Trave in acciaio NP _Lastra in gesso	1,560 W/m ² K	

3.4 Caratterizzazione dell'impianto

Il sistema impiantistico comprende:

- Un **impianto di generazione G** costituito da n. 2 caldaie, installate nel 2010, a condensazione alimentate a gas metano a funzionamento intermittente su 5 giorni la settimana;
- Un sistema di regolazione R costituito da una regolazione di zona oltre che dalla regolazione climatica;
- Il **sistema di distribuzione** D costituito da tubazioni in parte sottotraccia ed in parte a vista nei locali;
- Un sistema di emissione E con radiatori in ghisa;

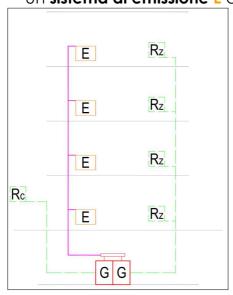


Fig. 3.9 | Schematizzazione del sistema impiantistico



Fig. 3.10 | Targa del generatore di calore



Fig. 3.11 | Radiatore tipo all'interno di un ufficio

3.5 Definizione delle zone termiche

Dopo aver caratterizzato i vari componenti dell'edificio, occorre definire le zone termiche che saranno oggetto di calcolo da parte del software di modellazione energetica. Dovranno quindi essere definite le superfici che, attraverso i componenti opachi e trasparenti sopra individuati, confinano con altri ambienti non climatizzati o direttamente con l'esterno.

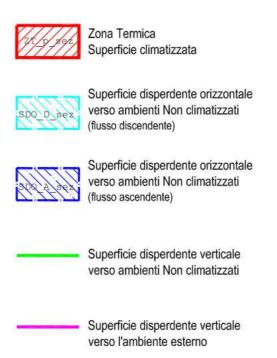


Fig. 3.12 | Legenda della definizione delle zone termiche e delle superfici disperdenti

Come meglio evidenzato nelle planimetrie seguenti, le superfici climatizzate, oltre agli ambienti principali a destinazione uffcio e di servizio quali i servizi igienici, comprendono anche i corridoi interni in quanto negli stessi sono presenti elementi riscaldanti al fine, anche in considerazione degli aspetti di comfort nei luoghi di lavoro ai sensi del D. Lgs. 81/2008, di mantenere una temperatura costante di progetto di 20°C.

Le zone termiche e i relativi dati dimensionali sono riportati nella tabella seguente:

Tab. 3.19 | Zone termiche e relative destinazioni d'uso e dati dimensionali

ZONE TERMICHE						
Denominazione zona	D'estinazione d'uso D.P.R. 412/1993	Superficie [m ²]	Altezza media [m]	Volume netto [m³]		
ZT_T_a	E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	124,23	4,15	515,56		
ZT_T_b	E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	200,74	4,15	833,07		
ZT_1	E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	512,41	4,15	2.126,50		
ZT_2	E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	490,89	3,45	1.693,57		
ZT_3	E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	490,89	3,10	1.521,76		

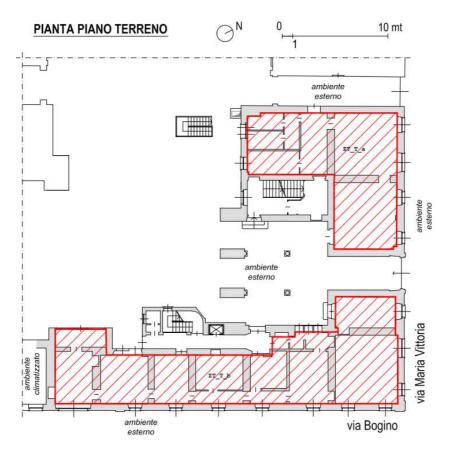


Fig. 3.13 | Piano Terreno, superficie climatizzata

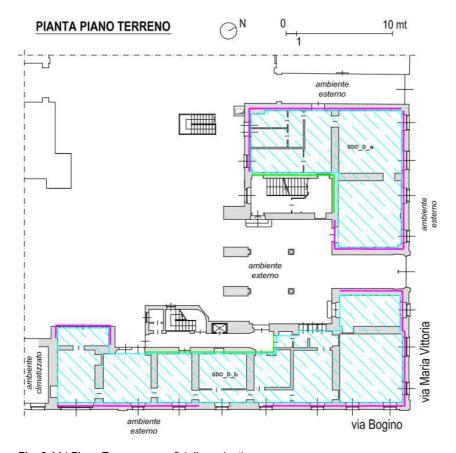


Fig. 3.14 | Piano Terreno, superfici disperdenti

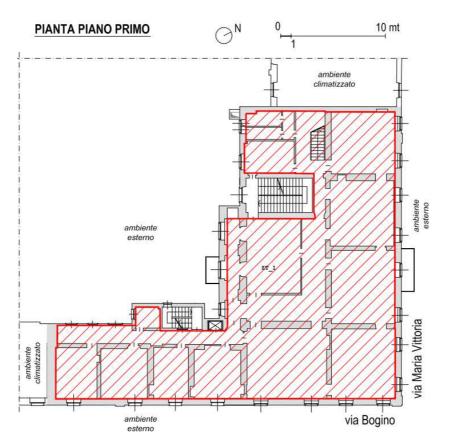


Fig. 3.15 | Piano Primo, superficie climatizzata

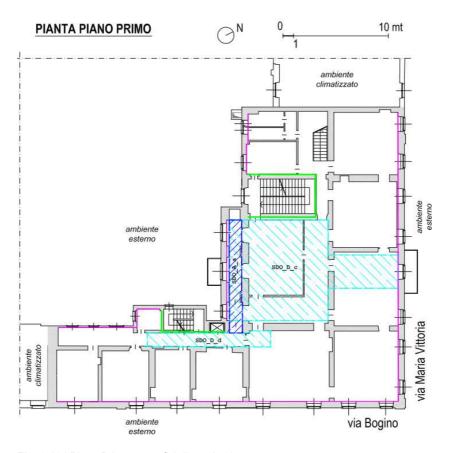


Fig. 3.16 | Piano Primo, superfici disperdenti

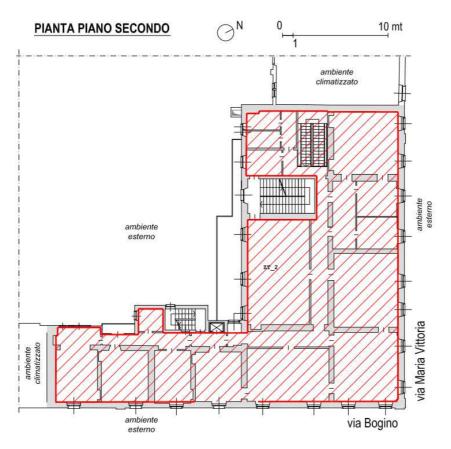


Fig. 3.17 | Piano Secondo, superficie climatizzata



Fig. 3.18 | Piano Secondo, superfici disperdenti

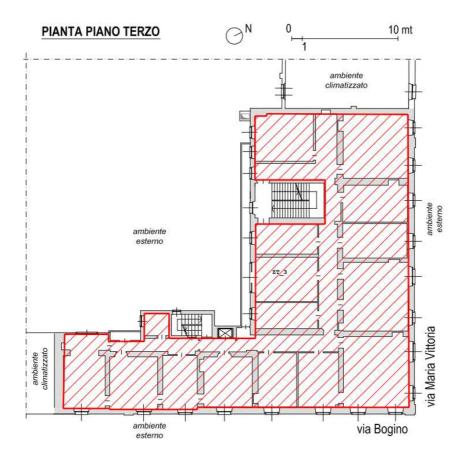


Fig. 3.19 | Piano Terzo, superficie climatizzata



Fig. 3.20 | Piano Terzo, superfici disperdenti

3.6 Apporti termici

Per le varie zone termiche come sopra individuate, sono definiti i seguenti apporti termici conseguenti all'occupazione dell'edificio e alla presenza di apparecchiature.

Tab. 3.20	Zone termiche	e relative	destinazioni	d'uso e da	ti dimensionali
-----------	---------------	------------	--------------	------------	-----------------

APPORTI TERMICI							
Denominazione	Persone	Apparecchiature					
zona	presenti [nr]	Pc Schermo Stampante Foto [nr] [nr] [nr]					
ZT_T_a	8	8	8	2	1		
ZT_T_b	7	7	7	3	2		
ZT_1	32	32	32	4	2		
ZT_2	35	35	35	4	2		
ZT_3	38	38	38	4	2		

3.7 Software di calcolo e risultati della modellazione

La modellazione energetica è stata effettuata utilizzando il software Blumatica Energy – Diagnosi che valuta il consumo dell'edifcio attraverso un calcolo semistazionario che integra la norma tecnica di cui alla serie UNI TS 11300. Tale software, secondo quanto previsto dall'art. 7 c.1 del D.M. 26/06/2015, è provvisto di garanzia di conformità rilasciata da parte del Comitato Termotecnico Italiano.



Fig. 3.21 | Certificazione di conformità del software rilasciata dal CTI

Gli esiti della valutazione sono riportati nella tabella seguente

Tab. 3.21 | Risultati della diagnosi energetica adattata all'utenza

DIAGNOSI ENERGETICA: INDICI ENERGETICI GLOBALI						
Parametro	U.m.	Utenza (Tailored Rating)				
Fabbisogno totale di energia primaria non rinnovabile	kWh/ anno	308.230,70				
Fabbisogno totale di energia primaria rinnovabile	kWh/ anno	0,00				
Fabbisogno totale di energia primaria	kWh/ anno	308.230,70				
Fabbisogno specifico totale di energia primaria rinnovabile	kWh/ m²anno	0,00				
Fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile	kWh/ m²anno	142,35				
Produzione CO2	kg/ m²anno	28,67				
Costo produzione energia	€	21.628,99				

Le percentuali di incidenza delle dispersioni termiche sono pari a:

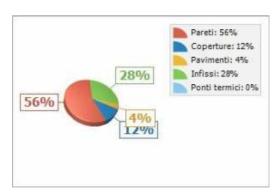


Fig. 3.22 | Incidenza percentuale delle dispersioni termiche

La percentuale delle **superfici disperdenti** è pari a:

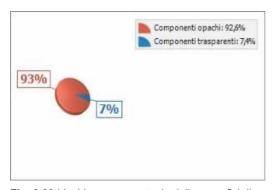


Fig. 3.23 | Incidenza percentuale delle superfici disperdenti

Le dispersioni dei componenti suddivise per percentuale di esposizione sono indicate nel grafico seguente:

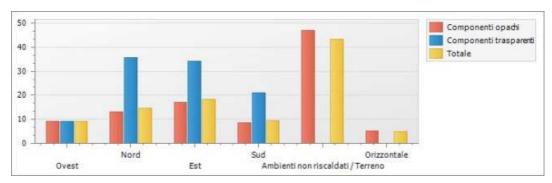


Fig. 3.24 | Esposizione percentuale dei componenti trasparenti

In funzione del fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile dell'edificio calcolato in base al **sistema nazionale di certificazione energetica** di cui al D. M. 26/06/2015, e pari a 159,59 kWh/m² anno, palazzo Ferrero della Marmora risulta essere classificato in **classe energetica F**. Qualora l'immobile fosse stato costruito al momento attuale, rispettando l'odierna normativa, la classificazione sarebbe stata A1 con un Epgl,nren pari a 53,52 kWh/m² anno.

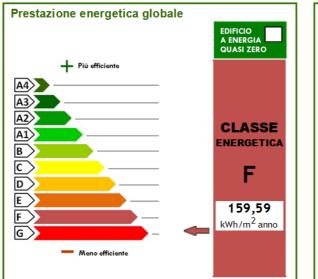




Fig. 3.25 | Targa energetica di Palazzo Ferrero della Marmora

CAP. 4 | VALUTAZIONI SUL MIGLIORAMENTO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

4.1 Le strategie di miglioramento energetico degli edifici

Le strategie di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, riferite tanto alla componente edificio quanto a quella impiantistica, possono essere riassunte secondo lo schema seguente

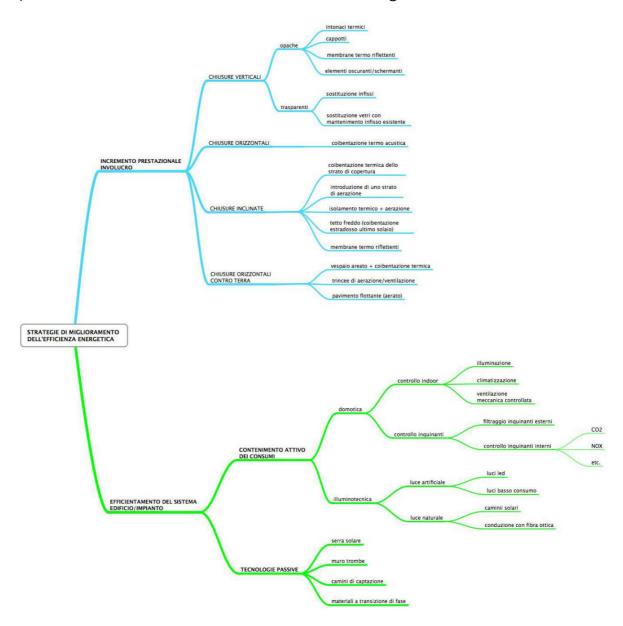


Fig. 4.1 | Possibili strategie di miglioramento dell'efficienza energetica di un edificio [23].

L'individuazione dello scenario di intervento da attuare, che contiene la scelta tra le varie possibili misure di miglioramento, deve essere valutato considerando i livelli prestazionali prescritti dalla normativa vigente in materia di contenimento dei consumi energetici e le istanze proprie della disciplina del restauro che, come specificato dal D.Lgs. 42/2004, devono garantre la tutela del bene culturale oggetto di

intervento. A tal fine è opportuno evidenziare quanto tale valutazione debba essere riferita non solo alla scala dell'edificio ma anche a quella del contesto in cui il bene culturale è inserito ed assume significato.

Relativamente alla tipologia dei possibili interventi il D.M. 26/06/2015, all'allegato 1, prevede la seguente classificazione:

- Nuova costruzione:
- Demolizione e ricostruzione:
- Ampliamento e sopraelevazione;
- Ristrutturazione importante di I livello;
- Ristrutturazione importante di II livello;
- Ristrutturazione dell'impianto;
- Sostituzione del generatore di calore;

Le **prescrizioni da rispettare**, calibrate in relazione alla tipologia di intervento da eseguirsi, fanno riferimento ai seguenti parametri

■ EP _{H, nd}	[kWh/m²]	Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento;
■ EP _{C, nd}	[kWh/m ²]	Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;
■ EP _{H, nd}	[kWh/m²]	Indice di prestazione energetica globale dell'edificio. Si esprime in energia primaria non rinnovabile o totale;
■ H' _T	[W/m ² K]	Coefficiente medio globale di scambio termico;
■ U _{op}	[W/m²K]	Trasmittanza termica strutture opache;
■ U _w	[W/m ² K]	Trasmittanza termica strutture trasparenti;
■ Y _{IE}	[W/m ² K]	Trasmittanza termica periodica;
■ I _{m,s}	[W/m ²]	Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione estiva;
■ M _s	[kg/m²]	Massa superficiale;
■ A _{sol, est} / A _{sup utile}	[-]	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;
■ g gl + sh	[-]	Fattore di trasmissione solare totale;
■ η _H	[-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;
■ η _W	[-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria;
■ η _H	[-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva compreso l'eventuale controllo di umidità;
■ BACS	[-]	Livello di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici ⁷ ;

Si riporta nel seguito lo schema riassuntivo delle prescrizioni normative previste per le varie categorie di intervento [24]:

_

⁷ Livelli definiti dalla tabella 1 della norma UNI EN 15232

TIPOLOGIA INTERVENTO REQUISITI NORMATIVI Nuova costruzione EP_{H, nd} ≤ lim Edificio il cui titolo • $EP_{C, nd} \leq lim$ abilitativo sia stato • EP_{ql, nd} < lim richiesto dopo l'entrata H'_T ≤ lim in vigore del D.M. U divisori ≤ 0,8 W/m²K 26/06/2015 verifica dell'assenza di formazioni di muffa e condensa interstiziale Demolizione e ricostruzione per le località in cui I_{m,s} ≥ 290 W/m² Edificio sottoposto a le pareti opache verticali, orizzontali e demolizione e inclinate rispettino Y_{IE} e M_s lim ricostruzione. Asol, est / A sup utile < lim qualunque sia il titolo valutare l'efficacia dei sistemi abilitativo necessario shcermanti delle superfici vetrate • valutare l'efficacia, per le strutture di Ampliamento e sopraelevazione copertura, dell'utilizzo di materiali a Ampliamento di edificio elevata riflettanza solare e di esistente, munito di tecnologie di climatizzazione passiva nuovi impianti tecnici, integrazione fonti rinnovabili per il quale valga termiche ed elettriche in base al almeno una delle D.Lgs. 28/2011 sequenti condizioni: • η_H ≥ lim • η_W ≥ lim nuovo volume lordo • $\eta_C \ge \lim_{n \to \infty} \frac{1}{n}$ climatizzato > 15% - BACS > classe B volume lordo rispetto dei limiti e prescrizioni sulla climatizzato esistente termoregolazione e contabilizzazione nuovo volume lordo del calore climatizzato > 500 m³ rispetto dei limiti e prescrizioni sulla installazione di generatori di calore a Ristrutturazione importante biomasse di I livello rispetto dei limiti e prescrizioni per il Ristrutturazione che trattamento dell'acqua di impianto e la preveda contabilizzazione del volume di acs contemporaneamente: rispetto dei limiti e prescrizioni per la intervento micro cogenerazione sull'involucro edilizio • rispetto dei limiti e prescrizioni per con incidenza > 50% ascensori della sup. disperdente Impianto predisporre collegamenti se presenti lorda complessiva reti di teleriscaldamento e S > 50%ristrutturazione raffrescamento in prossimità dell'impianto termico dell'edificio per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.

Fig. 4.2 | Prescrizioni tecniche sugli interventi di efficientamento energetico di cui al D.M. 26/06/2015 Allegato 1 p.ti 1.3 e 1.4.1

TIPOLOGIA INTERVENTO REQUISITI NORMATIVI Ristrutturazione importante H'_T ≤ lim di II livello U_{op} ≤ lim U_w < lim deroga di 10 cm sulle altezze Intervento sull' minime dei locali di abitazione involucro edilizio con verifica dell'assenza di formazioni incidenza > 25% della di muffa e condensa interstiziale sup. disperdente lorda $g_{gl+sh} < 0.35$ complessiva e può valutare l'efficacia, per le strutture interessare l'impianto di copertura, dell'utilizzo di materiali a termico per il elevata riflettanza solare e di servizio di tecnologie di climatizzazione passiva climatizzazione integrazione fonti rinnovabili invernale e/o estiva. termiche ed elettriche in base al D.Lqs. 28/2011 Riqualificazione energetica U_{op} ≤ lim dell'involucro U_w ≤ lim deroga di 10 cm sulle altezze minime dei locali di abitazione verifica dell'assenza di formazioni di muffa e condensa interstiziale Intervento sull' $q_{al+sh} < 0.35$ involucro edilizio con valutare l'efficacia, per le strutture incidenza < 25% della di copertura, dell'utilizzo di materiali a sup. disperdente lorda elevata riflettanza solare e di complessiva tecnologie di climatizzazione passiva rispetto dei limiti e prescrizioni sulla termoregolazione

Fig. 4.3 | Prescrizioni tecniche sugli interventi di efficientamento energetico di cui al D.M. 26/06/2015 Allegato 1 p.ti 1.4.1 e 1.4.2

TIPOLOGIA INTERVENTO REQUISITI NORMATIVI Ristrutturazione dell'impianto deroga di 10 cm sulle altezze minime dei locali di abitazione • η_H, η_W, η_C > lim effettuare diagnosi energetica dell'edificio e dell' impianto rispetto dei limiti e prescrizioni sulla termoregolazione e contabilizzazione del calore rispetto dei limiti e prescrizioni sulla installazione di generatori di calore a Gli interventi di biomasse ristrutturazione di rispetto dei limiti e prescrizioni per impianto termico la sostituzione degli apparecchi di asservito all'edificio per illuminazione i servizi rispetto dei limiti e prescrizioni per di riscaldamento, di l'installazione, sostituzione o raffrescamento e riqualificazione degl impianti di produzione di ACS. ventilazione rispetto dei limiti e prescrizioni per il trattamento dell'acqua di impianto e la contabilizzazione del volume di acs rispetto dei limiti e prescrizioni per la micro cogenerazione rispetto dei limiti e prescrizioni per ascensori Sostituzione del generatore \bullet η_H , η_W , $\eta_C \geq \lim_{N \to \infty} \frac{1}{N}$ rispetto dei limiti e prescrizioni per la sostituzione del generatore di calore, la sostituzione di macchine frigorifere e la sostituzione di generatori di calore per ACS rispetto dei limiti e prescrizioni sulla Gli interventi di termoregolazione e contabilizzazione sostituzione del solo del calore generatore e rispetto dei limiti e prescrizioni sulla installazione di installazione di generatori di calore a generatori e/o altri biomasse impianti tecnici per il rispetto dei limiti e prescrizioni per il soddisfacimento dei trattamento dell'acqua di impianto e servizi dell'edificio la contabilizzazione del volume di acs rispetto dei limiti e prescrizioni per la micro cogenerazione

Fig. 4.4 | Prescrizioni tecniche sugli interventi di efficientamento energetico di cui al D.M. 26/06/2015 Allegato 1 p.ti 1.4.2 e 6.1

I valori calcolati dei vari parametri sopra considerati ed i rispettivi limiti massimi ammissibili previsti dal decreto sono raffrontati nella tabella seguente

Tab. 4.1 | Parametri di calcolo risultanti dalla valutazione e rispettivi valori limite stabiliti dal D.M. 26/06/2015

PARAMETRI DI CALCOLO E RISPETTIVI VALORI LIMITI							
Parametro	U.m.	Valore	\$	Limite	Verifica		
H'⊤ Coefficiente medio globale di scambio termico	W/m ² K	1,05	<	0,75	NON verificato		
A _{sol, est} / A _{sup utile} Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile	-	0,03	<	0,04	Verificato		
EP _{H, nren} Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale	kW/m²anno	153,15	<	43,66	NON verificato		
EP _{W, nren} Indice di prestazione energetica per la produzione acqua calda sanitaria	kW/m²anno	6,44	٧	9,87	Verificato		
EP _{gl, nren} Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale	kW/m²anno	159,59	'	53,52	NON verificato		
η _H Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale	-	0.75	^	0,73	Verificato		
H _W Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria	-	0,87	>	0,57	Verificato		
U _{op} Coperture / Locali non riscaldati	W/m ² K	0,88	<	0,22	NON verificato		
U _{op} Pavimenti	W/m ² K	0,46	<	0,26	NON verificato		
U _{op} Strutture verticali	W/m ² K	1,16	<	0,26	NON verificato		
U _w Chiusure tecniche trasparenti	W/m ² K	5,00	<	1,40	NON verificato		

Il raffronto tra i parametri di calcolo ed i limiti normativi evidenzia che il focus degli interventi migliorativi dovrà essere indirizzato sulla componente dell'edificio piuttosto che su quella impiantistica in quanto le prestazioni dell'involucro risultano essere non verificate.

4.2 Individuazione degli ambiti di intervento

Come criterio guida per la definizione delle strategie di miglioramento dell'efficienza energetica si propone di analizzare l'incidenza percentuale delle dispersioni termiche per l'edificio analizzato così come già riportato nella precedente fig. 3.22



Da quanto precede si evidenzia che la percentuale maggiore delle dispersioni attiene al componente opaco verticale e alle chiusure trasparenti, si procederà quindi ad analizzare i relativi possibili interventi di miglioramento e l'impatto che questi comportano sul bene culturale. A tal fine si prenderanno come riferimento le schede di intervento contenute nelle "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" del Ministero dei Beni e delle attività culturali e del turismo del 2015.

COMPONENTE OPACO VERTICALE

In. 04 Isolamento esterno

In. 05 Intonaco termoisolante esterno

In. 06 Isolamento interno

CHIUSURE TRASPARENTI

In. 07 Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica

In. 08 Sostituzione dei vetri con modelli isolanti o captanti su telaio esistente

In. 12 Applicazione a vetro di pellicole speciali isolanti o captanti

M.04 CS.04 Isolamento esterno Principio di funzionamento unità tecnologica L'isolamento esterno dell'edificio, sviluppato uniformemente senza interruzioni su tutta la superficie (tipo a cappotto) è in grado di creare una barriera continua al passaggio del calore e di controllare la formazione di umidità all'interno della parete. Esso consiste nell'applicazione, sull'intera superficie esterna dell'edificio, di pannelli isolanti che vengono protetti da uno spessore di finitura protettivo, realizzato con particolari intonaci. Nella riqualificazione di edifici storici, per la reversibilità dell'intervento è chiusure buona norma evitare l'incollaggio dei pannelli, prevedendo piuttosto l'uso opache di tasselli omologati o profili, a seconda delle caratteristiche di complanarità del supporto murario. La scelta dell'isolante deve conformarsi alla permeabilità e traspirabilità del sistema murario: in caso di edifici massivi, è indicato l'uso di materiali fibrosi naturali organici M.4 dotati di buone adeguamento superficiale proprietà igroscopiche. Applicabilità compatibilità reversibilità invasività L'isolamento esterno rappresenta un'alterazione dei prospetti dell'edificio; può dunque essere realizzato solo nel caso in cui sia compatibile con i ca-B M A B M A B M A ratteri estetici e tecnologici della facciata. Inoltre, l'intervento può essere poco conveniente qualora la morfologia dell'edificio presenti un numero notevole di discontinuità geometriche che non possono essere interrotte, o rivestite dalla strato isolante (ad esempio, se sono presenti balconi o logge). Dato che l'isolamento esterno consente l'uso delle murature come massa termica, la soluzione è ottimizzata per ambienti con funzionamento continuo dell'impianto di riscaldamento. Vantaggi - Svantaggi - Rischi Lo svantaggio maggiore dell'isolamento a cappotto consiste nella modifica dei prospetti esterni; inoltre, esso influisce fortemente sul comportamento igrometrico dell'edificio. I vantaggi principali risiedono nella possibilità di rivestire in maniera uniforme la superficie esterna, garantendo un buon controllo dei ponti termici per edifici privi di elementi volumetrici sporgenti e limitando le dispersioni termiche e il proliferare di condensa superficiale, macchie di umidità o muffe all'interno dei locali. Inoltre il cappotto, aumentando lo spessore del muro verso l'esterno non porta via spazio ai vani interni come invece si verifica con l'isolamento a fodera interna In.6. L'uso di un isolante esterno, infine, consente di sfruttare l'inerzia termica delle pareti sul lato interno dell'edificio per stabilizzare le condizioni di comfort e aumentare il riscaldamento radiativo, ottimizzando il funzionamento dell'impianto di climatizzazione. La massa termica può poi essere isolante utilizzata, durante l'estate, per assorbire e dissipare il calore in eccesso, migliorando il raffrescamento passivo dell'edificio. esterno Sinergie e Interazioni L'isolamento esterno delle chiusure verticali è maggiormente efficace nella riduzione dei ponti termici se abbinato all'isolamento delle coperture In.1-2-3 e dell'attacco a terra In.14-15 e alla sostituzione, integrazione o

Riferimenti normativi

U massimo di 0,35 W/m2K per il restauro di una parete esterna

bene garantire un certo grado di ventilazione al sistema.

UNI EN ISO 13788:2003, Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.
UNI EN ISO 10211:2008, Ponti termici in edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

D.M. 26.01.2010. Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici.

rinnovo degli infissi In.7-8; per evitare fenomeni di condensa, tuttavia, è

Fig. 4.5 | Scheda di intervento isolamento esterno. "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" MIBACT, 2015.

isolare

accumulare

Intonaco termoisolante esterno

M.03

CS.08

Principio di funzionamento

La sostituzione dell'intonaco esterno con un intonaco termoisolante garantisce una buona riduzione dei ponti termici anche in presenza di apparati decorativi o volumetrie sporgenti intonacate. Il materiale è costituito da una malta premiscelata a base di inerti leggeri, leganti idraulici e speciali resine additivanti che migliorano le proprietà termiche dell'intonaco tradizionale. Nella riqualificazione di edifici vincolati, l'uso di calci naturali o l'aggiunta nell'impasto di isolanti espansi o fibrosi M.3 garantisce caratteristiche di traspirabilità e permeabilità dell'involucro vicine a quelle della muratura tradizionale, senza alterarne il comportamento igroscopico. Le capacità coibenti dell'intonaco termoisolante sono inferiori a quelle dell'isolamento a cappotto, sia per la maggiore conducibilità termica dei materiali impiegati che per i ridotti spessori; per questa ragione, risulta conveniente, qualora possibile, applicare strati successivi di intonaco fino a raggiungere spessori dai 4 ai 6 centimetri, che garantiscono una media coibentazione dell'edificio.

Applicabilità

L'intonaco termoisolante può essere applicato nel caso in cui l'isolamento a cappotto non sia compatibile con i caratteri estetici e tecnologici delle facciate; inoltre, l'intonaco deve ricoprire i prospetti uniformemente. Dato che l'intonaco termoisolante esterno consente l'uso delle murature come massa termica, la soluzione è ottimizzata per ambienti con funzionamento continuo dell'impianto di riscaldamento.

Vantaggi - Svantaggi - Rischi

L'intonaco termoisolante ha un potere coibente inferiore rispetto agli altri

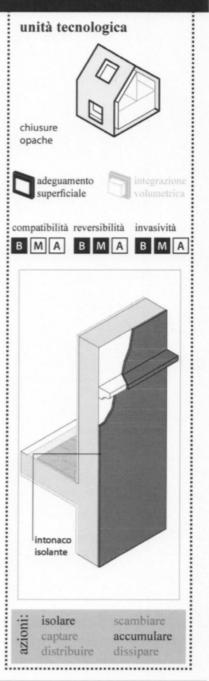
D'altra parte, esso rappresenta l'ottimizzazione di materiali tradizionali, la cui funzione protettiva li rende deperibili e, in genere, richiede la loro sostituzione periodica: per questa ragione, l'intervento può inserirsi nelle comuni attività di manutenzione delle facciate. Inoltre, le tecniche di posa non richiedono alcuna modifica rispetto ai sistemi correnti, purché sia garantito uno spessore uniforme e continuo dell'intonaco.

Inoltre, l'uso di calci naturali e di isolanti fibrosi inorganici come additivi non altera il comportamento igrometrico delle murature, evitando la formazione di condensa interstiziale, macchie di umidità o muffe.

Infine, la facilità di posa riduce il rischio di ponti termici derivanti da cattiva esecuzione dell'intervento di isolamento.

Sinergie e Interazioni

L'intonaco termoisolante rappresenta un'alternativa rispetto all'isolamento a cappotto. Per una migliore coibentazione dell'edificio, esso andrebbe abbinato alla sostituzione, integrazione o rinnovo degli infissi In.7-8 e all'isolamento delle coperture In.1-2-3 e dell'attacco a terra In.14-15, sia con intonaco termoisolante che con sistemi a cappotto, purchè le proprietà coibenti dei materiali utilizzati non siano troppo diversificate, in modo da evitare ponti termici in corrispondenza delle giunzioni.



Riferimenti normativi

U massimo di 0,35 W/m²K per il restauro di una parete esterna
UNI EN ISO 13788:2003, Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano. UNI EN ISO 10211:2008, Ponti termici in edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

D.M. 26.01.2010, Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici.

Fig. 4.6 | Scheda di intervento intonaco termoisolante esterno. "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" MIBACT, 2015.

Isolamento interno

CS.02	M.01	
CS.03	M.02	
CS.04	M.03	

Principio di funzionamento

L'isolamento sulle pareti interne dell'edificio consente di migliorare la coibentazione dell'involucro, ma non garantisce l'eliminazione delle discontinuità termiche, con possibile formazione di condensa interstiziale, macchie di umidità o muffe. In particolare, esso permette di eliminare i ponti termici relativi agli spigoli verticali e al giunto tra serramento e parete, mentre i ponti termici strutturali tra chiusura verticale e struttura orizzontale richiedono il risvolto dello strato isolante verso l'interno per almeno 100-150 centimetri. Dato che l'intervento determina una diminuzione del volume utile del fabbricato, è buona norma scegliere materiali isolanti con alte prestazioni anche in presenza di spessori ridotti, come gli isolanti termoriflettenti M.1 o sottovuoto M.2, che non necessitano di barriera al vapore; in ogni caso, in presenza di pareti massive è bene impiegare componenti con proprietà di traspirabilità e permeabilità analoghe a quelle della muratura.

Applicabilità

L'isolante interno rappresenta un'alterazione delle pareti interne dell'edificio; può dunque essere realizzato nel caso in cui sia compatibile con i caratteri estetici e tecnologici dei rivestimenti interni. A causa della minore efficienza rispetto all'isolamento esterno, l'intervento viene preferito qualora le facciate esterne non possano essere alterate o non siano intonacate, oppure quando la morfologia dell'edificio presenti un numero notevole di volumi sporgenti come balconi o logge, la cui discontinuità non viene interrotta da un isolamento a cappotto In.4. L'isolamento interno, escludendo l'uso delle murature come massa termica, è preferibile nel caso di ambienti con un uso intermittente dell'impianto di riscaldamento, che entra a regime più rapidamente.

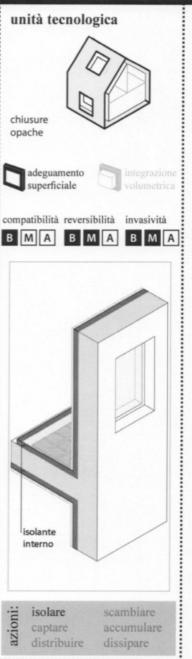
Vantaggi - Svantaggi - Rischi

Rispetto all'isolamento esterno, l'isolamento interno presenta maggiori discontinuità e, per la riduzione dei ponti termici, necessita di uno sviluppo maggiore delle superfici da rivestire: le facciate verticali, più il risvolto su soffitti e pavimenti di ogni ambiente. Ciò riduce anche il volume utile interno e può creare pendenze o dislivelli sulle superfici orizzontali. Inoltre, l'isolamento interno limita l'assorbimento del calore da parte delle masse termiche, aumentando gli sbalzi di temperatura e impedendo il raffrescamento passivo radiativo delle pareti.

Nondimeno, l'intervento è di facile e rapida realizzazione e può essere attuato in maniera selettiva e scaglionata, benché tale modalità aumenti il rischio di condensa per la forte discontinuità delle proprietà termiche dell'involucro. Dato che l'isolamento interno, se risvoltato sulle superfici orizzontali, può richiedere notevoli opere di adeguamento (rifacimento o integrazione dei pavimenti, spostamento degli impianti), l'intervento è maggiormente conveniente quando abbinato alla manutenzione generale degli interni.

Sinergie e Interazioni

L'isolamento interno presuppone la fodera di tutte le superfici di confine, incluse le chiusure orizzontali; inoltre, nel caso di complesse morfologie interne, può essere integrato con l'uso di intonaci termoisolanti, con modalità analoghe agli intonaci termoisoanti esterni In.5.



Riferimenti normativi

U massimo di 0,35 W/m²K per il restauro di una parete esterna
UNI EN ISO 13788:2003, Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

UNI EN ISO 10211:2008, Ponti termici in edilizia, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano

D.M.26.01.2010, Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici.

Fig. 4.7 | Scheda di intervento isolamento interno. "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" MIBACT, 2015.

Sostituzione del serramento con CS.02 M.05 M.06 M.09

Principio di funzionamento

Nel bilancio energetico di un involucro il serramento rappresenta un punto critico per le sue caratteristiche costruttive e funzionali, in quanto deve bilanciare le esigenze di isolamento termico, controllo solare, contatto visivo, comfort microclimatico e acustico e sicurezza degli utenti. La misura prevede la sostituzione delle finestre esistenti con serramenti ad alta prestazione energetica. Ai fini di un'ottimizzazione energetica, è necessario progettare un sistema di vetrazione che bilanci le prestazioni d'isolamento termico e controllo solare e in seguito scegliere le caratteristiche del telaio in relazione alle esigenze estetiche, al costo, alla prestazione termica, alla tenuta all'aria.

Applicabilità

La sostituzione completa delle finestre necessita innanzi tutto di una valutazione del valore intrinseco del serramento esistente. Se il serramento può essere considerato come elemento di pregio che contribuisce al valore dell'edificio, sarà necessario operare scelte meno incisive.

Vantaggi / Svantaggi / Rischi

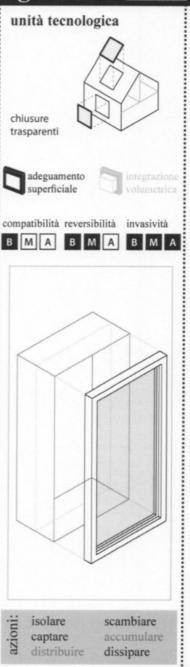
La sostituzione della finestra comporta:

- una riduzione del carico termico legato ai serramenti tra il 40% e l'80% a seconda del tipo di vetro che viene sostituito;
- un controllo del guadagno solare legato ai serramenti fino al 70% in caso di uno di vetri basso emissivi o selettivi;
- una riduzione delle infiltrazioni d'aria fino al 94% con un serramento ad alta tenuta.

L'installazione corretta di un nuovo serramento garantisce la tenuta all'aria evitando infiltrazioni indesiderate. Occorre tuttavia evitare che l'ermeticità dei nuovi componenti possa pregiudicare la ventilazione dei locali, che deve essere comunque garantita eventualmente attraverso ventilazione meccanica controllata o manuale. La mancanza di ricambi d'aria potrebbe portare alla formazione di condensa superficiale, causa di discomfort termico e di degrado delle pareti.

Sinergie e Interazioni

La scelta del tipo di serramento da inserire necessita di una valutazione attenta delle prestazioni in essere del serramento esistente, delle variabili climatiche locali, della posizione del serramento, della funzione dell'edificio e delle tecniche di posa in opera. È necessario considerare la compatibilità dimensionale e materica della finestra rispetto al vano murario e alla stratigrafia della parete esterna. È opportuno posare il serramento in continuità dell'isolamento termico e dell'intercapedine della parete, se presente; coibentare il cassonetto e il vano termosifone sotto finestra, se presenti. Sarà inoltre opportuno valutare il funzionamento energetico della muratura esistente, per far si che il comportamento della nuova finestra assecondi e non contrasti quello delle altre parti dell'edificio. I vantaggi portati dalla sostituzione dell'infisso sono fortemente influenzati dal tipo di telaio (fisso/mobile; taglio termico; tenuta all'aria) e dal tipo di vetro (vetri selettivi, vetri energetici, vetri camera, ecc.).



Riferimenti normativi

D.lgs 311.2006, Valori limite della trasmittanza termica "U" delle "chiuswe trasparenti comprensive degli infissi" (i serramenti completi) e dei vetri. UNI EN 14351-1:2010, Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali. UNI EN ISO 10077, Prestazione termica di finestre, porte e chiuswe oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica.

Fig. 4.8 | Scheda di intervento sostituzione del serramento con altri ad alta prestazione energetica. "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" MIBACT, 2015.

Sostituzione dei vetri su telaio esistente

CS.06 CS.07 CS.10

M.05 M.07 M.08

Principio di funzionamento

Il vetro tradizionale non ha buone proprietà di resistenza alla trasmissione del calore. La sua sostituzione con una vetratura dotata di una resistenza termica più elevata migliora la prestazione energetica dell'involucro in quanto riduce le perdite per trasmissione. L'inserimento di una nuova vetrazione comporta anche la riduzione delle infiltrazioni d'aria che di manifestano tra il vetro e il telaio. Per ottimizzare l'intervento è opportuno effettuare una sigillatura dell'involucro.

La misura prevede la sostituzione del vetro esistente con vetrazioni ad alta efficienza energetica, conservando il telaio originario. Il vetro deve bilanciare le esigenze di contenimento termico e controllo solare.

Applicabilità

La sostituzione dei vetri con modelli isolanti o captanti permette di ridurre le dispersioni termiche dell'edificio quando le caratteristiche tecniche o le scelte di carattere estetico-storico non consentono la sostituzione dell'intero serramento In.7. È di fondamentale importanza valutare la resistenza meccanica, lo stato di conservazione e la qualità delle prestazioni termiche del telaio esistente.

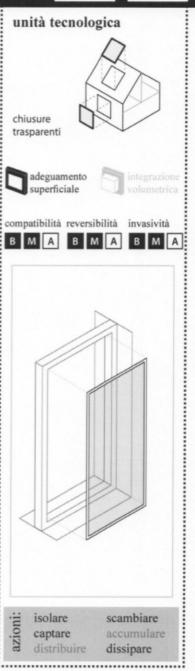
Vantaggi / Svantaggi / Rischi

La sostituzione della finestra comporta:

- una riduzione del carico termico legato ai serramenti tra il 50% e l'85% a seconda del tipo di vetro che viene sostituito;
- un controllo del guadagno solare legato ai serramenti tra il 27% e il 45% in caso di uno di vetri basso emissivi o selettivi;
- una riduzione delle infiltrazioni d'aria fino all'82% con un serramento ad alta tenuta.

Sinergie e Interazioni

La sostituzione dei vetri prevede l'impiego di modelli in grado di bilanciare la riduzione delle dispersioni energetiche con il guadagno solare. In base alla valutazione delle necessità energetiche dell'edificio/ambiente, dello stato di conservazione, delle caratteristiche materiche e dimenisonali, e dell resistenza del telaio, si potrà optare per vetri ad alte prestazioni energetiche del tipo: vetri con rivestimenti selettivi M.5, vetri isolanti M.6, vetri a selettività energetica M.7, vetri cromogenici M.9, vetri energetici M.8. Per ottimizzare l'intervento sarà opportuno sigillare le infiltrazioni d'aria provenienti dalle giunzioni tra il vano murario e il telaio In.11. Il vetro singolo può essere sostituito con una doppia vetrazione in presenza di un telaio in legno massello, lamellare, in alluminio o PVC a taglio termico, caratterizzato da condizioni di buona manutenzione e di tenuta all'aria e all'acqua.



Riferimenti normativi

D.lgs 311.2006, Valori limite della trasmittanza termica "U" delle "chiuswe trasparenti comprensive degli infissi" (i serramenti completi) e dei vetri. UNI EN 14351-1:2010, Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali.
UNI EN ISO 10077, Prestazione termica di finestre, porte e chiuswe oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica.

Fig. 4.9 | Scheda di intervento sostituzione dei vetri su telaio esistente. "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" MIBACT, 2015.

Applicazione al vetro di pellicole speciali isolanti o captanti

M.05

Principio di funzionamento

La misura prevede l'inserimento di pellicole speciali isolanti o captanti (basso emissive/selettive) per migliorare la resistenza termica del vetro e diminuire le dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro trasparente. L'inserimento di una pellicola basso-emissiva, costituita da un deposito di alluminio vaporizzato, consente di aumentare la prestazione termica del vetro riducendo le dispersioni per irraggiamento solare. Il rivestimento metallico riflette la radiazione infrarossa verso l'interno, limitando la dissipazione del calore e mantenendo le condizioni di comfort termico dell'utente. Deve essere inserito nella facciata più interna del serramento.

Applicabilità

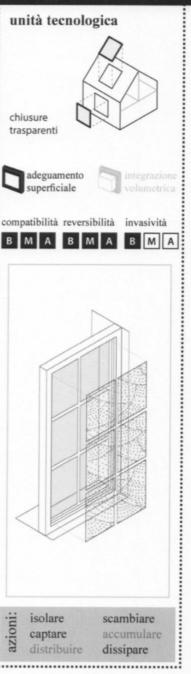
L'inserimento di una pellicola speciale è un tipo di operazione che consente di mantenere invariate le caratteristiche estetiche originarie del serramento, poiché la pellicola è trasparente. È dunque la più idonea per il restauro conservativo di edifici storici di valore storico-artistico. In ogni caso, è necessaria una valutazione dello stato di conservazione della finestra esistente per definire la fattibilità tecnica e la convenienza economica dell'intervento.

Vantaggi / Svantaggi / Rischi

Le pellicole di nuova concezione riducono le perdite di calore verso l'esterno fino al 30% e durante i mesi estivi riducono il calore solare fino al 70% e l'abbagliamento fino del 80%. Allo stato attuale della ricerca, il beneficio energetico apportato è troppo limitato per rendere l'operazione conveniente, poiché la dispersione del calore dall'interno rappresenta solo una componente di perdita del calore totale di un edificio. Tuttavia in caso di edifici di valore storico-artistico può rappresentare una buona soluzione di compromesso, se abbinata con la sigillatura delle infiltrazioni. La posa della pellicola deve essere eseguita da personale tecnico specializzato: una non corretta applicazione potrebbe generare problemi di aderenza e uniformità del collante, di compatibilità chimico-fisica tra pellicola e adesivo e di durabilità della pellicola. La manutenzione deve essere effettuata con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale.

Sinergie e Interazioni

La convenienza economica dell'intervento aumenta con la presenza di una doppia vetrazione costituita da vetri *float*, di telai con buone prestazioni di isolamento termico e l'assenza di infiltrazioni d'aria provenienti dalla giunzione tra vetrazione e telaio, telaio fisso e mobile, finestra e vano murario. Potrebbe essere necessaria la combinazione con interventi di isolamento e sigillatura delle infiltrazioni del telaio In.11.



Riferimenti normativi

D.lgs 311.2006, Valori limite della trasmittanza termica "U" delle "chiuswe trasparenti comprensive degli infissi" (i serramenti completi) e dei vetri. UNI EN 14351-1:2010, Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali. UNI EN ISO 10077, Prestazione termica di finestre, porte e chiuswe oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica.

Fig. 4.10 | Scheda di intervento applicazione al vetro di pellicole speciali isolanti o captanti. "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani" MIBACT, 2015.

Come evidenziato nella descrizione degli interventi riportata nelle schede è possibile esprimere una prima valutazione sugli stessi:

<u>Isolamento esterno</u>: La soluzione consente di migliorare la prestazione termica delle pareti mediante la posa di un isolante continuo sulla facciata esterna con la possibilità di raggiungere valori di trasmittanza termica conformi a quelli previsti dalla normativa vigente. Tuttavia l'intervento comporta l'alterazione dei prospetti, andando a coinvolgere le fasce marcapiano e le lesene bgnate a tutta altezza che caratterizzano la facciata. Per tale considerazione si ritiene non opportuno considerare tale soluzione.

Isolamento interno: si ha la possibilità di diminuire il valore della trasmittanza termica con materiali che presentano bassi valori di conducibilità termica ma a differenza dell'isolamento a cappotto aumentano i rischi di formazione di condensa interstiziale nelle pareti oltre ad avere la creazione di un ponte termico tra la parete ed il solaio. Intervenendo su un edificio storico come quello in analisi, si verrebbero infatti a creare dei punti in cui il gradiente di trasmittanza termica sarebbe elevato rispetto alla situazione attuale con rischio di concentrazione di dispersioni termiche. Infine la realizzazione di una contro parete interna, oltre a ridurre lo spazio interno impatta sulle pareti che presentano decorazioni a parete o arredi fissi storici che verrebbero occultati o comunque manomessi.

<u>Sostituzione dei vetri su telaio esistente</u>: L'inserimento di nuove specchiature consentirebbe il miglioramento della prestazione energetica relativamente al parametro vetro, tuttavia considerando il costo medio dell'intervento e lo stato di conservazione globale degli infissi si ritiene opportuno valutare le altre opzioni previste.

si ha la possibilità di diminuire il valore della trasmittanza termica con materiali che presentano bassi valori di conducibilità termica ma a differenza dell'isolamento a cappotto aumentano i rischi di formazione di condensa interstiziale nelle pareti oltre ad avere la creazione di un ponte termico tra la parete ed il solaio. Intervenendo su un edificio storico come quello in analisi, si verrebbero infatti a creare dei punti in cui il gradiente di trasmittanza termica sarebbe elevato rispetto alla situazione attuale con rischoi di concenteazione di dispersioni termiche. Infine la realizzazione di una contro parete interna, oltre a ridurre lo spazio interno impatta sulle pareti che presentano decorazioni a parete o arredi fissi storici che verrebbero occultati o comunque manomessi.

Sulla base di tali considerazioni si procede quindi a valutare gli interventi secondo la procedura di cui alla UNI EN 16883 che individua tra i vari criteri il costo del capitale da impiegare per la realizzazione

degli interventi e l'impatto che gli stessi forniscono sulla prestazione energetica.

4.3 Individuazione delle possibili strategie da attuare

4.3.1 Intonaco termoisolante esterno

La soluzione prevede la stesura di uno strato di intonaco termoisolante a base di vetro espanso in aggrappo al rinzaffo di sottofondo prodotto dalla Leca. Preliminarmente dovrà essere condotta una fase diagnostica finalizzata alla campionatura del colore della superficie esistente al fine di riproporre il medesimo colore nella fase di tinteggiatura finale.

La scheda tecnica del produttore prevede uno spessore massimo di 6 cm, ai fini del presente scenario si prevede la stesura di uno strato di 4 cm.

Le caratteristiche tecniche del prodotto sono riportate nela tabella seguente

Tab. 4.2 | Caratteristiche tecniche dell'intonaco termoisolante Laterlite [25]

INTONACO TERMOISOLANTE	
Parametro	Valore
Densità in opera	410 kg/m ³
Conducibilità termica	λ = 0,086 W/mK
Legante	Calce idraulica NHL 3.5
Permeabilità al vapore	$\delta_a = 3.5 \cdot 10^{-11} \text{ kg/msPa}$
Calore specifico	C = 1000 J/kgK
Resistenzaa compressione a 28 gg.	> 1 N/mm ²
Temperatura di applicazione	Da + 5°C a + 35°C
Dimensione dell'inerte	Diametro massimo 2 mm
Reazione al fuoco	EuroClasse A1
Spessori consigliati	Minimo 1 cm, massimo 6 cm
Resa in opera	0,25 sacchi/m² sp. 1 cm ca. (ca. 10 litri/m² sp. 1 cm)



Fig. 4.11 | Estratto della scheda tecnica dell'intonaco termoisolante Laterlite

La nuova stratigrafia della parete e il relativo calcolo della trasmittanza è riportato nel seguito

Tab. 4.3 | Calcolo della trasmittanza termica della parete sp. 0,50 m con applicazione di intonaco termoisolante

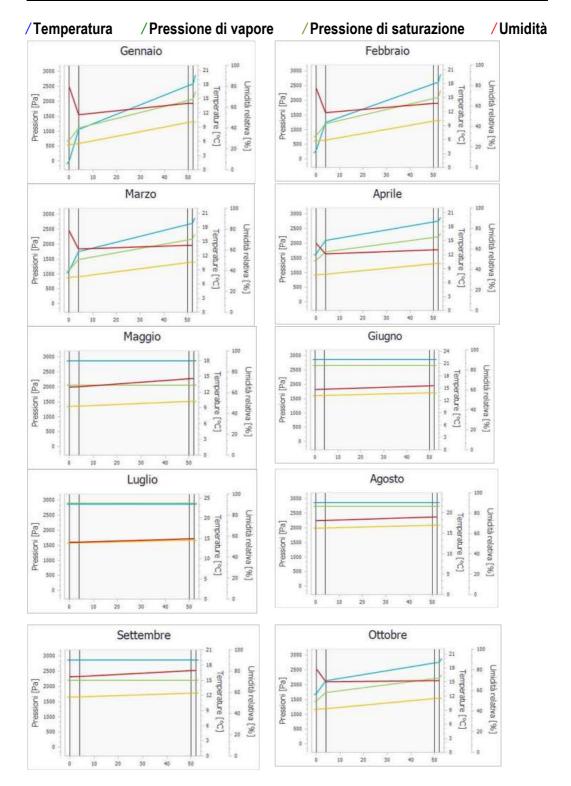
Descrizione	S	λ	ρ	C	μ	R
(dall'interno verso l'esterno)	[m]	[W/mK]	[kg/m³]	[J/kgK]	[-]	$[m^2K/W]$
Resistenza superficiale interna						0,130
Intonaco	0,020	0,800	1600,00	1000,00	6	0,025
Muratura in laterizio pareti esterne (um. 0,5%)	0,460	0,720	1800,00	740,00	7	0,639
Termointonaco Laterlite Leca	0,040	0,086	410,00	1000,00	4	0,465
Resistenza superficiale esterna						0,040
TOTALE	0,520					1,299

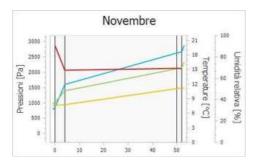
Tab. 4.4 | Parametri termici della parete sp. 0,50 m con applicazione di intonaco termoisolante

Parametri termici						
Spessore	S	52	cm			
Trasmittanza termica	U	0,770	W/m ² K			
Resistenza termica	R	1,299	m ² K/W			
Massa superficiale	М	876,40	Kg/m ²			
Capacità termica	С	661,12	kJ/m ² K			
Trasmittanza termica periodica	YIE	0,033	W/m ² K			
Capacità termica aereica interna	k1	61,37	kJ/m ² K			

Capacità termica aereica esterna	k2	25,66	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	fd	0,043	-
Sfasamento	φ	16,66	h

Diagrammi delle pressioni e delle temperature





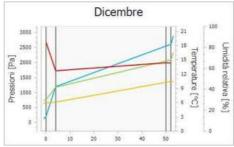


Fig. 4.12 | Diagramma delle pressioni e delle temperature parete sp. 0,50 m con applicazione di intonaco termoisolante

La verifica effettuata sulla nuova stratigrafia non ha evidenziato la formazione né di condensa superficiale e interstiziale né la formazione di muffe.

La stima del costo dell'intervento è stata effettuata utilizzando il Prezziario per le Opere e Lavori Pubblici della Regione Piemonte edizione 2021.

Cod.	Descrizione	U.M.	Prezzo unit.	Quantità	Prezzo
NP. 01	Diagnostica non distruttiva: analisi colorimetrica				
	dell'intonaco esistente	Cad.	200,00	1	200,00
01.P25.A60.005	Nolo di ponteggio tubolare esterno eseguito con tubo - giunto, compreso trasporto, montaggio, smontaggio, nonchè ogni dispositivo necessario per la conformita' alle norme di sicurezza vigenti, comprensivo della documentazione per l'uso (Pi.M.U.S.) e della progettazione della struttura prevista dalle norme, escluso i piani di lavoro e sottopiani da compensare a parte (la misurazione viene effettuata in proiezione verticale). Per i primi				
	30 giorni	m ²	9,53	1944	18.526,32
01.P25.A60.010	Per ogni mese oltre al primo	m ²	1,63	1944	3.168,72
01.P25.A70.005	Montaggio e smontaggio di ponteggio tubolare comprensivo di ogni onere, la misurazione viene effettuata in proiezione verticale.	m ²	2,99	1944	5.812,56

Cod.	Descrizione	U.M.	Prezzo unit.	Quantità	Prezzo
01.P25.A91.005	Nolo di piano di lavoro, per ponteggi di cui alle voci 01.P25.A60 e 01.P25.A75, eseguito con tavolati dello spessore di 5 cm e/o elementi metallici, comprensivo di eventuale sottopiano, mancorrenti, fermapiedi, botole e scale di collegamento, piani di sbarco, piccole orditure di sostegno per avvicinamento alle opere e di ogni altro dispositivo necessario per la conformità alle norme di sicurezza vigenti, compreso trasporto, montaggio, smontaggio, pulizia e				
	manutenzione; (la misura viene effettuata in proiezione orizzontale per ogni piano). Per ogni mese	m ²	2,50	848	4.240,00
01.A02.B60.005	Spicconatura di intonaco di calce, gesso e simili, in qualunque piano di fabbricato, compresa la discesa o la salita a terra dei materiali, lo sgombero dei detriti, computando le superfici prima della demolizione, compreso il trasporto dei detriti ad impianto di trattamento autorizzato. Per superfici di m² 0,50 ed oltre	m²	6,74	1710	11.525,40
NP. 02	Intonaco termoisolante, legante calce idraulica NHL 3.5, conducibilità termica 0,086 W/mK, densità 410 kg/m3 marcato CE secondo UNI EN 998-1, nello spessore di cm 3	m ²	40	1710	68.400,00
01.A20.E60.010	Applicazione fissativo. Su muri esterni, facciate, scale, porticati, androni e simili	m ²	3,59	1710	6.138,90
01.A20.E00.005	Tinta a calce, previa imprimitura ad una o piu' tinte a due riprese. Su soffitti e pareti interne	m ²	5,61	1710	9.593,10
	<u>l</u>	TOTA	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1710	95.857,40
	TOTAL	IVA 10 E IVA	0 % INCLUSA	1	9.585,74 05.443,14 €

Fig. 4.13 | Computo metrico estimativo dell'intervento - Intonaco termoisolante

L'intervento verrà valutato nei suoi aspetti:

- Energetici, considerando la riduzione del fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile;
- Ambientali, in termini di riduzioni di emissioni di CO2 emessa;
- Economici mediante il calcolo del tempo di ritorno dell'investimento, Valore Attuale Netto e del Tasso Interno di Rendimento;

Tab. 4.5 | Impatto dell'intervento di riqualificazione energetica - Intonaco termoisolante

Parametro	U.m.	Ante intervento	Post intervento	Var.ne
Fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile	kWh/ m ² anno	142,35	108,75	- 23,6%
Produzione CO2	kg/ m²anno	28,67	21,90	
Costo produzione energia	€	21.628,99	16.523,91	
Tempo di ritorno	anni	-	26	-
V.A.N. a 25 anni	anni	-	- 31590,02	-
T.I.R. a 25 anni	anni	-	- 1,63	-

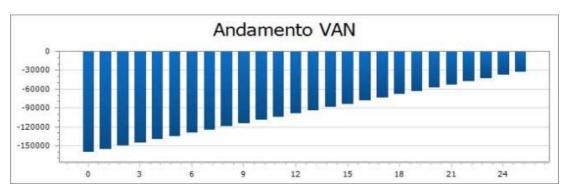


Fig. 4.14 | Andamento del V.A.N. dell'intervento di riqualificazione energetica - Intonaco termoisolante

4.3.2 Applicazione a vetro di pellicole basso emissive isolanti

La soluzione prevede l'applicazione sul lato interno delle superfici vetrate di una pellicola combinata per il controllo solare e l'isolamento termico della ditta 3M.

Le caratteristiche tecniche del prodotto sono riportate nell'estratto della scheda tecnica sottoriportata



Commercial Solutions Division

Thinsulate™ Window Film CC75

Climate Control Window Film

Descrizione

3M™ Thinsulate™ Window Film Climate Control 75 è una pellicola combinata per il controllo solare e l'isolamento termico (invernale) per applicazione in interno.

2. Applicazioni

3M™ Thinsulate™ CC75 è destinata ad applicazioni interne su vetro piano.

Caratteristiche tecniche

Tutte le informazioni tecniche indicate in questa scheda sono state determinate mediante metodi di prova standard e non da utilizzarsi come specifica di prodotto.

I valori sono da considerarsi indicativi per i prodotti 3M™Window Film e non possono essere considerati impegnativi per 3M™

Composizione prodotto				
Materiale di base	Poliestere Metallizzato			
Adesivo	Acrilico sensibile alla pressione			
Liner Protettivo	PET Siliconato			

			Caratter	istiche p	restaziona	li - EN 4	10			
	Luce Visibile		Totale	Totale Energia Solare Respinta Valore G (SHGC)	Valore U W/m²K	220	Riduzione guadagno termico	Riduzione Abbaglio		
Tipo di vetro	Tipo di Pellicola	Tipo di Pellicola Riflessa Riflessa Trasm Solare	Riduzione perdita calore							
Last	ra singola	%	%	%	%			%	%	%
7 (Section	Senza Pellicola	9	8	89	19	0.82	5.9	ND	ND	ND
Chiaro	Thinsulate CC75	12	16	74	47	0.53	3.6	40	35	#

Fig. 4.15 | Caratteristiche tecniche della pellicola Thinsulate [26]

La prestazione raggiungibile complessivamente dal serramento verrà valutata un infisso tipo considerando il nuovo valore di trasmittanza termica del componente vetrato secondo la formula:

$$U_w = (A_g U_g + Af Uf_{S1} + Af Uf_{S1} + I_g \Psi_g) / (A_g + A_{fS1} + A_{fS2})$$

Dove

A_g area complessiva della superficie vetrata Af Uf_{S1} area del telaio esterno I_g perimetro della superficie vetrata U_g trasmittanza termica della vetrata Af Uf $_{S1}$ area della sezione centrale Ψ_g trasmittanza lineare

Dati	geometrici	U.m.			
L	1,05	m			
Н	2,20	m			
Lg	0,36	m			
H_g	2,00	m			
L _{s2}	0,12	m			
_					
Tra	smittanze	U.m.			
Ug	3,60	W/m ² K			
U _{fs1}	2,20	W/m ² K			
U _{fs2}	2,20	W/m ² K			
Y_g	-	W/m ² K			
Valo	ri calcolati	U.m.			
Ag	1,44	m ²			
A _{fs1}	0,63	m ²			
A _{fs2}	0,24	m ²			
Lg	9,44	m			
U _w	3,07	W/m ² K			

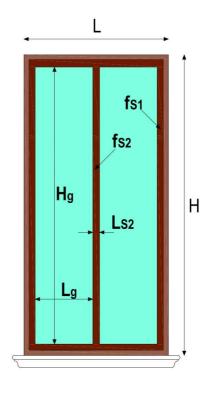


Fig. 4.16 | Calcolo della trasmittanza termica degli infissi con applicazione di pellicole basso emissive

La stima del costo dell'intervento è stata effettuata mediante indagine diretta di mercato.

Cod.	Descrizione	U.M.	Prezzo unit.	Quantità	Prezzo
N.P.2	Fornitura e posa di pellicola adesiva per il controllo solare e l'isolamento termico da applicarsi sul lato interno dei vetri previo trattamento preliminare della lastra per garantire la perfetta adesione. ε= 0,53	m²	140,00	208	29.061
TOTALE					29.061 2.906,10
	IVA 10 % TOTALE IVA INCLUSA				

Fig. 4.17 | Computo metrico estimativo dell'intervento – Pellicole basso emissive

L'intervento viene valutato ni suoi aspetti energetici, ambientali ed economici come precedentemente illustrato.

Tab. 4.6 | Impatto dell'intervento di riqualificazione energetica – Pellicole basso emissive

Parametro	U.m.	Ante intervento	Post intervento	Var.ne
Fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile	kWh/ m2 anno	142,35	126,83	- 10,9%
Produzione CO2	kg/ m²anno	28,67	25.54	10,070
Costo produzione energia	€	21.628,99	19.275,56	
Tempo di ritorno	anni	-	13,6	-
V.A.N. a 25 anni	anni	-	26.868,56	-
T.I.R. a 25 anni	anni	-	5,37	-

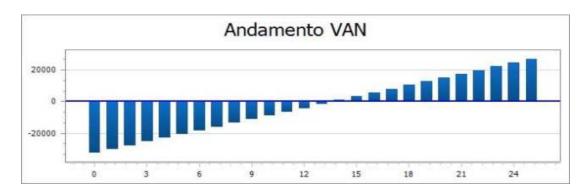


Fig. 4.18 | Andamento del V.A.N. dell'intervento di riqualificazione energetica – Pellicole basso emissive

4.3.3 Sostituzione dei serramenti con modelli ad alta prestazione energetica

La soluzione prevede la sostituzione dei serramenti esistenti con nuovi infissi, che riprendano il disegno esistente, aventi telaio in legno con trasmittanza termica pari a 1 W/m²K e doppia vetrata avente trasmittanza termica pari a 1,3 W/m²K.

La prestazione raggiungibile complessivamente dal serramento verrà valutata un infisso tipo considerando il nuovo valore di trasmittanza termica del componente vetrato secondo la formula già descritta:

$$Uw = (A_g U_g + Af Uf_{S1} + Af Uf_{S1} + I_g \Psi_g) / (A_g + A_{fS1} + A_{fS2})$$

Dat	i geometrici	U.m.						
L	1,05	m						
Н	2,20	m						
Lg	0,36	m						
H_g	2,00	m						
L _{s2}	0,12	m						
Tra	asmittanze	U.m.						
U_g	1,30	W/m ² K						
U_{fs1}	1,00	W/m ² K						
U _{fs2}	1,00	W/m ² K						
Yg	0,04	W/m ² K						
Val	ori calcolati	U.m.						
Ag	1,44	m ²						
A _{fs1}	0,63	m ²						
A _{fs2}	0,24	m ²						
Lg	9,44	m						
U _w	1,35	W/m ² K						

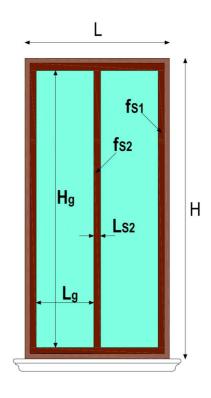


Fig. 4.19 | Calcolo della trasmittanza termica dei nuovi infissi

La stima del costo dell'intervento è stata effettuata utilizzando il Prezziario per le Opere e Lavori Pubblici della Regione Piemonte edizione 2021.

Cod.	Descrizione	U.M.	Prezzo unit.	Quantità	Prezzo
28.A05.A10.005	TRABATTELLO completo e omologato, su ruote, prefabbricato, di dimensioni 1,00x2,00 m, senza ancoraggi: altezza fino a 6,00 m: trasporto, montaggio,				
	smontaggio e nolo fino a 1 mese o frazione di mese	cad	167,16	1	167,16
28.A05.A10.010	solo nolo per ogni mese successivo	cad	18,37	1	18,37
01.A02.C00.005	Rimozione di infissi di qualsiasi natura, in qualunque piano di fabbricato, comprese la discesa o la salita dei materiali, lo sgombro dei detriti, il trasporto degli stessi ad impianto di trattamento autorizzato, compreso la rimozione e l'accatastamento dei vetri nel caso di serramenti, computando le superfici prima della demolizione. Con una				
01.P20.L00.020	superficie di almeno m² 0,50 Telaio per serramenti esterni in legno; sistema completo per	m ²	13,00	236	3.068,00
	finestre, costruito con profili in legno con un grado di umidità del 10/12%, comprensivo di profili fermavetro, gocciolatoio, ferramenta, serratura e maniglia; trasmittanza termica dei telai Uf =<2,0 e =>1,8 W/m²K (UNI EN ISO 10077-2). In legno di pino (Pinus Slvestris), finestra a battente; di superficie oltre 2,0 m²	m²	274,47	236	_
01.P20.L40.020	incremento per telaio per finestre e portefinestre scorrevoli con trasmittanza		,		
	termica Uf= <1,6 e =>1,0 W/m²K (UNI EN ISO 10077-2). 01.P20.L20 e 01.P20.L30	%	18,00	236	76.434,41

Cod.	Descrizione	U.M.	Prezzo unit.	Quantità	Prezzo
01.P20.B04.025	Vetrate isolanti tipo vetrocamera con basso emissivo; formate da due lastre di vetro, normale o stratificata, con interposta intercapedine d'aria o gas; complete di profilati distanziatori, giunti elastici, sali disidratanti etc.; i vetri antieffrazione sono costituiti da due lastre con interposta pellicola di polivinilbutirrale (PVB). 4/12/4 magnetronico (B.E. 1 lastra)+argon U= 1,3 W/m²K e RW= c.a 29dB	m^2	48,69	236	11.490,84
01.A17.L00.005	Posa in opera di serramenti esterni, finestre e portefinestre, completi di vetrata isolante e sistema telaio in legno/alluminio o in legno/pvc/alluminio	m²	41,84	236	9.874,24
		TOTALI	E		100.845,03
		IVA 10%	6		10.084,50
		TOTAL	E IVA INCLUSA	1	10.929,53 €

Fig. 4.20 | Computo metrico estimativo dell'intervento – Sostituzione dei serramenti

L'intervento viene valutato nei suoi aspetti:

- **Energetici**, considerando la riduzione del fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile;
- Ambientali, in termini di riduzioni di emissioni di CO2 emessa;
- Economici mediante il calcolo del tempo di ritorno dell'investimento, Valore Attuale Netto e del Tasso Interno di Rendimento;

Tab. 4.7 | Impatto dell'intervento di riqualificazione energetica – Sostituzione serramenti

Parametro	U.m.	Ante intervento	Post intervento	Var.ne
Fabbisogno specifico totale di energia primaria non rinnovabile	kWh/ m ² anno	142,35	113,45	
Produzione CO2	kg/ m²anno	28,67	22,85	- 20,3%
Costo produzione energia	€	21.628,99	17.239,98	
Tempo di ritorno	anni	-	26	-
V.A.N. a 25 anni	anni	-	-1204,84	-
T.I.R. a 25 anni	anni	-	-0,08	-

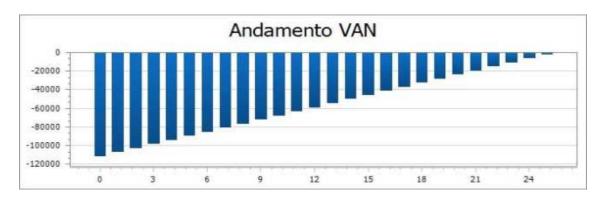


Fig. 4.21 | Andamento del V.A.N. dell'intervento di riqualificazione energetica – Sostituzione serramenti

Si riporta nel seguito una tabella riepilogativa dei parametri relativi ai diversi interventi individuati

Tab. 4.7 | Riepilogo degli indici prestazionali delle strategie di intervento

	Intervento su componente					
Parametro	Parametro			rente		
Tarametro	Intonaco termoisolante	Pellicole bassoemissive	Sostituzione serramenti			
Trasmittanza termica [W/m²K]	Ante intervento	1,16	5,00	5,00		
	Post intervento	0,77	3,07	1,35		
Fabbisogno specifico totale di energia primaria non	Ante intervento	142,35	142,35	142,35		
rinnovabile [kWh/ m² anno]	Post intervento	108,75	126,83	113,45		
Produzione CO2 [kg/ m²anno]	Ante intervento	28,67	28,67	28,67		
	Post intervento	21,90	25,54	22,85		
Variazione dei costi di produzio [%]	ne energia	- 23,6%	- 10,9%	- 20,3%		
Costo intervento [€]		105.443,14	31.967,10	110.929,53		
Tempo di ritorno [anni]		26	13,6	26		
V.A.N. a 25 anni		-31590,02	26.868,56	-1204,84		
T.I.R. a 25 anni [%]		- 1,63	5,37	-0,08		

4.4 Valutazione degli interventi

La valutazione degli interventi proposti viene condotta con l'ausilio della check list di cui alla UNI EN 16883 dalla quale sono stati analizzati gli elementi attinenti al caso studio trattato. Alla valutazione qualitativa è stato attribuito un punteggio al fine di ottenere un'indicazione, ancorchè sintetica, degli impatti dell'intervento da valutare complessivamente nelle rispettive interrelazioni.

Scala di valutazione	Rischio alto	Rischio basso	Neutro	Benefici bassi	Benefici alti
Punteggio attribuito	_2	_1	0	+1	+2

Tab. 4.8 | Valutazione degli interventi di miglioramento energetico secondo la check list di cui alla UNI EN 16883

Obbiettivo	Criterio di valutazione	Interventi		
		Intonaci	Pellicole	Infissi
Compatibilità tecnica	Rischi igrometrici			
	Rischi strutturali			
	Rischi biologici			
	Reversibilità			
Significato culturale	Rischio di impatto materico			
dell'edificio e del suo ambiente	Rischio di impatto visivo			
	Rischio di impatto spaziale			
Sostenibilità economica	Costi di capitale			
	Ritorno economico			
	Risparmio economico			
Energia	Prestazione energetica, energia primaria totale			
Qualità dell'ambiente	Cond.i amb.li interne idonee per preservare il fabbricato			
interno	Cond.i amb.li interne idonee per comfort occupanti			
Impatto sull'ambiente	Emissioni di gas a effetto serra da misure implementate			
Aspetti dell'uso	Influenza sull'uso e sugli utenti dell'edificio			
Punteggio totale		-3	+12	+2

Come evidenziato dal punteggio totale dei singoli interventi, quelli relativi agli inerventi sul componente trasparente presentano un valore positivo mentre quello sull'involucro presenta un valore negativo.

Relativamente all'intervento dell'**intonaco termoisolante**, si evidenziano delle criticità, in merito alla compatibilità tecnica, al significato culturale dell'edifcio nonché all'aspetto economico. Infatti l'intervento di rifacimento degli intonaci, pur mantenendo esteriormente una facies visiva coerente con l'edificio come storicamente percepito, comporta la perdita della materia e quindi una sua facies identitaria. Per meglio considerare tale aspetto è fruttuoso riportare quanto scritto da Marco Ermentini [27]:

«leri, nel castello di Pandino, osservavo attentamente gli intonaci dipinti del porticato: se ne stanno lì da più di 700 anni nella mefitica atmosfera della pianura, beffando le previsioni di durata dei nostri materiali moderni. Lo stesso giorno ho verficato un intonaco di una villettà di non più di dieci in pessimo stato di conservazione, praticamente degradato: bolle, crepe e distacchi, un disastro. Non ce ne rendiamo conto, ma i luoghi della nostra vita sono spesso delimitati da pareti intonacate. L'intonaco è il compagno silente che ci circonda con umiltà e generosità. Ma la sua vita è spesso misteriosa e complicata. E' il più antco metodo di finitura delle superfici che l'uomo conosca, è una specie di miracolo chimico-fisco. Dalla semplice pietra calcarea, viene trasformato con cotturain forno e poi con spegnimento in fossa. Da questo stato si utilizza con l'aggiunta di acqua direttamente sui muri come malta che infine si asciuga con la carbonatazione e ridviene come pietra. Un ciclo complesso e ingegnoso che ci permette di ottenere un capolavoro di superficie liscia e levigata. Proviamo ad osservare bene i particolari, la regolarità, la superficie, la planarità, il colore, l'omogeneità, le crepe, le cavillature, le alterazioni, le stratificazioni, le muffe, i degradi. Come il buon vino con il tempo migliora, l'invecchiamento aggiunge qualità è un universo di materia che ci viene incontro e ci dice qualcosa; certo è un aspetto minore e nascosto, marginale, un articolare sfumato ed evanescente che risulta invisible a uno spettatore qualunque. Ma se siamo capaci di rallentare il ritmo, a stare in disparte, a essere pazienti e a guardare molto da vicino potremmo trarne un grande beneficio ed imparare a riconoscere esteticamente una cosa molto importante: la transitorietà della vita».

La criticità nell'area culturale, viene integrata da quella economica così come evidenziato nell' analisi precedentemente illustrata: nonostante l'intervento comporti un importante miglioramento della prestazione energetica globale (Epgl,nren - 23,6%) Il valore attuale netto, su un arco temporale di 25 anni risulta essere negativo ed il tempo di ritorno dell'investimento è pari a 26 anni.

E' possibile pertanto affermare che l'intervento di utilizzo di un intonaco termoisolante non risulta essere opportuno per l'edificio analizzato. L'intervento potrà essere preso in considerazione qualora si rendesse necessario il rifacimento dell'intonaco per cause dovute a fenomeni diffusi di degrado.

Volgendosi agli interventi che hanno dato riscontro positivo dalla valutazione, ossia quelli sui componenti trasparenti possiamo approfondire l'analisi seguendo il medesimo procedimento.

L'intervento di **sostituzione degli infissi** presenta diverse aree di beneficio tra cui quella del risparmio energetico secondo gli indici già esposti con una riduzione dei consumi del - 20,3%. Tuttavia si evidenziano dei profili di rischio relativamente all'area culturale, per istanze che sono attinenti a quanto precedentemente esposto riguardo agli intonaci e all'area tecnica. E' infatti noto che la sostituzione degli infissi esistenti in un edificio storico con altri ad elevate prestazioni di risparmio energetico può comportare problematiche legate all'eccessiva tenuta all'aria degli stessi con conseguente rischio di formazione di umidità superficiale dovuta alla mancata elminazione del vapore acqueo presente nell'ambiente. Infine anche per tale intervento il V.A.N. risulta essere negativo.

In considerazione di tutti gli elementi esposti si ritiene che l'intervento di sostituzione degli infissi non risulta essere opportuno per l'edificio.

In merito all'applicazione delle **pellicole bassoemissive** sulle vetrate degli infissi esistenti l'analisi evidenzia un bilancio positivo in diverse aree con un unico profilo di rischio, basso, relativamente alla reversibilità dell'intervento.

L'approfondimento economico mostra un valore positivo del V.A.N. con un tempo di ritorno del'investimento di 13,6 anni. L'intervento, pur non rispettando il limite normativo di trasmittanza termica (Uwlim ≤ 1,40 W/m²K e Uw post intervento = 3,07 W/m²K), consente di ottenere una riduzione dei consumi e delle emissioni di CO2 del 10,9% a fronte di un investimento di 31.967 €.

Sulla base di quanto precede si rileva che l'intervento di applicazione di pellicole bassoemissive sui vetri degli infissi esistenti risulta essere conveniente da un punto di vsta energetico ed ambientale nonché ripettoso dei caratteri storici dell'edificio.

CAP. 5 | CONCLUSIONI

Come evidenzato in premessa lo scopo del presente lavoro è stato quello di indagare, su un caso studio reale, un metodo di lavoro di supporto alla valutazione degli interventi di efficientamento energetico negli edifici storici. La specifica tematica energetica trattata partendo dai principi consolidati del restauro: le fasi di conoscenza e interpretazione del bene sono stati i presupposti fondamentali per definire un primo ambito di intervento di progetto. Successivamente, in tale ambito definito, quindi a valle di una una prima selezione effettuata con i principi del restauro, ci si è addentrati nella specifica valutazione degli interventi con un'analisi multi fattoriale.

I risultati possono essere considerati positivi in termini di impatto:

- culturale, in quanto l'intervento non risulta essere invasivo per il bene;
- energetico, quale risparmio di risorse primarie;
- ambientale, in termini di emissioni inquinanti;
- economico, sui risparmi di spesa e di tempi di ritorno del'investimento;

E' interessante evidenziare che i benefici conseguibili derivino da un intervento che non rientra nelle previsioni della normativa energetica attuale. Tale intervento è infatti riconducibile, ai sensi del D.M. 26/06/2015, alla categoria della riqualificazione energetica per la quale si stabilisce che qualora si intervenga su componenti opachi o trasparenti questi debbano rispettare i limiti di trasmittanza previsti. Nell'esempio proposto si è visto come questo implichi di dover selezionare strategie di efficientamento che risultano essere non conformi dal punto di vista della conservazione dei beni culturali con conseguente possibilità di avvalersi dell'istituto della deroga escludendo l'intervento. Per i beni culturali sarebbe auspicabile una maggiore flessibilità dei limiti prestazionali imposti dalle normative energetiche, tale flessibilità consentirebbe al progettista di poter valutare caso per caso la miglior soluzione che equilibri le molteplici esigenze coinvolte consentendo da un lato di preservare i beni storici, patrimonio culturale collettivo, e dall'altro di contribuire alla riduzione delle emissioni inauinanti.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Rapporto annuale Efficienza Energetica, Enea, Ottobre 2020, pg. 52
- [2] https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it ultima consultazione novembre 2021
- [3] Rapporto annuale Efficienza Energetica, Enea, Giugno 2016, pg. 106
- [4] A. Cicotero, *Palazzo Cisterna a Torino*, Edizioni Eda, Torino, 1991, pg. 21
- [5] A. Cicotero, cit. pg. 24
- [6] A. Cicotero, cit. pg. 24
- [7] Torino in pianta dimostrativa con numeri indicanti tutti i proprietari delle case, distinzione delle chiese con lettere alfabetiche e descrizione delle contrade, piazze e luoghi principali nel 1796, Archivio Storico della Città di Torino, Collezione Simeom, D 68
- [8] A. Cicotero, cit. pg. 37
- [9] Archivio Storico del Comune di Torino, coll. XIV, n. 8
- [10] A. Cicotero, cit. pg. 46
- [11] Pianta di Torino, 1817, Milano, racc. Bertarelli, P.V. cart. M.I9.19; Torino: Reale, n. 3.29; coli. Lanzone
- [12] Pianta di Torino con la nuova numerazione delle porte, 1863, Archivio Storico della Città di Torino, coll. D 108
- [13] A. Cicotero, cit. pg. 46
- [14] https://www.google.it/intl/it/earth/ ultima consultazione novembre 2021
- [15] http://geoportale.comune.torino.it/web/ ultima consultazione novembre 2021
- [16] http://geoportale.comune.torino.it/web/ ultima consultazione novembre 2021
- [17] http://www.atlanteditorino.it/mappe.html ultima consultazione novembre 2021
- [18] Torino, Archivio di Stato Sezioni Riunite, Catasti, Catasto Rabbini, Circondario di Torino, Mappe, distribuzione dei fogli di mappa e linea territoriale, Torino, scala 1:2.000, foglio 41
- [19] http://geoportale.comune.torino.it/web/ ultima consultazione novembre 2021
- [20] https://www.museotorino.it/view/s/3dd3fe5182ff4b879abfe47a7aae974a fotografia di Elena Francisetti, 2010. ultima consultazione novembre 2021
- [21] Musso e Copperi, "Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati Parte prima, opere muratorie", Torino, Paravia, 1887
- [22] C. Formenti, "La pratica del fabbricare per l'ingegnere Parte prima, il rustico delle fabbriche", Milano, Ulrico Hoepli, 1909
- [23] M. Morandotti, et al. Studio, sviluppo e definizione di linee guida per interventi di miglioramento per l'efficienza energetica negli edifici di pregio e per la gestione efficiente del sistema edificio-impianto. Report «Ricerca di Sistema Elettrico» ENEA – MiSE, RdS/2011/63
- [24] Rielaborazione di Mini guida ANIT, Efficienza energetica ed acustica degli edifici, Gennaio 2018

- [25] https://www.leca.it/prodotti/intonaci-strutturali-isolanti/termointonaco/ ultima consultazione gennaio 2021
- [26] https://www.ventotto.net/product/3m-thinsulate-75/ ultima consultazione gennaio 2021
- [27] Marco Ermentini, Abecedario dei luoghi silenti, Mimesis, Milano-Udine, 2013

NORMATIVA

Direttiva 93/76/CEE Intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE)

Direttiva 2002/91/CE Sul rendimento energetico nell'edilizia

- L. 373/1976 Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici
- D.P.R. 1052/1977 Regolamento di esecuzione alla legge 30 aprile 1976, n. 373, relativa al consumo energetico per usi termici negli edifici
- D.M. Industria, Commercio e Artigianato 10/03/1977 Determinazione delle zone climatiche e dei valori minimi e massimi dei relativi coefficienti volumici globali di dispersione termica
- D.M. Industria, Commercio e Artigianato 30/07/1986 Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici
- L. 10/1991 Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
- D.P.R. 412/1993 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4 della legge 9 Gennaio 1991 nr. 10
- D.M. Industria, Commercio e Artigianato 13/12/1993 Approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991 n. 10, attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici
- D.Lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio
- D.Lgs. 192/2005 Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia
- D. Lgs. 81/2008 Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro
- D.P.R. 59/2009 Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia
- D. M. Sviluppo Economico 22/01/2008 nr. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici
- D.M. Sviluppo Economico 26/06/2009 Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
- D.M. Sviluppo Economico 26/06/2015 Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

UNI/TS 11300-1:2014 Prestazioni energetiche degli edifici: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI 10349-1:2016 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata

UNI EN 16883:2017 Conservazione dei beni culturali – linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici

UNI EN ISO 10077-1:2018 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica – Parte 1: Generalità

UNI/TS 11300-2:2019 Prestazioni energetiche degli edifici: determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria

MiBACT Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici urbani