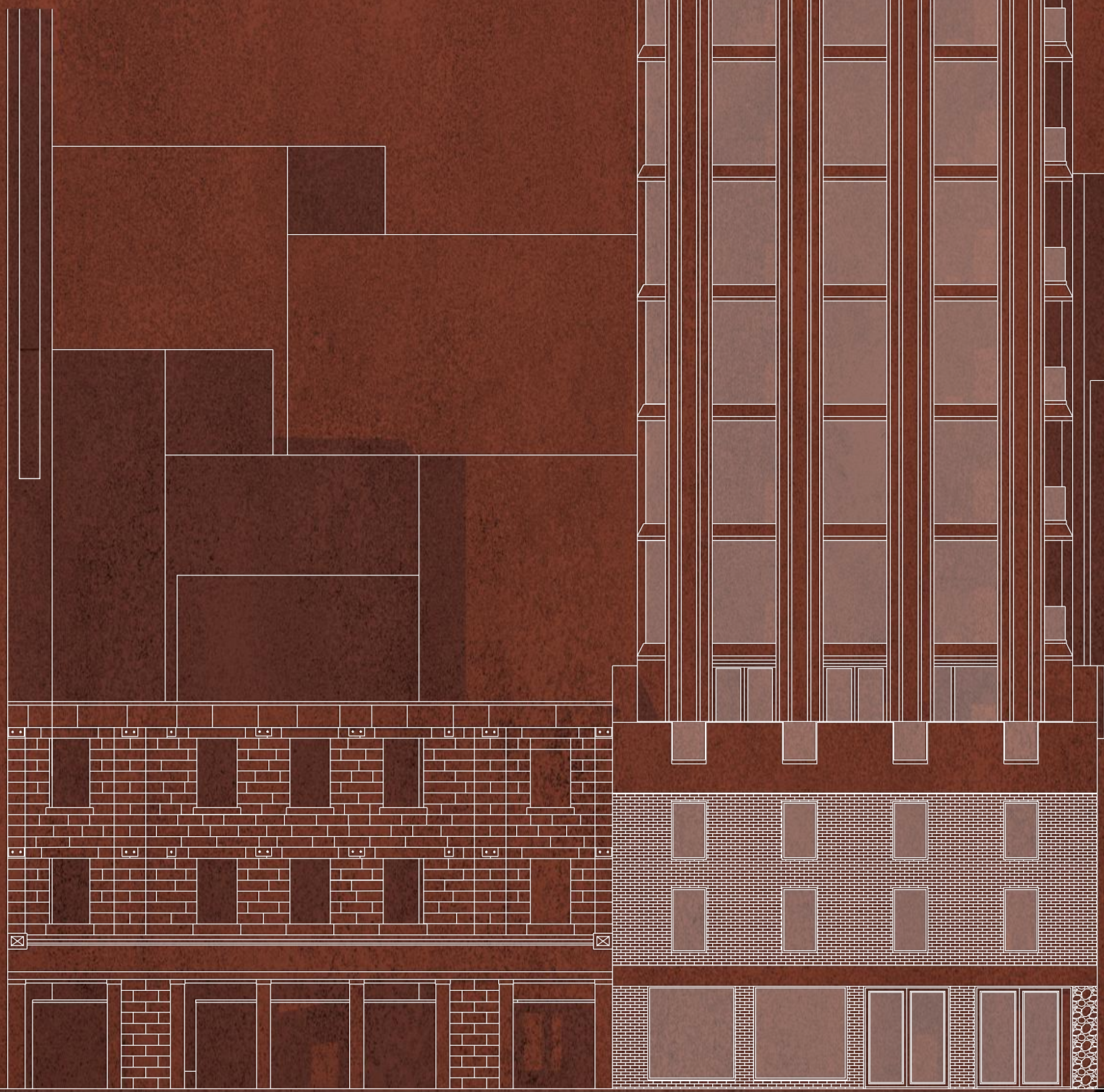


Progetto architettonico e modellazione energetica per il riuso del patrimonio storico.

Strategie di trasformazione low-carbon nel
contesto urbano del Vieux-Montréal



Politecnico
di Torino



Il presente elaborato è stato redatto nell'ambito del percorso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città presso il Politecnico di Torino.

La ricerca, le analisi, il progetto architettonico, le elaborazioni grafiche, i modelli digitali e le valutazioni energetiche sono stati sviluppati dall'autore come parte del lavoro conclusivo di tesi.

Redatto a Montréal, 2025–2026.
Ultima revisione: luglio 2026.
Stampato a Montréal, luglio 2026.

© 2026 Andrea Potenza.



Politecnico di Torino

POLITECNICO DI TORINO

Corso di laurea magistrale
ARCHITETTURA COSTRUZIONE CITTÀ

Progetto architettonico e modellazione energetica per il riuso del patrimonio storico.

Strategie di trasformazione low-carbon nel
contesto urbano del Vieux-Montréal

Relatore
Paolo MELLANO

Correlatore
Enrico FABRIZIO

Candidato
Andrea POTENZA

Anno accademico 2025/2026
Sessione di laurea – Luglio 2026

[IT] ABSTRACT	[10]
[EN] ABSTRACT	[11]

INTRODUZIONE

IN.01 Obiettivi e contesto della ricerca	[14]
IN.02 Motivazioni e rilevanza della ricerca	[16]
IN.03 Struttura e organizzazione del lavoro	[17]

PARTE I

CONTESTO, ANALISI URBANA E QUADRO NORMATIVO

CAPITOLO 1 Montréal e il Vieux-Montréal: struttura urbana e identità del luogo	[20]
P1.01.01 Inquadramento territoriale e sviluppo urbano della città di Montréal	[20]
P1.01.02 Evoluzione morfologica e genesi del Vieux-Montréal	[26]
La città fortificata e la definizione del nucleo urbano	[27]
Il superamento delle mura e l'apertura ai faubourgs	[28]
La crescita industriale e la struttura proto-metropolitana	[29]
Il quadro urbano nel 1903: la città in trasformazione	[30]
Crisi, tutela e riconoscimento del valore patrimoniale	[31]
P1.01.03 La Rue McGill come asse di transizione tra città storica e downtown	[34]
CAPITOLO 2 Quadro normativo e strumenti di riferimento	[36]
P1.02.01 Normativa edilizia e sulle costruzioni in Canada, Québec e Montréal	[36]
I codici nazionali modello	[36]
Il Code de construction du Québec e la Loi sur le bâtiment	[36]
Strumenti municipali: urbanistica e tutela del patrimonio a Montréal	[38]
Implicazioni per il progetto	[39]
P1.02.02 Normativa sulla tutela del patrimonio e dei beni storici	[40]
P1.02.03 Normative sull'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale	[42]
Il livello federale: Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNÉB)	[42]
Il livello provinciale: l'integrazione del CNÉB nel Code de construction	[43]
Montréal e la transizione verso edifici a zero emissioni	[43]
Il PUM 2050 e il Piano d'Azione 2025-2030	[43]
Obiettivi urbani, ambientali e patrimoniali del PUM 2050	[44]
Dalla tutela patrimoniale alle scelte progettuali	[44]

Implicazioni progettuali per il caso studio	[44]
Bilancio energetico: dalle dispersioni al fabbisogno	[44]
Sistema normativo multilivello e campo di applicazione	[45]
Percorso prestazionale CNÉB / NECB	[45]
Requisiti tecnici e codici di riferimento	[45]
Requisiti climatici ed energetici di riferimento	[46]
P1.02.04 Confronto metodologico tra Montréal e Torino	[47]
Confronto di riferimento tra Montréal e Torino	[48]
Implicazioni tecniche per gli edifici del centro storico	[50]
Quadro di riferimento per il progetto	[50]

PARTE II

CONOSCENZA E ANALISI DELL'ESISTENTE

CAPITOLO 3 Analisi dell'edificio e rilievo dell'esistente	[54]
P2.03.01 Fonti storiche e documentarie	[54]
Maison-magasin Olivier-Berthelet (445–451, rue McGill)	[56]
Maison Charles-Simon-Delorme II (439–443, rue McGill)	[60]
P2.03.02 Rilievo geometrico, fotografico e restituzione 2D/3D	[64]
Metodologia di rilievo geometrico	[64]
Rilievo fotografico e documentazione dello stato di fatto	[68]
Criticità e limiti del rilievo	[68]
Restituzione grafica e modello 2D/3D	[68]
Metodologia di rilievo e restituzione digitale	[71]
P2.03.03 Analisi materica e stato di conservazione dell'edificio	[76]
Stato di conservazione e principali fenomeni di degrado	[76]
Valutazione critica e implicazioni per il progetto	[77]
P2.03.04 Interpretazione e lettura dell'edificio	[78]
Criteri interpretativi e linee guida per l'intervento	[79]

PARTE III

IL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA

CAPITOLO 4 Criteri e strategie di progetto	[82]
P3.04.01 Visione generale e obiettivi di trasformazione	[82]
P3.04.02 Strategie di riuso e sopraelevazione: analisi di casi simili a Montréal	[84]
P3.04.03 Integrazione tra preesistenza e nuova costruzione	[92]
P3.04.04 Orientamento, qualità abitativa e vincoli del contesto urbano	[94]
CAPITOLO 5 Il progetto architettonico	[96]
P3.05.01 Concept e composizione architettonica	[96]
P3.05.02 Definizione spaziale e distribuzione funzionale	[100]
Articolazione residenziale e differenziazione degli orientamenti	[104]
P3.05.03 Scelte materiche e tecnologiche	[130]
P3.05.04 Soluzioni strutturali e tecniche costruttive	[136]
P3.05.05 Linguaggi architettonici e dialogo con il contesto storico	[140]

PARTE IV

MODELLO ENERGETICO, VALUTAZIONI E CONCLUSIONI

CAPITOLO 6 Metodologia di modellazione energetica e simulazione termo-fisica	[154]
P4.06.01 Inquadramento climatico e requisiti energetici di riferimento	[154]
Requisiti minimi da normativa	[157]
Montréal oggi: un clima continentale freddo-umido	[158]
Montréal 2050: proiezione climatica secondo Climate Atlas	[159]
P4.06.02 Costruzione del modello BEM e ipotesi di simulazione	[160]
Metodo di calcolo energetico	[162]
Equazioni fondamentali del bilancio energetico	[163]
Sistemi impiantistici, energia primaria e indicatori di confronto	[164]
Controlli del modello e criteri di lettura dei risultati	[165]
Impostazione dei parametri generali di progetto all'interno del software	[166]
Orientamento delle unità abitative e strategie climatiche preliminari	[170]
P4.06.03 Metodologia comparativa e scenari energetici	[172]
Applicazione della metodologia comparativa	[180]
Griglia comparativa degli scenari	[181]

P4.06.04 Proprietà termo-fisiche dell'involucro e ponti termici	[182]
Impostazione dei parametri per il modello 3	[184]
P4.06.05 Procedura di simulazione energetica e lettura dei risultati	[188]
P4.06.06 Dimensionamento e configurazione degli impianti	[196]
Il sistema di generazione	[198]
I circuiti di climatizzazione ad acqua	[198]
Implementazioni energetiche valutate e non adottate	[201]
Ventilazione meccanica controllata e recupero energetico	[202]
Produzione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria	[202]
P4.06.07 Valutazione dell'impatto ambientale e riduzione delle emissioni	[206]
Approccio alla valutazione dell'impatto ambientale	[207]
Confronto tra i modelli energetici e l'impatto ambientale	[208]
Energia primaria ed emissioni operative del modello finale	[209]
 CAPITOLO 7 Valutazioni e riflessioni conclusive	 [210]
P4.07.01 Dal quadro conoscitivo alla proposta di riqualificazione architettonica	[210]
P4.07.02 Esiti architettonici, urbani ed energetici del progetto	[212]
P4.07.03 Dal costo iniziale al valore nel tempo	[214]
P4.07.04 Valutazione comparativa tra intervento tradizionale e scenario avanzato	[215]
P4.07.05 Considerazioni conclusive	[218]
 APPENDICI	 [224]
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	[256]
FONTI ICONOGRAFICHE	[264]

Alcune parti del presente elaborato sono state sviluppate con il supporto di sistemi di intelligenza artificiale generativa, impiegati esclusivamente per attività di brainstorming, revisione linguistica, traduzione e affinamento della forma espositiva. L'autore ha verificato, integrato e approvato integralmente il contenuto finale, assumendone la piena responsabilità scientifica, progettuale e redazionale.

[IT] ABSTRACT

La tesi indaga il riuso del patrimonio architettonico come strategia di trasformazione capace di integrare tutela, progetto e sostenibilità ambientale nei centri storici urbani. In un contesto in cui la conservazione dell'esistente assume un ruolo centrale nei processi di transizione energetica e di riduzione delle emissioni, il patrimonio viene interpretato come matrice conoscitiva, materiale e progettuale dell'intervento. Il caso studio riguarda un complesso edilizio situato lungo Rue McGill, nel Vieux-Montréal, ambito urbano segnato dal rapporto tra memoria storica, trasformazioni infrastrutturali, dismissione e nuove esigenze d'uso. Gli edifici analizzati, caratterizzati da diversi gradi di conservazione e da successive stratificazioni, costituiscono il campo attraverso cui approfondire il rapporto tra preesistenza, riattivazione funzionale e miglioramento prestazionale. La ricerca adotta un approccio integrato che combina analisi urbana e normativa, studio delle fonti storiche e patrimoniali, rilievo diretto, restituzione digitale, modellazione BIM e simulazione energetica. Tale processo consente di costruire una conoscenza operativa dell'edificio, individuandone valori, criticità

e potenzialità trasformative, che costituiscono la base per sviluppare una proposta di riqualificazione fondata sul recupero delle preesistenze, sulla riorganizzazione degli spazi interni e sull'inserimento di un nuovo volume contemporaneo, riconoscibile e coerente con la struttura urbana e con i valori storici del contesto. Attraverso la costruzione e il confronto di diversi scenari di simulazione, la tesi valuta il contributo delle strategie sull'involucro, del controllo solare, della ventilazione meccanica con recupero di calore e dell'integrazione impiantistica, con l'obiettivo di definire un equilibrio tra compatibilità architettonica, tutela del patrimonio e riduzione dei fabbisogni energetici. La ricerca dimostra come il riuso del costruito storico possa diventare uno strumento concreto di rigenerazione della città esistente, in cui la memoria materiale dell'edificio si configura come risorsa attiva per costruire nuovi scenari urbani.

[EN] ABSTRACT

This thesis investigates the reuse of architectural heritage as a transformative strategy capable of integrating conservation, design, and environmental sustainability within historic urban centres. In a context where the conservation of the existing built environment plays an increasingly central role in energy transition processes and in the reduction of emissions, heritage is interpreted as a cognitive, material, and design matrix for intervention. The case study focuses on a building complex located along Rue McGill, in Vieux-Montréal, an urban area shaped by the relationship between historical memory, infrastructural transformations, disuse, and emerging functional needs. The analysed buildings, characterized by different degrees of preservation and successive layers of transformation, provide the framework through which the relationship between pre-existence, functional reactivation, and performance improvement is explored. The research adopts an integrated approach that combines urban and regulatory analysis, the study of historical and heritage sources, direct survey, digital reconstruction, BIM modelling, and energy simulation. This process makes it possible to

develop an operational understanding of the building, identifying its values, critical issues, and transformative potential, which form the basis for a redevelopment proposal grounded in the recovery of the existing structures, the reorganization of interior spaces, and the insertion of a new contemporary volume, recognizable and coherent with the urban structure and the historical values of the context. Through the construction and comparison of different simulation scenarios, the thesis evaluates the contribution of envelope strategies, solar control, mechanical ventilation with heat recovery, and building systems integration, with the aim of defining a balance between architectural compatibility, heritage conservation, and the reduction of energy demand. The research demonstrates how the reuse of historic buildings can become a concrete tool for the regeneration of the existing city, in which the material memory of the building acts as an active resource for constructing new urban scenarios.

INTRODUZIONE



La ricerca mira a coniugare la conoscenza storica con la progettualità contemporanea, proponendo una riflessione sul modo in cui il progetto possa diventare atto di continuità e rigenerazione piuttosto che di sostituzione. Attraverso l'analisi e la trasformazione di un frammento di Rue McGill, la tesi intende mostrare come la memoria costruita della città possa generare nuovi scenari urbani, in cui passato e presente dialogano per costruire un futuro più sostenibile e consapevole.

IN.01

Obiettivi e contesto della ricerca

La ricerca si inserisce nel più ampio quadro delle politiche contemporanee di tutela, valorizzazione e riuso del patrimonio architettonico nei contesti urbani post-industriali, prendendo come caso di studio due edifici situati lungo l'asse di Rue McGill, nel centro del Vieux-Montréal¹. Quest'area rappresenta uno dei settori più importanti della città per comprendere la transizione di Montréal da porto fluviale a capitale economica e culturale del Québec, nonché per analizzare le dinamiche di riconversione che hanno caratterizzato i tessuti storici della città a partire dagli anni Settanta. Il Vieux-Montréal costituisce oggi un sito patrimoniale dichiarato in virtù della sua eccezionale stratificazione storica e architettonica: un ambiente urbano dove convivono trame medievali francesi, edifici mercantili ottocenteschi e interventi di riconversione contemporanea. Come rilevato nel Plan de protection et de mise en valeur du Vieux-Montréal (2012)², il quartiere ha attraversato una profonda fase di abbandono a metà del XX secolo, seguita da una politica di recupero fondata sulla rigenerazione del patrimonio edilizio e sulla promozione di una mixité funzionale. Tale processo ha permesso di restituire vitalità al centro storico, ridefinendo il rapporto tra il nucleo originario e i nuovi assi infrastrutturali di Bonaventure e Ville-Marie³. All'interno di questo quadro, Rue McGill assume un ruolo centrale. Storicamente aperta dopo il *démantèlement des fortifications*⁴, nel XIX secolo, la strada ha segnato l'espansione della città verso ovest e il collegamento tra il porto e le nuove aree commerciali. Le sue architetture testimoniano le diverse fasi dello sviluppo urbano e la progressiva trasformazione della tipologia di maison-magasin in edifici per uffici e magazzini industriali. Oggi Rue McGill rappresenta una soglia urbana tra due realtà: da un lato, la città storica e il suo paesaggio portuale; dall'altro, il centro direzionale e le torri del downtown⁵. Questa condizione di margine e di transizione, insieme all'alta densità di edifici a valore patrimoniale, ne fa un luogo ideale per riflettere sulle strategie di adattamento dell'esistente in una prospettiva di sostenibilità, identità e continuità storica. La tesi si propone di affrontare il tema della riqualificazione architettonica di due edifici storici situati in Rue McGill, come occasione per sperimentare un metodo integrato di conoscenza, analisi e progetto in ambito urbano e patrimoniale. L'obiettivo principale è quello di definire un modello operativo di intervento che metta in relazione la tutela del patrimonio materiale con la reinterpretazione funzionale e spaziale dell'esistente.

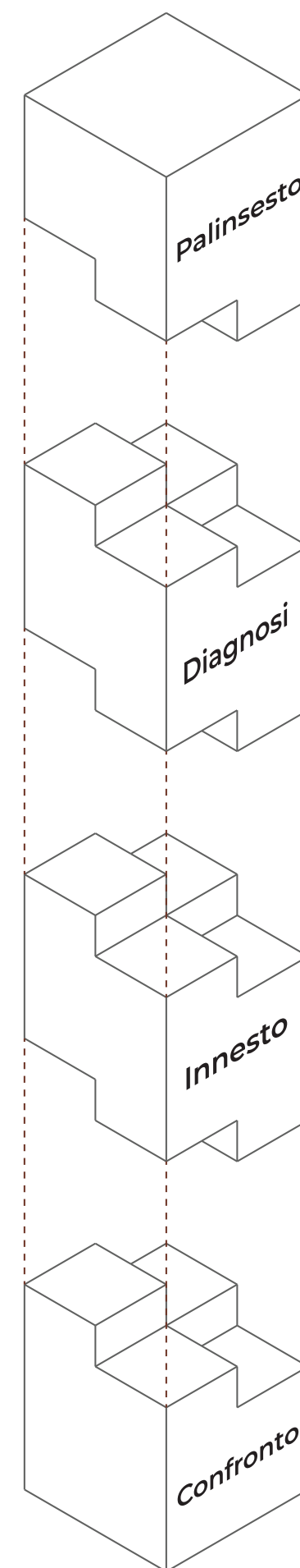
¹ Quartiere storico di Montréal, nucleo originario della città, soggetto a politiche di tutela e valorizzazione del patrimonio urbano e architettonico.

² Documento normativo della Città di Montréal che definisce le linee guida per la tutela, la conservazione e la valorizzazione del patrimonio storico, architettonico e urbano del Vieux-Montréal, stabilendo criteri per gli interventi sul costruito e sullo spazio pubblico.

³ Principali corridoi infrastrutturali di Montréal realizzati nel secondo Novecento, concepiti per il traffico automobilistico e il collegamento metropolitano, che hanno inciso profondamente sulla struttura urbana e sul rapporto tra il centro storico, il waterfront e i quartieri limitrofi.

⁴ Espressione che indica lo smantellamento delle strutture difensive storiche di una città, spesso avvenuto tra XIX e XX secolo per consentire l'espansione urbana, la realizzazione di nuove infrastrutture e l'apertura di assi viari.

⁵ Centro urbano principale di una città, caratterizzato da alta densità funzionale, presenza di attività direzionali, commerciali e infrastrutturali, e ruolo centrale nei flussi economici e di mobilità.



[Fig.02]

1. Inquadrare il contesto urbano e storico-architettonico di Rue McGill attraverso lo studio dei piani di tutela, delle politiche municipali e dei documenti d'archivio (in particolare le fiches patrimoniales e gli énoncés d'intérêt patrimonial redatti dalla Ville de Montréal). Tale analisi permette di individuare i valori, le vulnerabilità e le potenzialità dell'area all'interno del sistema del Vieux-Montréal.

2. Analizzare l'edificio oggetto di studio dal punto di vista tipologico, costruttivo e materico, evidenziandone le trasformazioni e i processi di adattamento nel tempo. L'obiettivo è ricostruirne la storia edilizia, riconoscerne le qualità architettoniche e comprendere come i cambiamenti d'uso abbiano influenzato la morfologia e la percezione dello spazio.

3. Sviluppare una proposta di progetto di riqualificazione capace di mantenere l'identità originaria dell'edificio e, al contempo, introdurre nuovi usi compatibili. L'intervento si fonda su principi di reversibilità, sostenibilità e valorizzazione del carattere storico, in coerenza con le linee guida espresse dal Plan de protection du Vieux-Montréal e dal Guide du processus patrimonial del 2019.

4. Verificare il ruolo del progetto come strumento conoscitivo, ossia come mezzo per interpretare e rendere leggibili le stratificazioni del costruito, in un processo in cui la dimensione progettuale diviene parte integrante della ricerca scientifica.

IN.02

Motivazioni e rilevanza della ricerca

La scelta di approfondire il tema della riqualificazione architettonica nel contesto del Vieux-Montréal nasce dall'intreccio tra interesse personale, esperienza diretta e riflessione disciplinare. Vivere e lavorare a Montréal mi ha permesso di osservare da vicino le trasformazioni di una città che custodisce, nel contesto nordamericano, una memoria urbana fortemente legata alla tradizione europea e che continua a rinnovarsi mantenendo un rapporto profondo con la propria identità. Questa esperienza ha reso evidente come il patrimonio costruito possa essere interpretato come una realtà dinamica, capace di dialogare con la contemporaneità e con la vita quotidiana dei suoi abitanti. In questo percorso, la dimensione professionale e quella accademica si sono progressivamente intrecciate: l'attività lavorativa nel campo della progettazione e della costruzione ha offerto l'occasione di comprendere le dinamiche operative del cantiere, le logiche tecniche dell'intervento sul costruito e le esigenze concrete della trasformazione edilizia; parallelamente, la ricerca universitaria ha consentito di rileggere questi stessi processi attraverso uno sguardo critico, collocando ogni scelta progettuale all'interno di un quadro storico, urbano e culturale più ampio. Questa duplice prospettiva ha alimentato il desiderio di indagare il modo in cui il progetto possa confrontarsi con la memoria dei luoghi, assumendola come occasione per costruire nuove forme di continuità tra preesistenza e trasformazione. Il Vieux-Montréal rappresenta, in questo senso, un contesto particolarmente significativo, in cui le tracce del passato industriale e portuale convivono con le esigenze di una metropoli contemporanea. Le sue architetture, spesso esito di sovrapposizioni, adattamenti e riconfigurazioni successive, raccontano una storia di trasformazioni continue, sostituzioni, ricomposizioni e resilienza urbana. Proprio questa complessità stratificata rende Rue McGill un caso di studio privilegiato per riflettere sul destino dell'architettura storica nelle città in costante mutamento. Un'ulteriore motivazione della ricerca risiede nella convinzione che il lavoro dell'architetto si fondi sulla capacità di leggere, interpretare e trasmettere le forme esistenti, attribuendo loro nuovi significati attraverso il progetto. Montréal, con la sua duplice anima europea e nordamericana, costituisce un terreno fertile per questa riflessione: un luogo in cui memoria costruita e innovazione si incontrano, e in cui il progetto diventa lo strumento attraverso cui mettere in relazione il passato e il futuro della città.

IN.03

Struttura e organizzazione del lavoro

La tesi è articolata in quattro parti principali, organizzate secondo un percorso che procede dal generale al particolare: dal contesto urbano alla conoscenza dell'edificio, fino alla definizione del progetto di riqualificazione e alla riflessione conclusiva sui risultati ottenuti. Ogni parte rappresenta una tappa del processo di ricerca, in cui conoscenza storica, analisi critica e sperimentazione progettuale si integrano progressivamente. La prima parte, dedicata al contesto e all'analisi urbana, inquadra la città di Montréal dal punto di vista storico, morfologico e pianificatorio, con particolare attenzione all'evoluzione del Vieux-Montréal e all'asse di Rue McGill. Attraverso lo studio delle trasformazioni urbane, delle politiche di tutela e degli strumenti di pianificazione, questa sezione ricostruisce le dinamiche che hanno condotto alla configurazione attuale della città, mettendo in evidenza il ruolo strategico dell'area portuale come cerniera tra la città storica e quella contemporanea. La seconda parte si concentra sull'analisi e sulla conoscenza dell'esistente, raccogliendo e sistematizzando le informazioni provenienti dalle fonti d'archivio, dai documenti tecnici e dal rilievo diretto. L'obiettivo è costruire un quadro conoscitivo completo degli edifici oggetto di studio, capace di restituirne la struttura materiale, morfologica e storica. La comparazione tra dati storici, rilievi e documentazione patrimoniale consente di individuare le trasformazioni avvenute nel tempo, i valori riconosciuti e le principali potenzialità di intervento. La terza parte, dedicata al progetto di riqualificazione architettonica, costituisce il momento di sintesi e verifica della ricerca. Il progetto viene inteso come strumento di interpretazione critica e valorizzazione del patrimonio, attraverso cui le conoscenze acquisite si traducono in scelte spaziali, funzionali e costruttive. In questa prospettiva, la proposta progettuale mira a definire un metodo di intervento in grado di rispettare l'identità storica del luogo e, al tempo stesso, di rinnovarne il significato all'interno del contesto urbano contemporaneo. La quarta e ultima parte raccoglie le valutazioni e le conclusioni della ricerca, integrando le riflessioni progettuali con gli esiti dello studio energetico e del modello prestazionale dell'edificio. In questa sezione vengono discussi i risultati raggiunti, sia in termini architettonici e urbani sia sotto il profilo energetico-ambientale, mettendo in relazione le strategie di riuso e trasformazione con le prestazioni dell'involucro e dei sistemi impiantistici.

PARTE I

CONTESTO, ANALISI URBANA E QUADRO NORMATIVO

Evoluzione urbana, normativa e strumenti di pianificazione

La prima parte ricostruisce il contesto urbano, storico e normativo entro cui si colloca il progetto, assumendo Montréal e il Vieux-Montréal come campo di lettura delle relazioni tra patrimonio, trasformazioni infrastrutturali, politiche di tutela e obiettivi di transizione ambientale. L'analisi di Rue McGill consente di definire le condizioni di partenza del progetto, individuando vincoli, valori e opportunità operative per il riuso dell'esistente.

CAPITOLO 1

Montréal e il Vieux-Montréal: struttura urbana e identità del luogo

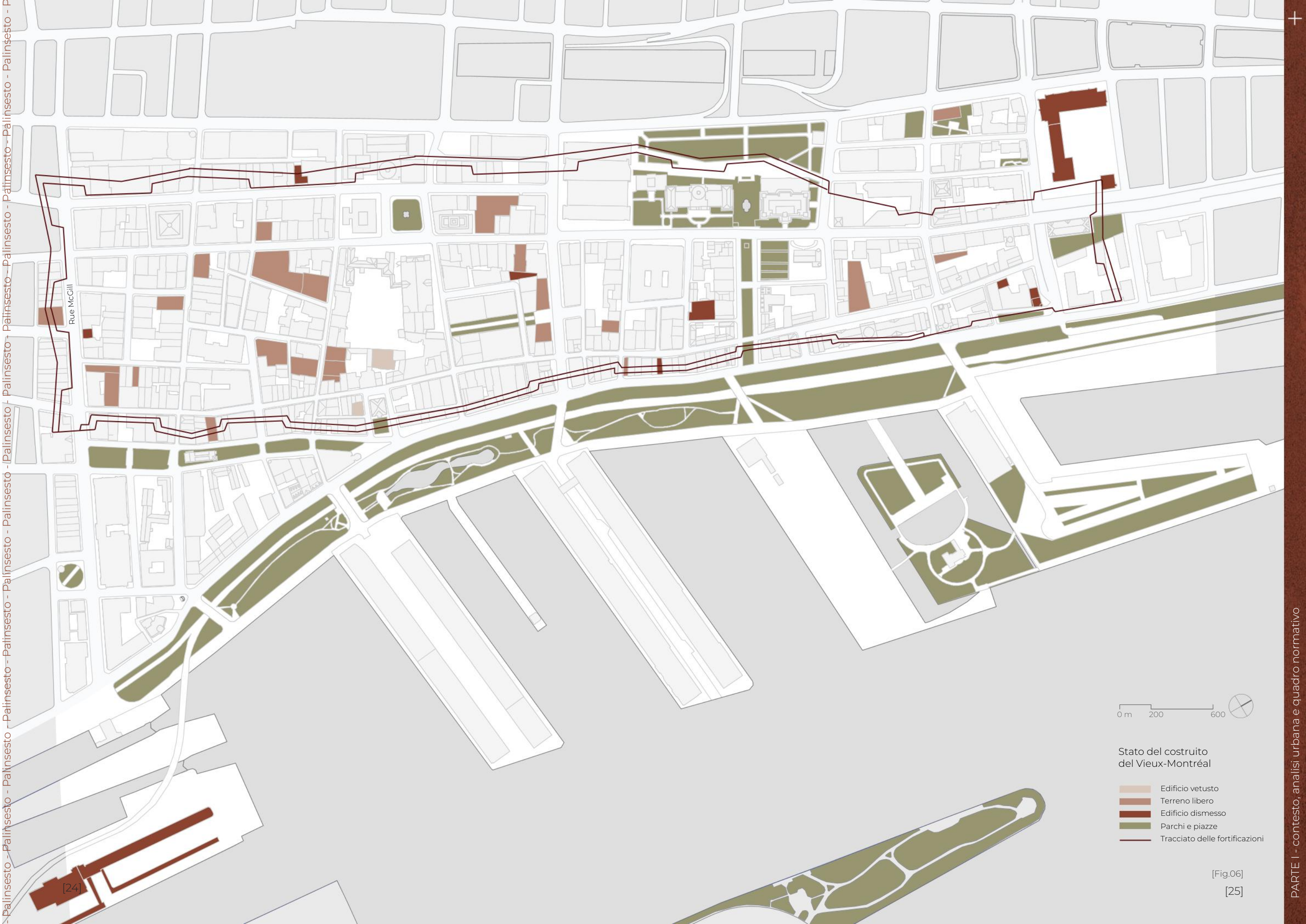
P1.01.01

Inquadramento territoriale e sviluppo urbano della città di Montréal

La città di Montréal si sviluppa sull'isola omonima, situata alla confluenza tra il fiume San Lorenzo e la rivière des Prairies¹, in un punto di controllo strategico delle principali vie d'acqua del Canada orientale. La natura insulare del territorio ha determinato fin dalle origini la struttura geografica e funzionale dell'insediamento, caratterizzato da una stretta relazione con la rete idrografica e con le direttrici commerciali che collegavano il bacino del San Lorenzo ai Grandi Laghi e al Nord-Est americano. La posizione centrale nell'arcipelago di Hochelaga e la presenza del rilievo del Mont Royal hanno contribuito a definire un equilibrio tra elementi naturali e sviluppo urbano, costituendo il quadro territoriale entro cui si è consolidata la crescita della città. La configurazione attuale di Montréal deriva da un processo di espansione progressiva entro i limiti dell'isola, inizialmente attraverso piccoli nuclei sparsi e poi mediante fenomeni di integrazione amministrativa e infrastrutturale. L'insediamento si è ampliato verso ovest e verso est lungo le principali direttrici territoriali, trasformando gradualmente l'isola in un sistema urbano continuo. La densificazione del settore centrale, favorita dalla vicinanza al porto e dalla presenza delle principali istituzioni civili, religiose ed economiche, ha consolidato il ruolo di Montréal come centro amministrativo e commerciale della regione. A partire dal XX secolo, la città ha conosciuto un'estensione più rapida, sostenuta dalla costruzione di ponti, infrastrutture stradali e reti di trasporto collettivo che hanno progressivamente integrato l'isola con le aree della rive-nord e della rive-sud. Tale evoluzione ha condotto alla definizione dell'area metropolitana contemporanea, organizzata secondo forme di governance sovralocale che mirano a coordinare la pianificazione territoriale, la gestione dei trasporti e la tutela degli spazi naturali. In questo quadro, l'assetto urbano di Montréal è oggi strutturato come un sistema policentrico, caratterizzato da un centro consolidato nell'arrondissement di Ville-Marie², che comprende il Vieux-Montréal, il distretto direzionale e una parte dei quartieri storici. La presenza di grandi assi infrastrutturali, di poli universitari e di settori residenziali ad alta densità contribuisce alla complessità del tessuto urbano centrale, mentre le aree periferiche dell'isola mostrano una morfologia più diffusa e legata ai principali corridoi di mobilità. L'inquadramento territoriale evidenzia una città definita da una forte relazione con la rete idrografica e da una struttura insediativa che si è evoluta per fasi successive, integrando la maglia urbana originaria con i processi di industrializzazione, espansione suburbana e pianificazione metropolitana. Montréal si presenta oggi come un sistema urbano articolato, dove il nucleo storico, il waterfront e i principali assi di mobilità costituiscono gli elementi ordinatori del territorio e il riferimento per le strategie urbane contemporanee.

¹ Fiume che delimita il margine settentrionale dell'isola di Montréal, separandola dalla île Jésus (Laval).
² Municipio centrale di Montréal che comprende il Vieux-Montréal e il centro direzionale moderno; rappresenta il nucleo storico, amministrativo ed economico della città, caratterizzato da un'elevata stratificazione urbana e patrimoniale.





Stato del costruito
del Vieux-Montréal

- Edificio vetusto
- Terreno libero
- Edificio dismesso
- Parchi e piazze
- Tracciato delle fortificazioni

[Fig.06]

[25]

La città fortificata e la definizione del nucleo urbano

1 François Dollier de Casson (1636–1701), sacerdote sulpiziano, ingegnere e cartografo attivo nella Montréal del XVII secolo, contribuì alla pianificazione urbana e alle opere difensive della Ville-Marie.

2 Appezziamenti di terra assegnati nel quadro del sistema signorile della Nuova Francia, concessi dal signore ai coloni.

3 Sulpiciens, comunità religiosa cattolica francese insediata a Montréal dal XVII secolo.

1 Gaspard-Joseph Chaussegros de Léry (1682-1756), ingegnere militare del re di Francia in Nuova Francia; fu responsabile della progettazione e del potenziamento delle fortificazioni di Montréal nel XVIII secolo.

2 Principale edificio religioso della città, situato nel Vieux-Montréal; costruita tra il 1824 e il 1829.

3 Una delle strade più antiche di Montréal, tracciata nel XVII secolo, asse storico del Vieux-Montréal.

4 Piazza storica del Vieux-Montréal, originariamente spazio militare e civico della Ville-Marie.

[Fig.07] Piantastorica della città fortificata di Montréal, raffigurante l'impianto urbano del primo insediamento lungo il fiume San Lorenzo e l'organizzazione del tessuto edilizio e delle fortificazioni nel XVIII secolo. Copia della "Spy Map" stampata a Londra nel 1758 da Thomas Jefferys, geografo di S.A.R. il Principe di Galles. Fonte: Archives de la Ville de Montréal.



Il superamento delle mura e l'apertura ai faubourgs

Il periodo compreso tra il 1804 e il 1817 coincide con la demolizione progressiva delle fortificazioni e con l'apertura della città verso i faubourgs¹ Saint-Laurent, Saint-Antoine e Sainte-Marie. L'eliminazione delle mura consente di ampliare la rete viaria, di estendere gli isolati e di introdurre nuovi tracciati che collegano il nucleo storico con le aree circostanti. La realizzazione di rue McGill, impostata lungo il margine occidentale dell'antica cinta muraria, introduce un asse commerciale e direzionale che connette Place d'Armes con Place D'Youville, a ridosso del porto. Come documentato nell'Énoncé d'intérêt patrimonial du site de la maison Charles-Simon-Delorme II², lungo questo asse compaiono nel primo Ottocento le prime maisons-magasin, caratterizzate da bottega al piano terra e alloggi ai livelli superiori. Questa tipologia, intermedia tra residenza e attività commerciale, rappresenta il passaggio da una città a prevalente funzione abitativa a una città mercantile moderna, in cui produzione, scambio e residenza si intrecciano nella stessa cellula edilizia.

¹ Quartieri sviluppatasi storicamente al di fuori delle mura della città.

² Documento ufficiale redatto dalla Ville de Montréal che definisce e sintetizza i valori storici, architettonici, archeologici e paesaggistici del sito.

[Fig.08] Veduta di Place Jacques-Cartier animata da carri e attività mercantili, Montréal, ca. 1900. Fotografia storica che documenta il ruolo della piazza come spazio commerciale e nodo urbano del Vieux-Montréal. Fonte: Archivio di Montréal.



La crescita industriale e la struttura proto-metropolitana

Nella seconda metà del XIX secolo Montréal si afferma come principale nodo industriale e finanziario del Canada orientale. Il completamento del Canale di Lachine¹ (1825) e del Victoria Bridge² (1859) rafforza il ruolo del porto come piattaforma logistica e favorisce l'insediamento di attività manifatturiere lungo il fronte meridionale dell'isola. Il Vieux-Montréal, grazie alla vicinanza al porto e alla centralità amministrativa, si densifica e si specializza, ospitando magazzini portuali, sedi di compagnie ferroviarie e uffici doganali. Gli edifici in pietra calcarea costruiti tra la fine dell'Ottocento e l'inizio del Novecento, come l'Édifice du Grand Tronc³ (1899-1902) e l'Édifice des Douanes⁴ (1912-1916), contribuiscono a definire la monumentalità del quartiere. Le Fiches du patrimoine du Vieux-Montréal⁵ descrivono questi complessi come esempi emblematici di architettura amministrativa e direzionale di epoca industriale, in cui la solidità muraria e l'uso di materiali lapidei conferiscono rappresentatività e prestigio al distretto commerciale.

¹ Infrastruttura idraulica realizzata nel XIX secolo per superare le rapide del San Lorenzo.

² Ponte ferroviario sul fiume San Lorenzo; prima grande infrastruttura permanente di attraversamento a Montréal.

³ Edificio per uffici realizzato come sede canadese della compagnia ferroviaria Grand Trunk, segna la trasformazione di rue McGill in asse direzionale e testimonia il ruolo strategico delle infrastrutture ferroviarie nello sviluppo economico e urbano di Montréal.

⁴ Edificio federale destinato all'esame e allo sdoganamento delle merci.

⁵ Schede di documentazione redatte dalla Ville de Montréal che raccolgono informazioni storiche, architettoniche e urbane sugli edifici e i siti di interesse del Vieux-Montréal.

[Fig.09] Veduta storica del porto di Montréal lungo il fiume San Lorenzo (circa 1908), l'immagine evidenzia il rapporto tra waterfront, attività industriali e tessuto costruito, elemento determinante nella crescita di Montréal come principale nodo commerciale del Canada. Fonte: Archives de la Ville de Montréal.



Il quadro urbano nel 1903: la città in trasformazione

La pubblicazione *"Montreal and Vicinity"* (Hinshelwood, 1903) offre una testimonianza diretta del paesaggio urbano all'inizio del XX secolo, evidenziando la coesistenza tra la trama seicentesca del Vieux-Montréal, le infrastrutture industriali e il sistema di trasporti in rapida evoluzione. Nel 1903 la città si struttura attorno a due assi principali: Nord-Sud dall'area portuale a Mount Royal, attraverso Place d'Armes e Boulevard Saint-Laurent, che funge da linea di demarcazione culturale e linguistica; Est-Ovest l'asse McGill-Bonaventure, che collega il porto al distretto ferroviario, configurandosi come dorsale economica della Montréal industriale. La guida menziona edifici e spazi pubblici che testimoniano la continuità tra centro storico e modernizzazione infrastrutturale: la Basilique Notre-Dame, il Bonsecours Market, la Windsor Station, il Mount Royal Park e Place D'Youville. La tipologia della maison-magasin viene progressivamente sostituita da edifici commerciali multipiano, segno di una trasformazione funzionale e morfologica che anticipa le grandi riconfigurazioni del XX secolo.



[Fig.10]

[30]

Crisi, tutela e riconoscimento del valore patrimoniale

Nel corso del Novecento il progressivo spostamento delle attività portuali verso est e la costruzione delle autostrade Ville-Marie e Bonaventure comportano un declino demografico e funzionale del Vieux-Montréal. Secondo il Plan de protection et de mise en valeur du Vieux-Montréal (Ville de Montréal, 2012), la popolazione residente raggiunge uno dei punti più bassi nel 1976, con una significativa presenza di edifici abbandonati o sottoutilizzati. La designazione del quartiere come arrondissement historique nel 1964, e successivamente come site patrimonial déclaré nel 2012, segna l'avvio di una fase di rinnovata attenzione. Interventi di adaptive reuse come la trasformazione dei magazzini Bouthillier (1968) e del Cours Le Royer (1976) rappresentano i primi esempi di riqualificazione del patrimonio costruito, contribuendo al ritorno di funzioni residenziali e culturali nel centro storico. Nei decenni successivi programmi municipali consolidano un approccio integrato alla tutela, basato sulla valorizzazione del tessuto storico e sul recupero delle aree di bordo tra città e porto.



[Fig.11]

[31]

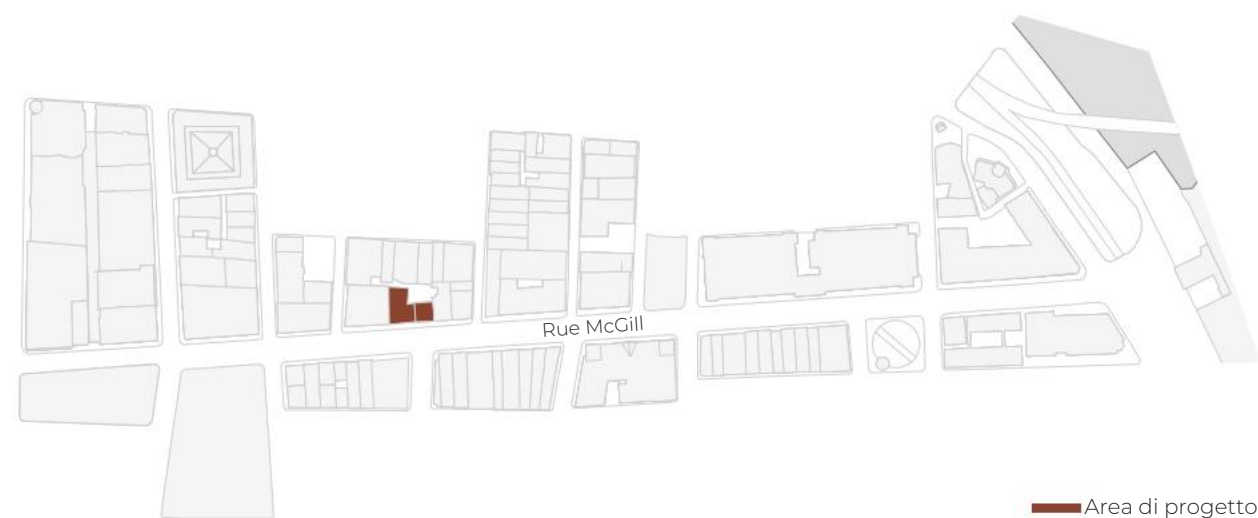
L'evoluzione di Montréal può essere letta come una sequenza di trasformazioni stratificate, in cui il Vieux-Montréal conserva la funzione di nucleo identitario e morfologico. Le sue trame storiche, dall'impianto seicentesco alle espansioni ottocentesche, rappresentano la base di un sistema urbano che, pur modificandosi nel tempo, mantiene continuità strutturale e visiva. La tutela contemporanea del patrimonio non si limita alla conservazione materiale dei singoli edifici, ma si estende alla salvaguardia delle relazioni spaziali, visive e simboliche che fondano l'identità della città. Montréal si presenta così come una città multilivello, dove la memoria del paesaggio coloniale e industriale si intreccia con le strategie di riuso e rigenerazione del XXI secolo.



P1.01.03

La Rue McGill come asse di transizione tra città storica e downtown

La rue McGill rappresenta uno degli assi più significativi nella struttura urbana di Montréal, poiché collega il nucleo storico del Vieux-Montréal con il settore direzionale del downtown attraverso un tracciato che riassume le principali trasformazioni della città tra XIX e XX secolo. La sua formazione è direttamente legata alla demolizione della cinta muraria all'inizio dell'Ottocento, che consente l'espansione del nucleo coloniale verso nord-ovest e la definizione di nuovi assi viari destinati a integrare la città storica con i faubourgs e con le infrastrutture commerciali in rapido sviluppo. L'impianto rettilineo della rue McGill, impostato sul margine occidentale dell'antico perimetro fortificato, riflette la volontà di organizzare un collegamento diretto tra Place d'Armes e Place D'Youville, rafforzando la relazione tra il centro amministrativo e il fronte portuale. Nel corso dell'Ottocento la rue McGill assume un ruolo centrale nello sviluppo mercantile della città; la sua posizione intermedia tra il porto e il nucleo amministrativo favorisce l'inseadimento di attività commerciali e di servizi, mentre la vicinanza ai magazzini portuali e ai primi depositi doganali porta alla realizzazione di edifici a uso misto che combinano botteghe, depositi e residenze. Le prime maisons-magasin, identificate nelle fonti patrimoniali del Vieux-Montréal, testimoniano questa fase di transizione, in cui la tipologia residenziale coloniale si adatta alle esigenze della crescente economia urbana. Parallelamente, la rue McGill diventa un corridoio di accesso ai faubourgs occidentali e al nuovo tessuto industriale che si sviluppa lungo il Canale di Lachine. La presenza di compagnie mercantili, assicurative e bancarie lungo il suo asse indica una progressiva specializzazione funzionale che anticipa la trasformazione del settore in area direzionale; le carte storiche e le valutazioni patrimoniali confermano come, già nella seconda metà del XIX secolo, la via costituisca un elemento di continuità tra la città storica e le aree di espansione, assumendo un ruolo intermedio tra le funzioni portuali e le nuove attività manifatturiere.



[Fig.13]



[Fig.14] La fotografia documenta Rue McGill vista in direzione nord a partire da Rue Notre-Dame, nel settore occidentale del Vieux-Montréal, nei primi decenni del XX secolo. L'inquadratura restituisce un tratto significativo della strada nel suo assetto urbano originario, evidenziando la continuità del fronte edilizio e la compresenza di funzioni commerciali e infrastrutturali tipiche della fase di consolidamento della città moderna.

CAPITOLO 2

Quadro normativo e strumenti di riferimento

P1.02.01

Normativa edilizia e sulle costruzioni in Canada, Québec e Montréal

Il quadro normativo entro cui si colloca il progetto è articolato su tre livelli principali:

- **Federale**, attraverso i codici nazionali “modello” (National Model Codes);
- **Provinciale**, con il Code de construction du Québec e la Loi sur le bâtiment;
- **Municipale**, con gli strumenti urbanistici e di tutela del patrimonio adottati dalla Città di Montréal e, in particolare, dall’arrondissement di Ville-Marie e dal sito patrimoniale del Vieux-Montréal.

Questi tre livelli si sovrappongono e si integrano definendo, da un lato, i requisiti minimi di sicurezza, salubrità ed efficienza energetica dell’edificio, e dall’altro, le condizioni di compatibilità con il contesto storico-urbano.

I codici nazionali modello

A scala federale, il Canada non dispone di un “building code” unico e direttamente vincolante, ma di una serie di codici nazionali modello sviluppati dalla Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies (CCCBPI):

- il Code national du bâtiment – Canada 2020 (CNB),
- il Code national de l’énergie pour les bâtiments – Canada 2020 (CNÉB)¹,
- il Code national de la plomberie – Canada 2020 (CNP),
- il Code national de prévention des incendies – Canada 2020 (CNPI).

Si tratta di codici “objective-based”, che fissano requisiti prestazionali minimi e li articolano in Divisions:

- Division A, che definisce ambito di applicazione, obiettivi e functional statements;
- Division B, che contiene le acceptable solutions di dettaglio;
- Division C, con le disposizioni amministrative.

¹ Nel caso del CNÉB 2020, il codice disciplina specificamente l’efficienza energetica di nuovi edifici e ampliamenti, definendo requisiti per involucro, illuminazione, impianti HVAC, acqua calda sanitaria, sistemi elettrici e percorsi di conformità basati sia su prescrizioni sia su prestazioni globali dell’edificio. Il CNÉB è espressamente concepito come codice modello, destinato ad essere adottato o adattato dalle singole province e territori, che possono recepirlo integralmente o modificarlo in funzione delle esigenze locali.

Il Code de construction du Québec e la Loi sur le bâtiment

In Québec, il recepimento dei codici nazionali avviene attraverso la Loi sur le bâtiment¹ (Building Act, B-1.1), che conferisce alla Régie du bâtiment du Québec (RBQ)² il mandato di elaborare e aggiornare il Code de construction e il Code de sécurité. Il Code de construction du Québec, chapitre B-1.1, r. 2 (Construction Code / Code de construction) rappresenta il principale riferimento normativo provinciale in materia di progettazione e realizzazione di edifici. Esso integra, con emendamenti specifici, le disposizioni del National Building Code, adattandole al contesto normativo e climatico del Québec.

Il Code de construction du Québec, Chapitre I – Bâtiment recepisce quindi il CNB 2015/2020, con modifiche che riguardano, tra l’altro, classificazione degli edifici, requisiti antincendio, accessibilità, prestazioni termiche dell’involucro e modalità di verifica. Dal punto di vista dell’efficienza energetica, il Québec ha progressivamente integrato nel proprio Code de construction i principi del Code national de l’énergie pour les bâtiments, definendo per gli edifici di nuova costruzione standard minimi di prestazione energetica dell’involucro e dei sistemi tecnici. Questi requisiti assumono un rilievo particolare nel caso di interventi su edifici esistenti, dove l’adeguamento energetico deve essere conciliato con le limitazioni imposte dal contesto storico e dai vincoli patrimoniali.

Per il caso oggetto di studio, che prevede la riqualificazione di un edificio nel tessuto storico, il Code de construction du Québec costituisce dunque il riferimento principale:

- per la definizione di altezze, compartimentazioni, resistenza al fuoco e vie di esodo;
- per i requisiti di isolamento, tenuta all’aria e controllo dei ponti termici dell’involucro;
- per le prestazioni degli impianti meccanici e idrico-sanitari;
- per l’inquadramento delle trasformazioni di un edificio esistente (change of use, ampliamenti, sopraelevazioni).

¹ Legge del Québec che disciplina la sicurezza, la qualità e la conformità delle costruzioni, regolando la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione degli edifici tramite codici e norme tecniche applicabili su tutto il territorio provinciale.

² Organismo pubblico responsabile dell’applicazione della Loi sur le bâtiment; vigila sulla sicurezza delle costruzioni e delle installazioni, sull’emissione delle licenze agli operatori e sull’applicazione dei codici edilizi e normativi nel Québec.



[Fig.15]

Strumenti municipali: urbanistica e tutela del patrimonio a Montréal

A livello municipale, la Città di Montréal non modifica i requisiti tecnici del Code de construction du Québec, ma è competente per:

- la regolamentazione urbanistica e d'uso del suolo;
- la tutela del patrimonio costruito e archeologico.

L'arrondissement de Ville-Marie, in cui ricade il Vieux-Montréal, è stato oggetto di un'estesa valutazione del patrimonio urbano svolta dalla Division du patrimoine et de la toponymie nell'ambito del Plan d'urbanisme della città, adottato nel 2004. Lo studio sottolinea come il patrimonio urbano non sia riducibile a singoli edifici isolati, ma comprenda tracciati stradali, paesaggi, costruzioni, elementi naturali e vestigia archeologiche, valutati attraverso criteri quali antichità, qualità architettonica, omogeneità e valore paesaggistico. A partire da questo lavoro, la Città ha elaborato il "Plan de protection et de mise en valeur du Vieux-Montréal", che riconosce il quartiere come centro storico e principale attrattore turistico della città, dotato di qualità patrimoniali eccezionali. Il piano ribadisce la necessità di proteggere e valorizzare il sito, già dichiarato arrondissement historique¹ dal Governo del Québec nel 1964, e definisce orientamenti e misure per:

- la qualità del milieu de vie² (funzioni residenziali, commerciali, culturali);
- la gestione del traffico, del parcheggio e dell'accessibilità;
- la salvaguardia del paesaggio storico, delle viste e dei belvedere;
- la cura del domaine public (strade, piazze, spazi aperti) e del cadre bâti³;
- la conservazione e la valorizzazione del patrimonio archeologico.

Nel quadro della riforma della Loi sur le patrimoine culturel (2012), il Vieux-Montréal è classificato come "site patrimonial de Montréal (Vieux-Montréal)". Gli edifici all'interno del perimetro, come ad esempio il complesso per uffici di 465 Rue McGill o gli edifici delle dogane e del Grand Trunk nei pressi di Place D'Youville, sono esplicitamente considerati protetti in quanto situati nel sito patrimoniale dichiarato.

Per il progetto, ciò si traduce in una serie di vincoli e opportunità:

- l'obbligo di rispettare le altezze, gli allineamenti e i caratteri del cadre bâti esistente, soprattutto in relazione alla sequenza di edifici storici che bordano l'asse, descritta nella scheda di spazio pubblico dedicata alla Rue McGill;
- l'attenzione alla conservazione delle relazioni visuali con Place D'Youville, con il fronte portuale e con gli edifici rappresentativi;
- la necessità di integrare le strategie di riqualificazione energetica entro i limiti posti dalla tutela del patrimonio, privilegiando soluzioni compatibili sull'involucro storico e concentrando gli interventi più innovativi sulle parti di nuova costruzione o sugli interni.

¹ Designazione giuridica attribuita dal governo del Québec a un settore urbano di eccezionale valore patrimoniale, finalizzata alla tutela e alla valorizzazione del suo carattere storico, architettonico e paesaggistico.

² Espressione che indica l'insieme delle condizioni spaziali, sociali, funzionali e ambientali che definiscono la qualità della vita quotidiana in un luogo urbano, includendo il rapporto tra spazio pubblico, abitare, servizi, mobilità e identità collettiva.

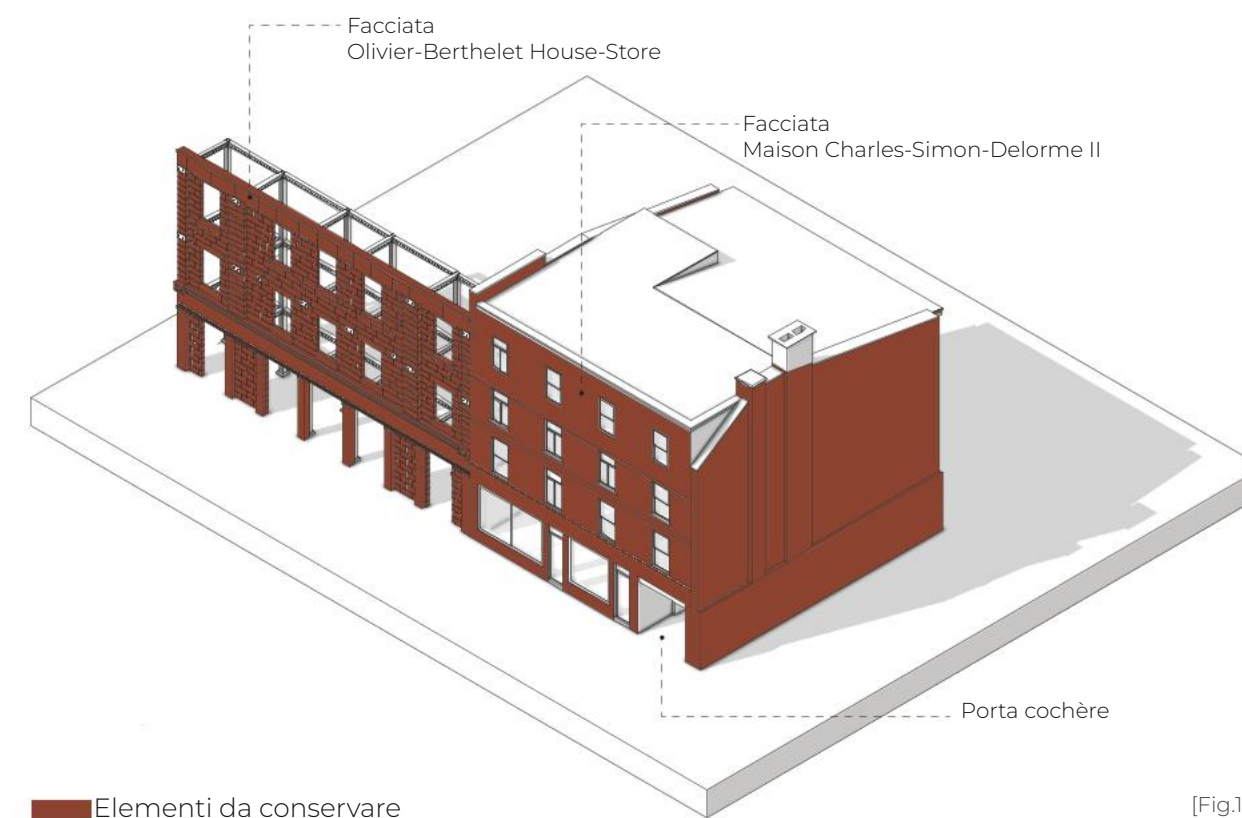
³ Insieme degli elementi costruiti (edifici, infrastrutture, spazi pubblici attrezzati) che strutturano il tessuto urbano e ne determinano forma, scala, continuità e carattere architettonico.

Implicazioni per il progetto

La normativa edilizia canadese, quebecchese e montrealese configura un sistema multilivello in cui:

- i codici nazionali modello (CNB, CNÉB, CNP) fissano le prestazioni minime di sicurezza, salubrità ed energia per gli edifici;
- il Code de construction du Québec rende cogenti tali standard, integrandoli nel quadro giuridico provinciale;
- la Città di Montréal e l'arrondissement de Ville-Marie precisano, attraverso gli strumenti urbanistici e di tutela del patrimonio, le condizioni di trasformazione ammissibili nel Vieux-Montréal, con particolare attenzione alla qualità del paesaggio storico e alla conservazione del patrimonio costruito e archeologico.

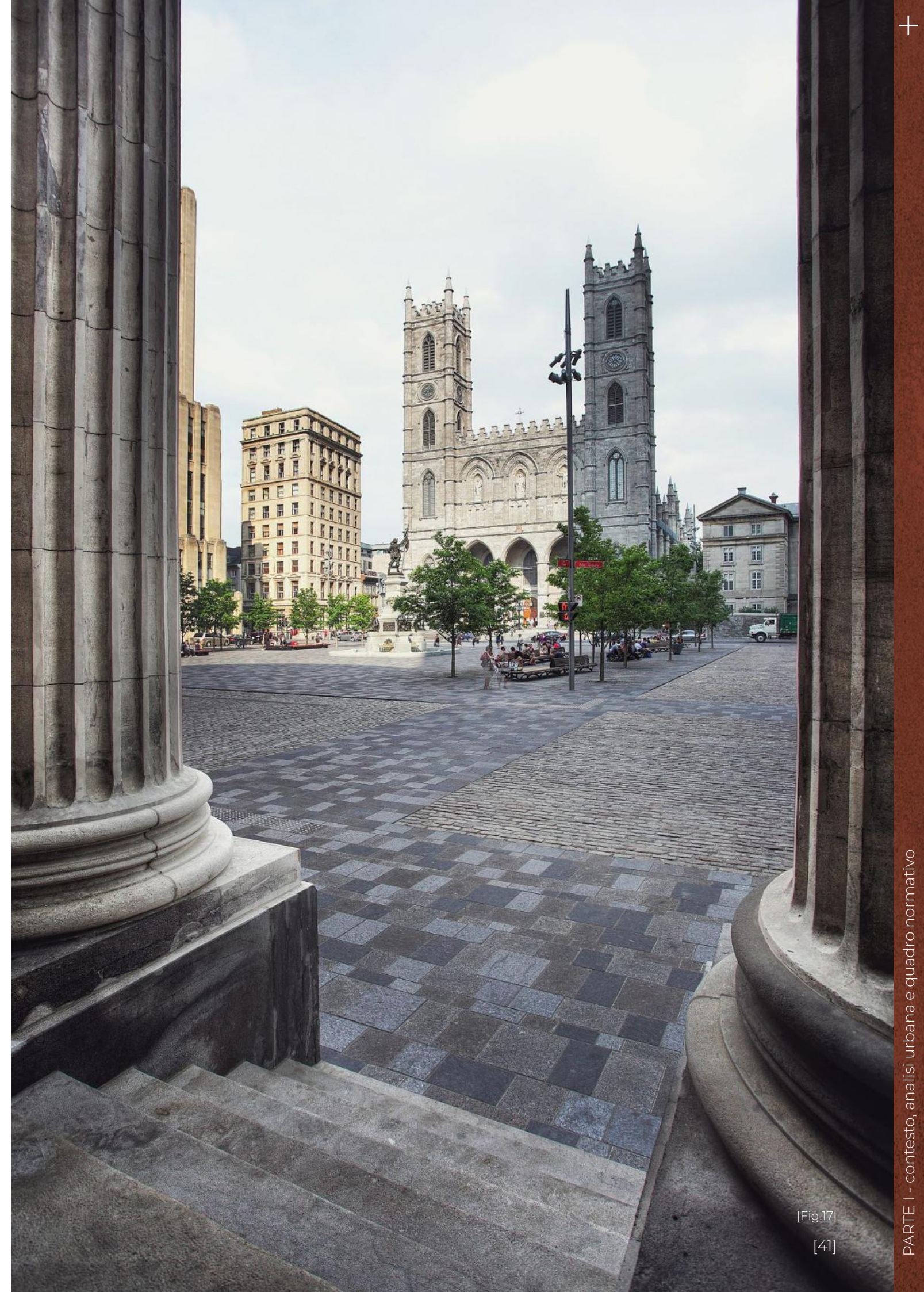
Per il caso di studio, questo quadro normativo costituisce i limiti di riferimento imprescindibili sia per l'impostazione del progetto di riqualificazione architettonica, sia per la definizione delle strategie di efficientamento energetico dell'involucro e degli impianti, che dovranno coniugare le esigenze prestazionali contemporanee con la salvaguardia dei valori storici e paesaggistici del Vieux-Montréal.



[Fig.16]

Normativa sulla tutela del patrimonio e dei beni storici

3 Parametro morfologico che definisce altezza, volumetria e proporzioni degli edifici storici.



[41]

Normative sull'efficienza energetica e la sostenibilità ambientale

Il livello federale: Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNÉB)

Il codice stabilisce un insieme di prescrizioni tecniche minime che riguardano:

- L'obiettivo generale del CNÉB è esplicitamente orientato alla riduzione del consumo energetico e delle emissioni, come indicato dall'Objectif OE1.1 – Utilisation excessive de l'énergie. Il codice introduce criteri prestazionali minimi e offre diversi percorsi di conformità, tra cui:

- Un elemento centrale del CNÉB è il suo carattere quadro di riferimento nazionale: una volta adottato dalle singole province, il codice assume valore cogente e definisce i livelli minimi accettabili di prestazione energetica per la progettazione edilizia. In questo senso, il CNÉB costituisce la base tecnica su cui il Québec struttura la propria regolamentazione energetica in edilizia.

La provincia del Québec recepisce il CNÉB attraverso la sua integrazione nel Code de construction du Québec, rendendo obbligatori i requisiti di efficienza energetica per le nuove costruzioni e per gli interventi di ampliamento edilizio. Tale recepimento assicura un allineamento tra gli standard nazionali e il contesto climatico, infrastrutturale ed energetico locale, fortemente caratterizzato dall'uso estensivo di energia idroelettrica. Parallelamente al quadro normativo edilizio, il Québec ha sviluppato una strategia climatica strutturata. Il Mémoire McGill presentato alla Commission municipale sottolinea come la decarbonizzazione del settore edilizio non possa essere perseguita esclusivamente tramite l'elettrificazione degli usi finali, ma richieda un miglioramento sostanziale dell'efficienza energetica degli edifici, accompagnato da una gestione attiva delle punte di consumo elettrico. Tra i principali strumenti operativi a sostegno di questa strategia si collocano programmi come RénoPlex e Rénoclimat, orientati al finanziamento di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici residenziali, come richiamato anche nel Plan d'urbanisme et de mobilité 2050.

Feuille de route vers des bâtiments zéro émission 2040

A livello municipale, la Ville de Montréal ha adottato una strategia particolarmente ambiziosa attraverso la Feuille de route vers des bâtiments zéro émission dès 2040, che mira alla trasformazione progressiva del patrimonio edilizio urbano in un parco immobiliare a emissioni operative nulle. Tali misure si applicano in particolare agli edifici di grandi dimensioni e al patrimonio immobiliare del centro cittadino, con un impatto significativo sul settore terziario e sugli edifici storici riconvertiti.

Il Plan d'urbanisme et de mobilité 2050 (PUM 2050) e il relativo Plan d'action 2025–2030 formalizzano gli obiettivi ambientali e climatici della città di Montréal. In particolare, l'Obiettivo 2.9 prevede:

- il miglioramento della performance ambientale degli edifici;
 - il rafforzamento della resilienza climatica del patrimonio costruito;
 - l'abbandono progressivo dei combustibili fossili;
 - la generalizzazione dell'uso delle energie rinnovabili;
 - il sostegno alla decarbonizzazione degli edifici esistenti e delle nuove costruzioni.
- La città esplicita come la transizione energetica implichi una revisione profonda delle modalità di costruzione, ristrutturazione e gestione degli edifici, richiedendo un approccio integrato che coinvolga:
- la progettazione dell'involucro edilizio;
 - l'efficienza dei sistemi meccanici;
 - la mitigazione delle isole di calore urbane;
 - la gestione sostenibile dei rifiuti da costruzione, ristrutturazione e demolizione (CRD).

Obiettivi urbani, ambientali e patrimoniali del PUM 2050

I valori indicano traguardi strategici fissati dalla Ville de Montréal per orientare la transizione ecologica del patrimonio costruito. Non sono soglie tecniche di prestazione energetica, ma obiettivi urbani che incidono sulle scelte progettuali relative a energia, materiali e gestione dei rifiuti da costruzione.

ENERGIA

Decarbonizzazione operativa del patrimonio edilizio

Entro il 2040

100% delle operazioni negli edifici decarbonizzate

MATERIALI

Riuso, riciclo e valorizzazione nelle nuove costruzioni e ristrutturazioni maggiori

Entro il 2050

Il target non richiede che il 100% dei materiali sia riciclato, ma che gli interventi integrino strategie di riuso e valorizzazione delle risorse materiali.

RIFIUTI CRD

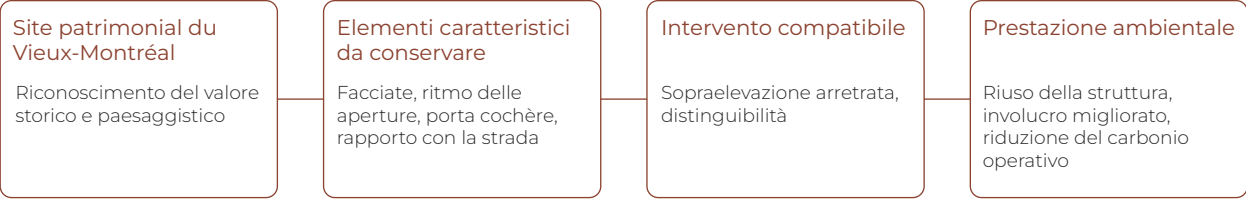
Deviazione e gestione circolare Construction, rénovation, déconstruction

Entro il 2050

Obiettivo legato alla riduzione dei rifiuti da costruzione, ristrutturazione e demolizione attraverso recupero, separazione, riuso e valorizzazione.

Fonte: Ville de Montréal, Résumé du Plan d'urbanisme et de mobilité 2050, Orientation 9, 2025.

Dalla tutela patrimoniale alle scelte progettuali



Implicazioni progettuali per il caso studio

Tema	Indicazione progettuale	Progetto
Conservazione	Mantenere gli elementi storici leggibili e ridurre la demolizione.	facciate esistenti / porta cochère / tracce materiali
Nuovo volume	Inserire la sopraelevazione come parte contemporanea ma subordinata al fronte storico.	arretramento / leggerezza / compatibilità urbanistica
Spazio pubblico	Trasformare la facciata isolata in soglia urbana, non in frammento decorativo.	vuoto urbano / accessibilità / relazione con Place D'Youville
Energia	Usare i limiti CNÉB come base per definire pacchetti e verifiche successive.	involucro / sistemi / controllo solare

[Fig.18]

Bilancio energetico: dalle dispersioni al fabbisogno

Lettura fisico-tecnica del modello: il sistema riduce il fabbisogno agendo su involucro, ventilazione, apporti e rendimento.

1. Dispersioni per trasmissione
U, superfici e ponti termici
 $H_{tr} = \sum(U_i \cdot A_i) + \sum(\psi_j \cdot L_j)$

2. Dispersioni per ventilazione
Aria esterna / recupero calore
 $H_{ve} \approx 0.33 \cdot n \cdot V$

3. Apporti utili
sole, persone, apparecchi
 $Q_{gain} = Q_{sol} + Q_{int}$

4. Fabbisogno netto
energia richiesta all'ambiente
 $Q_{H,nd} = Q_{loss} - \eta_g \cdot Q_{gain}$

INVOLUCRO
U / RSI / ponti termici
U [W/m²K] · RSI [m²K/W]
più basso U = minori dispersioni

TENUTA ALL'ARIA
l75Pa = Q/S
Q [L/s] a 75 Pa · S [m²]
misura della permeabilità

SISTEMI
COP, SRE, controlli

OUTPUT
AEC, target, tiers

Fonti: NECB 2020, Parts 3–8 e 10; NBC 2020, Appendix A-9.36.2.4.

Sistema normativo multilivello e campo di applicazione

La regolazione dell'intervento non dipende da un unico testo normativo, ma da una catena di recepimento: i codici nazionali canadesi definiscono i requisiti tecnici minimi; il Québec li rende cogenti attraverso il Code de construction; Montréal e l'arrondissement di Ville-Marie precisano il quadro urbano, patrimoniale e paesaggistico.

Percorso prestazionale CNÉB / NECB

Dalla descrizione dell'edificio al confronto con l'edificio di riferimento



Requisiti tecnici e codici di riferimento

Recepimento dei codici modello nazionali nel Code de construction du Québec e ricadute tecniche sul progetto

CNB 2020
sicurezza, uso, accessibilità
Partie 3 · Partie 4
struttura · incendio vie d'esodo · occupanti

CNÉB 2020
prestazione energetica
Parties 3–6 · Parties 8–10
involucro · lightingCVCA · ECS · niveaux

CNPI 2020
prevenzione incendi
Code de prévention
gestione · controllo sicurezza antincendio

CNP 2020
impianti idrosanitari
Plomberie appareils
reti idriche · scarichi apparecchi sanitari

Tema	CNB	CNÉB	CNPI	CNP	MTL
Alterazione / trasformazione esistente	●	○	○	○	●
Sopraelevazione / ampliamento	●	●	○	○	●
Cambio d'uso e distribuzione	●	○	●	○	●
Involucro e prestazione energetica	○	●	○	○	●
Vie d'esodo e protezione incendio	●	○	●	○	○
Impianti idrosanitari	○	○	○	●	○
Compatibilità paesaggistica	○	○	○	○	●

Legenda:

- requisito direttamente incidente;
- requisito da verificare in coordinamento con disciplina tecnica o autorizzativa.

[Fig.19]

Confronto di riferimento tra Montréal e Torino

Il confronto non stabilisce una corrispondenza normativa diretta, ma utilizza Torino come riferimento per rendere più leggibile il sistema canadese. I due contesti adottano strumenti, unità di misura e metodi di verifica differenti; la comparazione permette quindi di chiarire analogie e differenze utili alla lettura del progetto.

MONTRÉAL CNÉB Zone 6 HDD = 4200 clima freddo-severo, domanda termica elevata	TORINO Zona climatica E GG = 2617 contesto italiano di confronto	PARAMETRI COMUNI U-value / trasmittanza [W/m²K] classificazione climatica edificio di riferimento	MONTRÉAL / QUÉBEC DJC18 / DJC15 · Zone CNÉB LPD [W/m²] Energy Performance Tiers [%]	TORINO / ITALIA GG · zona climatica E H'T · EPgl [kWh/m² anno] YIE · ggl+sh · NZEB
---	---	---	---	--

Comparazione dei sistemi di riferimento

Tema	Montréal / Québec	Torino / Italia	Differenza metodologica
Struttura normativa	Codici modello nazionali recepiti e modificati dal Québec; integrazione con strumenti municipali di Montréal.	Normativa UE/nazionale, Regione Piemonte, Regolamento Edilizio e strumenti comunali.	Il Québec rende cogenti i codici modello attraverso il recepimento provinciale; l'Italia usa un metodo nazionale integrato da livelli regionali e comunali.
Clima e classificazione	Montréal: Zone 6 CNÉB; 4200 DJC18 / 3410 DJC15; clima a prevalente fabbisogno di riscaldamento.	Torino: zona climatica E; 2617 gradi-giorno; periodo convenzionale di riscaldamento 15 ottobre–15 aprile.	Entrambi i sistemi usano indicatori cumulativi invernali, ma con soglie, categorie e modalità di classificazione diverse.
Unità climatiche	DJC18 / DJC15: degrés-jours de chauffage below 18 °C / 15 °C.	GG: gradi giorno comunali secondo DPR 412/1993.	Sono indicatori della severità climatica annuale e della domanda potenziale di riscaldamento, non temperature reali.
Involucro	U-value per zona climatica e componente: wall, roof, floor, window, skylight, door, ground assemblies.	Trasmittanza termica U per zona climatica e tipo di intervento, con limiti specifici per riqualificazione e ristrutturazione.	L'unità W/m²K è comune; cambia l'organizzazione normativa: climate zones CNÉB in Canada, zone climatiche A-F in Italia.
Ponti termici	Considerati nella metodologia di calcolo e negli standard tecnici richiamati, con attenzione alla continuità dell'involucro.	Inclusi nelle verifiche di trasmittanza e nel coefficiente medio globale H'T per superficie disperdente.	Il sistema italiano esplicita il controllo globale H'T; il sistema canadese è più legato a componenti e performance path.
Controllo solare / estate	SHGC, orientamento, rapporto vetrato e verifica di fenestration / curtain wall in relazione al progetto.	YIE, massa superficiale, fattore solare ggl+sh e schermature mobili.	L'Italia esplicita maggiormente inerzia e comportamento estivo; il CNÉB privilegia SHGC, rapporto vetrato e modellazione energetica.
Illuminazione	LPD — Lighting Power Density [W/m²] per destinazione d'uso: office, retail, museum, residential, dining.	EPL [kWh/m² anno], indice di prestazione energetica del servizio illuminazione.	Il Canada controlla la potenza installata; l'Italia controlla l'energia primaria associata al servizio.
Metodo prestazionale	Building Energy Performance Compliance Path e performance tiers: 100%, 75%, 50%, 40% del target.	Edificio di riferimento; verifica degli indici EP e dei requisiti minimi dell'edificio reale.	Entrambi usano un edificio di riferimento; il CNÉB traduce il confronto in livelli percentuali, il DM in indici energetici.
Indici energetici	Consumo annuo modellato, target, improvement percentage, energy tiers.	EPH,nd; EPC,nd; EPW; EPV; EPL; EPgl,nren; EPgl,tot; η H, η C, η W.	L'Italia è più articolata nella scomposizione per servizio; Québec/Canada leggono la performance in modo più sintetico e globale.
Ampliamento / sopraelevazione	CNÉB applicabile agli ampliamenti e agli edifici oltre 600 m² / 3 piani o non esclusivamente residenziali.	Verifiche sulla nuova porzione e sui sistemi tecnici coinvolti, in funzione della categoria di intervento.	Nel caso Rue McGill la sopraelevazione attiva il tema CNÉB; in Italia sarebbe trattata come ampliamento o ristrutturazione.
Edificio esistente	CNB applicabile ad alterazione, cambio d'uso e demolizione; Québec prevede regole per edifici esistenti trasformati.	Soglie di ristrutturazione importante: >25% dell'involucro; primo livello >50% più intervento sull'impianto termico.	L'Italia definisce soglie percentuali più esplicite; il Québec lavora per applicabilità del codice e autorità competente.
Carbonio, materiali e rifiuti	PUM 2050: operazioni degli edifici decarbonizzate entro il 2040; materiali riutilizzati/riciclati e deviazione rifiuti entro il 2050.	NZEB, rinnovabili, CAM edilizia, gestione rifiuti e requisiti ambientali distribuiti in strumenti separati.	Montréal integra i target ambientali nel piano urbano; l'Italia distingue maggiormente energia, CAM, appalti e gestione dei rifiuti.
Patrimonio	Vieux-Montréal: tutela del paesaggio storico, compatibilità degli interventi, autorizzazioni e ruolo dell'arrondissement.	Centro storico e vincoli: Regolamento edilizio, strumenti urbanistici e D.Lgs. 42/2004 per beni e paesaggio.	In entrambi i casi l'efficienza energetica deve essere mediata con conservazione, reversibilità e compatibilità architettonica.
Documentazione di conformità	Verifica ai codici adottati: edificio, energia, fuoco, impianti, uso, compatibilità municipale.	Relazione tecnica ex Legge 10, verifiche EP/U/H'T/YIE, autorizzazioni edilizie e paesaggistiche.	Canada: codice più autorità competente; Italia: calcolo normalizzato, relazione tecnica e titoli edilizi.

[Fig.25]

[48]

[49]

Implicazioni tecniche per gli edifici del centro storico

Gli edifici situati nel Vieux-Montréal presentano una duplice complessità: da un lato, il loro elevato valore patrimoniale impone forti limitazioni alle trasformazioni dell'involucro esterno; dall'altro, essi necessitano di una profonda riqualificazione energetica per allinearsi agli obiettivi municipali e provinciali.

Secondo il Mémoire McGill, gli edifici storici pongono sfide specifiche:

- limiti fisici all'installazione di pompe di calore e unità meccaniche in copertura;
- vincoli stringenti sulla modifica delle facciate;
- vetustà degli impianti e carenze prestazionali dell'involucro;
- saturazione della rete elettrica nel centro urbano.

Il PUM 2050 sottolinea la necessità di bilanciare rigenerazione energetica e conservazione dell'identità storica, promuovendo strategie di intervento compatibili con i valori patrimoniali e paesaggistici dei quartieri centrali.

Quadro di riferimento per il progetto

Alla luce del quadro normativo e strategico delineato, gli interventi di efficientamento energetico sull'edificio dovranno rispettare:

- i requisiti prestazionali minimi del CNÉB, come integrati nel Code de construction du Québec;
- gli obiettivi municipali di decarbonizzazione (Zéro Émission 2040);
- le linee guida del PUM 2050 in materia di resilienza climatica e riduzione delle emissioni;
- i vincoli patrimoniali del Vieux-Montréal, che impongono soluzioni compatibili, reversibili e minimamente invasive.

La strategia progettuale dovrà pertanto combinare:

- sistemi costruttivi ad alta efficienza energetica;
- tecnologie impiantistiche integrate e a basse emissioni;
- materiali low-carbon;
- strategie di controllo dei ponti termici e della tenuta all'aria;
- sistemi di ventilazione meccanica controllata ad alte prestazioni;
- approcci di restauro energetico rispettosi dell'identità architettonica originaria.

Il tessuto urbano compatto del Vieux-Montréal evidenzia la complessità dell'integrazione tra requisiti normativi per l'efficienza energetica e vincoli derivanti dalla conservazione del patrimonio edilizio.



[Fig.26]

PARTE II

CONOSCENZA E ANALISI DELL'ESISTENTE

Rilievo, diagnosi e comprensione del manufatto architettonico

La conoscenza approfondita dei due edifici oggetto della presente ricerca, la facciata dell'Olivier-Berthelet House-Store e il Site de la maison Charles-Simon-Delorme II, si fonda su un insieme di fonti documentarie, archivistiche e patrimoniali che consentono di ricostruire le fasi storiche, tipologiche e costruttive di questi manufatti, oggi parte integrante del tessuto urbano del Vieux-Montréal. Le fonti principali derivano dal fondo delle Archives de Montréal e dal Répertoire du patrimoine culturel du Québec, due strumenti utili per l'analisi storico-documentale degli edifici situati nel perimetro del sito patrimoniale dichiarato del Vieux-Montréal.

Analisi dell'edificio e rilievo dell'esistente

Fonti storiche e documentarie

1 Documento di riferimento che identifica e sintetizza i valori patrimoniali, storici, archeologici e urbani del sito della Maison Charles-Simon-Delorme II.

2 Banca dati ufficiale del Québec che raccoglie informazioni relative ai beni culturali riconosciuti, inventariati o tutelati.

3 Registro fondiario ufficiale del Québec, utilizzato per la consultazione delle informazioni catastali, proprietarie e registrali relative ai lotti e agli immobili.

4 Due edifici contigui costruiti tra il 1816 e il 1817 su Rue McGill per l'imprenditore Charles-Simon Delorme.



Maison-magasin Olivier-Berthelet (445–451, rue McGill)

L'edificio viene costruito tra il 1850 e il 1851 su iniziativa di Antoine-Olivier Berthelet¹, imprenditore e filantropo montrealese. Si tratta di una maison-magasin a tre piani più sottotetto, con doppia unità indipendente, tipologia che sintetizza la funzione abitativa e commerciale diffusa nella metà del XIX secolo lungo l'asse di Rue McGill. I piani terra, dotati di grandi vetrine, ospitavano inizialmente attività di vendita (John Thornton², poi William Patton³), mentre i piani superiori erano adibiti a residenza. Negli anni seguenti la destinazione si diversifica: nella seconda metà dell'Ottocento si insediano negozi di abbigliamento, tabacchi e ceramiche; nei primi decenni del Novecento compaiono fruttivendoli e ristoranti; tra gli anni Trenta e Cinquanta parte dei piani alti viene trasformata in camere ammobiliate.

La fase di declino inizia dopo il 1950, con una progressiva perdita di funzioni e una semplificazione delle facciate. Verso il 1994–1995 l'edificio viene demolito quasi integralmente a seguito di un incendio, mantenendo soltanto la facciata storica, oggi rinforzata da una struttura metallica posteriore. La facciata superstite costituisce oggi una quinta urbana autonoma, simbolica e rappresentativa del passato commerciale di Rue McGill.

1 (1798–1872), imprenditore, proprietario fondiario e filantropo di Montréal; figura importante nello sviluppo urbano e commerciale del XIX secolo, legata alla diffusione della tipologia della maison-magasin su rue McGill e a numerose iniziative sociali e religiose in città.

2 Imprenditore e proprietario attivo a Montréal nel XIX secolo, associato allo sviluppo commerciale e immobiliare del Vieux-Montréal nel periodo di transizione dalla città coloniale alla città mercantile e industriale.

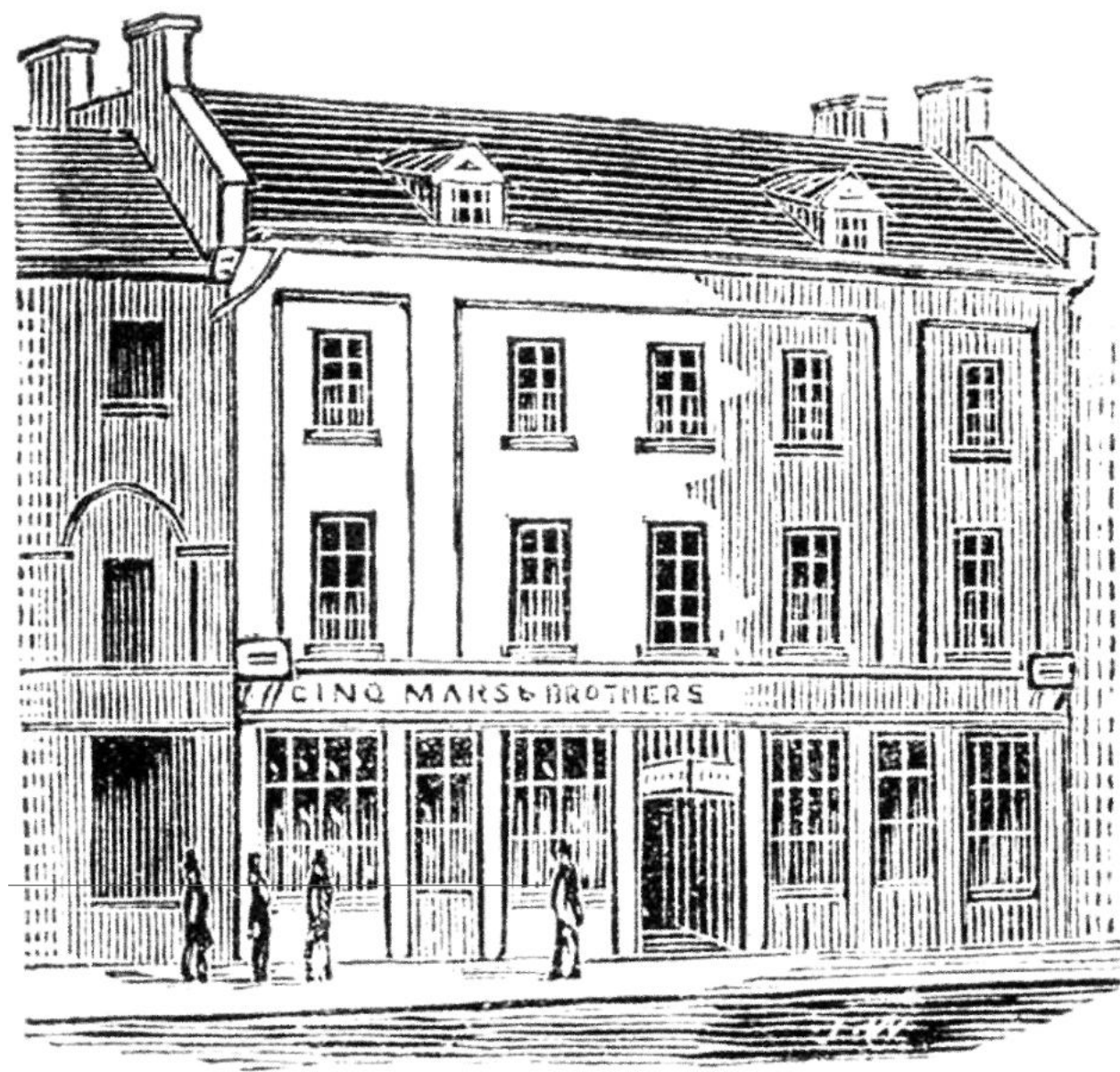
3 Mercante e imprenditore attivo a Montréal nel XIX secolo, legato alle attività commerciali e immobiliari del Vieux-Montréal; la sua presenza testimonia il ruolo degli operatori privati nello sviluppo delle maisons-magasins.

1	TIPOLOGIA	Caratteristiche	Maison-magasin a tre piani con sottotetto e due unità contigue.
2	SCHEMA DISTRIBUTIVO	Elementi principali	- Piano terra: funzione commerciale - Piani superiori: funzione residenziale - Accesso centrale indipendente che serve i piani superiori - Due unità contigue - Sottotetto
3	FACCIATA	Caratteristiche formali	- Composizione regolare a tre campate - Paramento in pietra calcarea grigia - Trabeazione orizzontale che separa i livelli - Cornice superiore modanata
4	DECORAZIONE	Elementi principali	- Sobria, di tipo neoclassico - Bucature rettangolari con architrave lapideo e davanzale aggettante - Al piano terreno: ampie aperture vetrate con montanti in ghisa
5	COPERTURA	Caratteristiche	Originariamente a doppia falda con abbaino centrale; demolita

[Fig.29]



[Fig.30]



[Fig.31] Veduta dell'edificio su rue McGill in una incisione datata 1853, raffigurante la maison-magasin riconducibile alla Maison Olivier-Berthelet, esempio della tipologia commerciale-residenziale ottocentesca del Vieux-Montréal. Fonte: Bibliothèque et Archives nationales du Québec, Albums Massicotte, 3-14-c.



[Fig.32]
[59]

Maison Charles-Simon-Delorme II (439–443, rue McGill)

L'edificio viene realizzato tra il 1816 e il 1817 da Charles-Simon Delorme, commerciante e proprietario terriero, contemporaneamente alla “Maison Delorme I” (431–433, rue McGill). Entrambe sorgono immediatamente dopo la demolizione delle mura di Ville-Marie (1804–1817), in un contesto di grande riorganizzazione urbana. La struttura originaria è in muratura di pietra calcarea, a due piani, con piano terra commerciale, accesso carrabile attraverso una porta cochère¹ verso una corte interna e alloggi residenziali ai piani superiori. Nel tempo subisce diversi interventi: verso il 1880, sostituzione della facciata originaria in pietra con paramento in mattoni, in linea con la moda architettonica vittoriana; tra il 1890 e il 1907, aggiunta di un magazzino in cortile, poi demolito negli anni '60; nel 1970, realizzazione di una sopraelevazione di mezza campata e ulteriore rifacimento della cortina in mattoni.

L'edificio possiede valore storico, tipologico e archeologico ed è una delle più antiche case-bottega del quartiere; e conserva un impianto morfologico riconoscibile, in particolare la porta cochère, testimonianza di un modo di abitare e lavorare proprio della Montréal pre-industriale. L'immobile si inserisce nel fronte urbano, mantenendo ritmo, proporzioni e allineamento coerenti con la sequenza edilizia storica della via.

¹ Elemento architettonico tipico dell'edilizia storica che consiste in un ampio passaggio carrabile coperto, ricavato nel corpo dell'edificio, destinato al transito di carri e veicoli verso la corte interna.

1	TIPOLOGIA	Caratteristiche	Maison-magasin a due piani con mezzanino e corte interna.
2	SCHEMA DISTRIBUTIVO	Elementi principali	- Piano terra: funzione commerciale - Piani superiori: funzione residenziale - Porta cochère, unica ancora esistente su Rue McGill
3	FACCIATA	Caratteristiche formali	- Piano terra commerciale ben leggibile. - Aperture più ampie al livello strada. - Ritmo affine alla Delorme I
4	DECORAZIONE	Elementi principali	- Linguaggio architettonico sobrio. - Elementi originari ancora riconoscibili. - Porta cochère come segno distintivo.
5	COPERTURA	Caratteristiche	- Altezza originaria contenuta. - Sopraelevazione del 1970 con mezzanino.

[Fig.33]



[Fig.34]



Rilievo geometrico, fotografico e restituzione 2D/3D

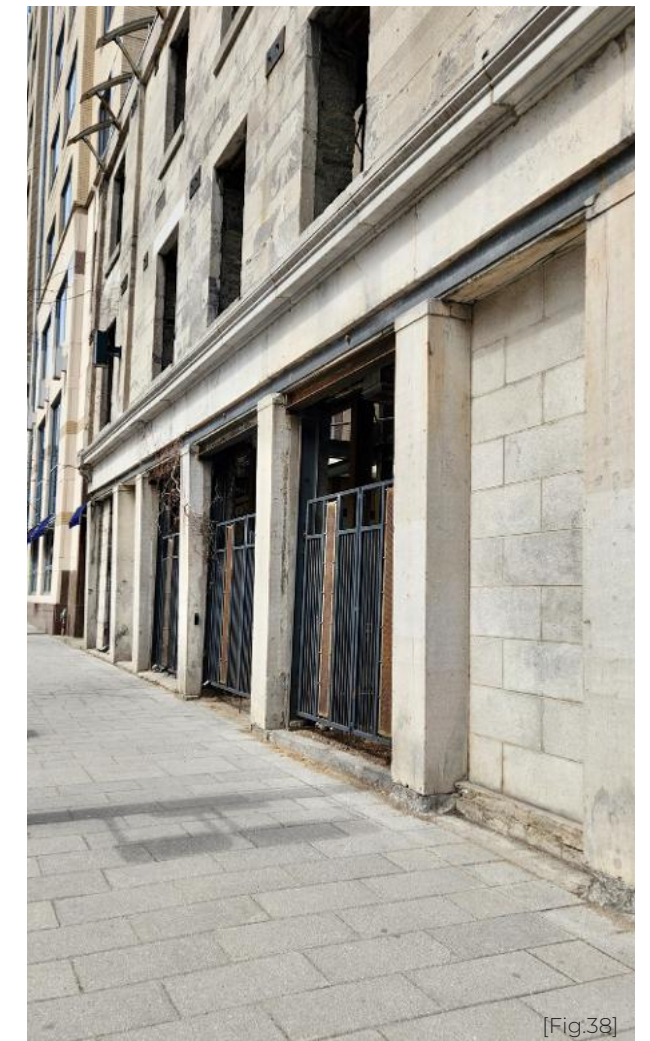
L'attività di rilievo ha costituito la prima fase del processo di conoscenza dell'esistente, rappresentando la base conoscitiva necessaria per l'elaborazione del progetto di riqualificazione architettonica e per le successive analisi energetiche. Il rilievo ha interessato non solo i volumi edilizi, ma anche i cortili interni e le relazioni spaziali con l'intero isolato urbano.

Metodologia di rilievo geometrico

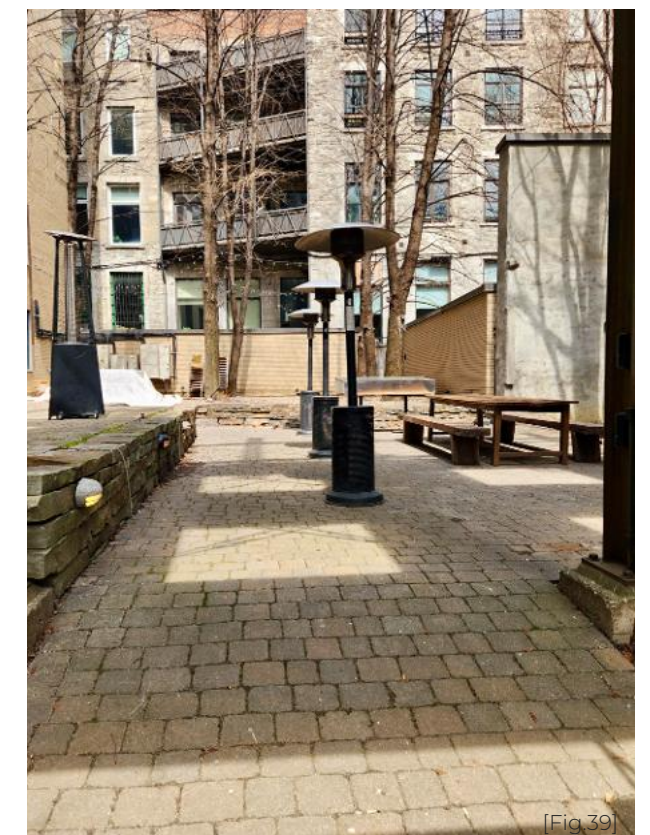
Considerata la complessità morfologica del contesto e la necessità di acquisire dati geometrici estesi e coerenti, il rilievo è stato condotto mediante una metodologia integrata, combinando tecniche di rilievo indiretto e diretto. In una prima fase è stato effettuato un volo con drone sull'intero isolato, finalizzato all'acquisizione di un set fotografico completo delle coperture, delle facciate e degli spazi interni aperti, in particolare i cortili. Le immagini acquisite sono state successivamente elaborate tramite software di fotogrammetria (Metashape), consentendo la generazione di una nuvola di punti tridimensionale ad alta densità, utilizzata come base geometrica per la modellazione. Parallelamente al rilievo fotogrammetrico, sono state effettuate misurazioni di dettaglio mediante distanziometri laser, necessarie per la verifica delle principali dimensioni, degli spessori murari e delle quote altimetriche, nonché per il controllo e la calibrazione del modello tridimensionale derivato dalla nuvola di punti. Il rilievo diretto ha interessato in particolare i piani terra, le murature perimetrali, le facciate e gli elementi costruttivi accessibili, garantendo una maggiore affidabilità dei dati nelle parti direttamente osservabili.



[Fig.37] – Accesso da Rue des Récollets al cortile interno
Vista dell'accesso secondario al lotto da Rue des Récollets,
che conduce al cortile interno dell'isolato.



[Fig.38] – Aperture al piano terra su Rue McGill, Maison-magasin Olivier-Berthelet (445-451, rue McGill)
Vista delle aperture al piano terra affacciate sul marciapiede di Rue McGill dell'edificio Maison-magasin Olivier-Berthelet. Le bucatore regolari e il rapporto diretto con lo spazio pubblico testimoniano la vocazione commerciale originaria del piano terra e il ruolo dell'edificio nella definizione continua del fronte stradale storico del Vieux-Montréal.



[Fig.39] – Spazio interno retrostante la facciata, Olivier-Berthelet House-Store (445–451, rue McGill) Vista dello spazio aperto retrostante la facciata conservata della Maison-magasin Olivier-Berthelet. L'area, oggi configurata come spazio a cielo aperto, corrisponde all'impronta dell'edificio originario, di cui è stata mantenuta unicamente la facciata su Rue McGill.



[Fig.40]



[Fig.41]



[Fig.42]



[Fig.43]



[Fig.45]



[Fig.44]

[Fig.40] e [Fig.41] – Vetrine dei locali commerciali, Maison Charles-Simon-Delorme II (439–443, rue McGill).

[Fig.42] – Vista complessiva della facciata, Maison-magasin Olivier-Berthelet (445–451, rue McGill) Vista frontale della Maison-magasin Olivier-Berthelet dal lato opposto della strada. L'immagine restituisce la composizione del prospetto storico, scandito da un ritmo regolare di aperture e da una chiara gerarchia verticale.

[Fig.43] – Accesso al cortile tramite porta cochère, Maison Charles-Simon-Delorme II (439–443, rue McGill) Vista dell'accesso carrabile attraverso la porta cochère della Maison Charles-Simon-Delorme II. L'elemento segna la transizione tra spazio pubblico e spazio interno.

[Fig.44] – Interno dei locali commerciali, Maison Charles-Simon-Delorme II (439–443, rue McGill).

[Fig.45] – Cortile e prospetto retrostante, Maison Charles-Simon-Delorme II (439–443, rue McGill).

Rilievo fotografico e documentazione dello stato di fatto

Il rilievo fotografico è stato utilizzato come strumento di documentazione dello stato di fatto e come supporto alla restituzione grafica e alla fotogrammetria. Le campagne fotografiche sono state condotte in più fasi, combinando riprese da drone e fotografie terrestri, in funzione delle diverse condizioni di accessibilità e delle esigenze di dettaglio. La documentazione fotografica ha permesso di registrare in modo sistematico le facciate, i decori architettonici, i dettagli costruttivi e le superfici murarie, oltre a evidenziare le principali forme di degrado, le stratificazioni materiche e le trasformazioni subite dagli edifici nel corso del tempo. Particolare attenzione è stata dedicata anche all'analisi degli spazi interni e dei sistemi strutturali visibili, con l'obiettivo di ricostruire una lettura completa dell'organismo edilizio.

Criticità e limiti del rilievo

Durante le operazioni di rilievo sono emerse significative criticità legate all'accessibilità degli edifici. Lo stato di conservazione compromesso, in particolare dei solai lignei, gravemente danneggiati da infiltrazioni d'acqua e fenomeni di degrado strutturale, ha reso impossibile l'accesso ai livelli superiori; di conseguenza, alcune parti dell'edificio non direttamente ispezionabili sono state ricostruite attraverso un processo interpretativo, integrando i dati acquisiti con fonti documentarie storiche, rilievi pregressi e confronti tipologici.

Restituzione grafica e modello 2D/3D

A partire dalla nuvola di punti e dai dati di rilievo diretto, è stato elaborato un modello tridimensionale informativo mediante software BIM, sviluppato in Revit. Il modello è stato costruito con un duplice obiettivo: da un lato, restituire in modo fedele l'organismo edilizio esistente; dall'altro, predisporre una base informativa strutturata per le successive fasi progettuali e analitiche.

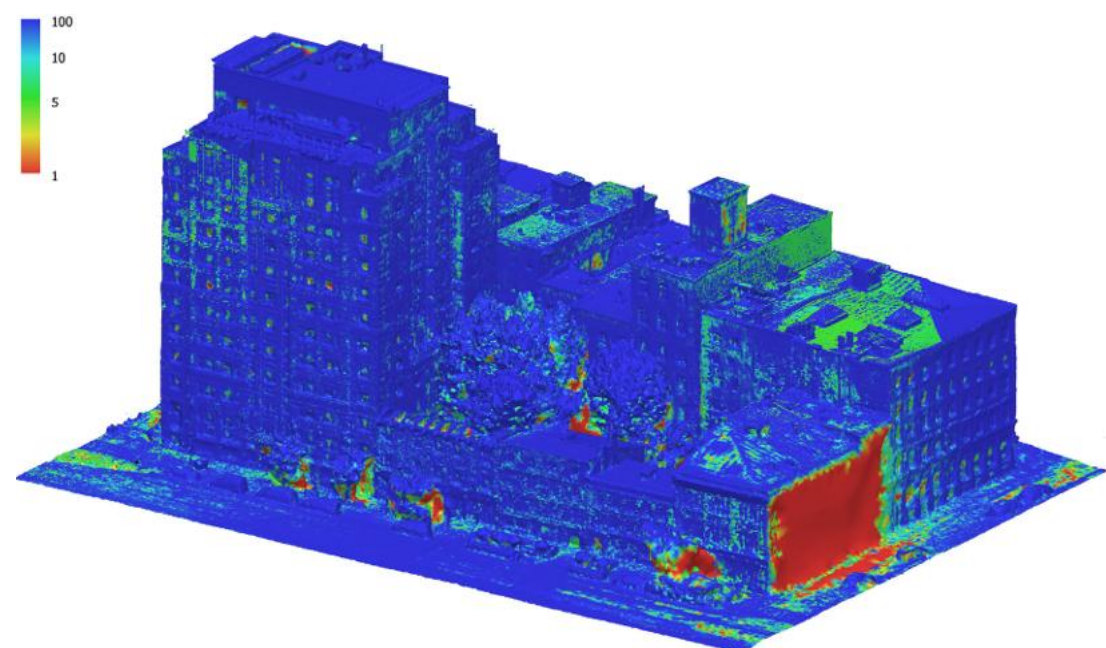
Il modello BIM integra informazioni geometriche e descrittive, includendo la caratterizzazione dei materiali, delle stratigrafie e dei diversi spazi interni. A partire da questa base sono stati estratti gli elaborati grafici necessari alla restituzione bidimensionale dello stato di fatto, utilizzati come supporto per la lettura dell'edificio e per la definizione delle strategie di intervento.

Il modello tridimensionale è stato inoltre impiegato come base per lo sviluppo del progetto architettonico di riqualificazione e per la successiva costruzione del modello energetico, attraverso l'inserimento delle caratteristiche termo-fisiche degli elementi costruttivi e degli ambienti. In questo senso, la restituzione 2D/3D non rappresenta una fase isolata del lavoro, ma un processo conoscitivo integrato, in cui il modello digitale diventa uno strumento centrale di sintesi, interpretazione e supporto alle decisioni progettuali.

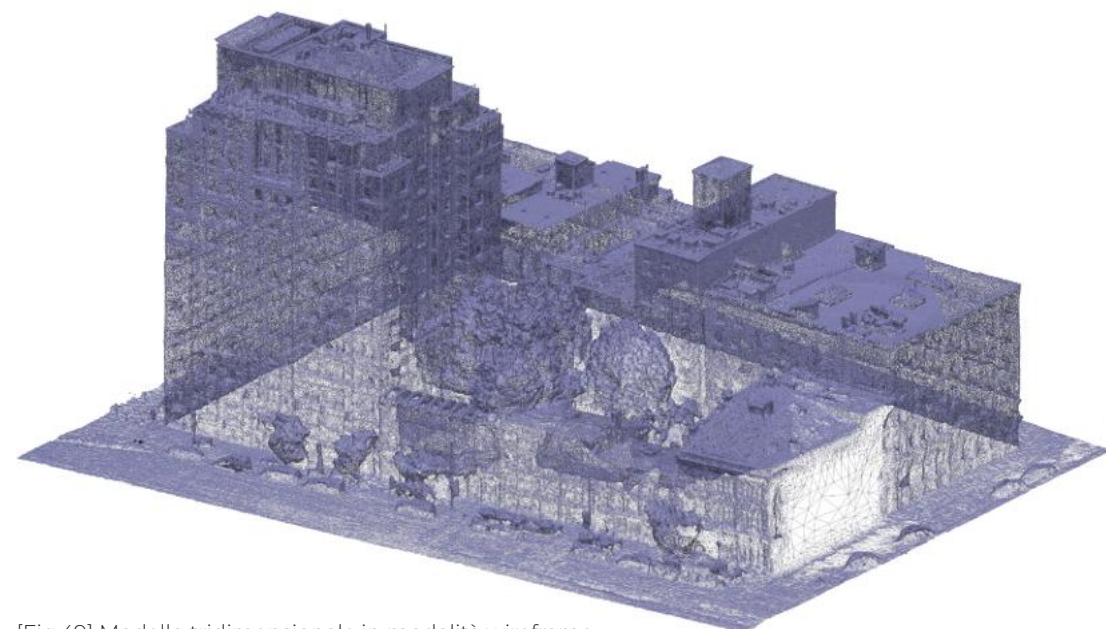




[Fig.47] Modello tridimensionale texturizzato



[Fig.48] Mappa di accuratezza del modello fotogrammetrico



[Fig.49] Modello tridimensionale in modalità wireframe

Metodologia di rilievo e restituzione digitale

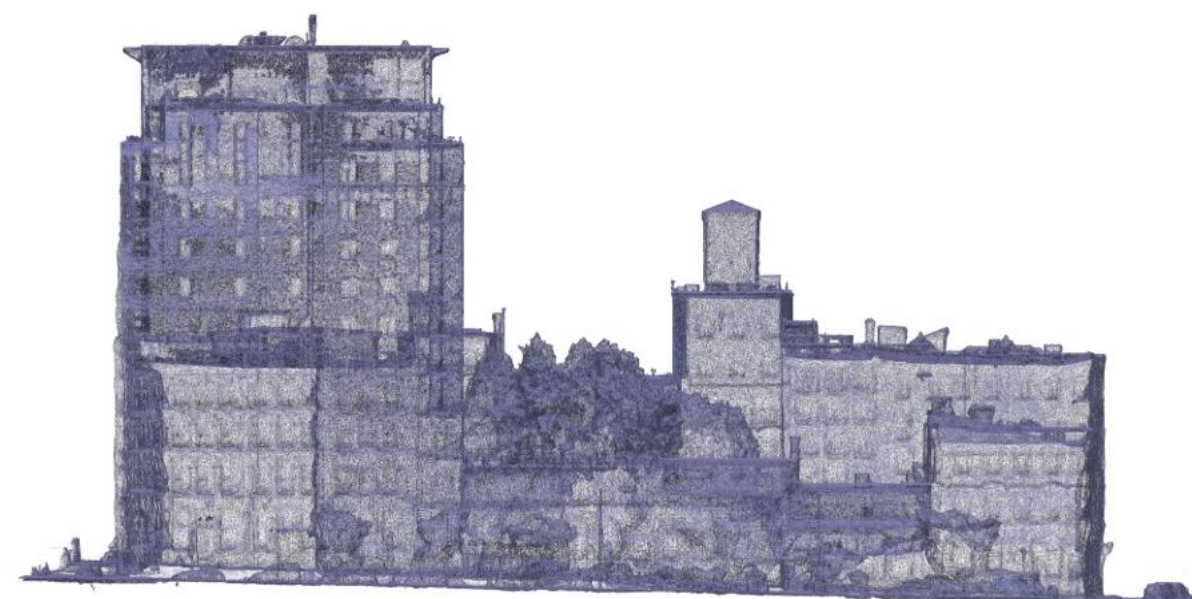
Il rilievo dell'edificio oggetto di studio è stato condotto attraverso un approccio integrato basato sull'utilizzo combinato di tecniche di acquisizione diretta e indiretta, finalizzato alla costruzione di un modello digitale tridimensionale ad alta precisione. In particolare, la metodologia adottata si inserisce nel campo della geomatica applicata all'architettura, dove la conoscenza dell'esistente avviene attraverso la raccolta, elaborazione e interpretazione di dati spaziali.

La fase di acquisizione ha previsto l'impiego di strumenti differenti e complementari. Da un lato, sono stati utilizzati dispositivi di misura diretta, quali distanziometro laser (Disto), per il controllo metrico puntuale e la verifica delle dimensioni principali. Dall'altro lato, la raccolta dei dati è stata condotta tramite rilievo fotogrammetrico, utilizzando sia una fotocamera digitale terrestre sia un drone, al fine di garantire una copertura completa dell'oggetto, incluse le porzioni difficilmente accessibili da terra.

Il processo fotogrammetrico si basa sul principio della ricostruzione tridimensionale a partire da immagini bidimensionali, mediante algoritmi di correlazione automatica (Structure from Motion e Dense Image Matching). Le immagini acquisite sono state elaborate all'interno del software Agisoft Metashape, che ha permesso di generare una nuvola di punti densa georeferenziata, successivamente trasformata in mesh tridimensionale e modello texturizzato.

La qualità del modello è stata garantita attraverso un'attenta pianificazione delle riprese fotografiche, assicurando adeguata sovrapposizione tra le immagini e una corretta distribuzione dei punti di vista. I dati metrici ottenuti tramite rilievo diretto sono stati inoltre utilizzati come riferimento per la scalatura e la verifica dell'accuratezza del modello digitale.

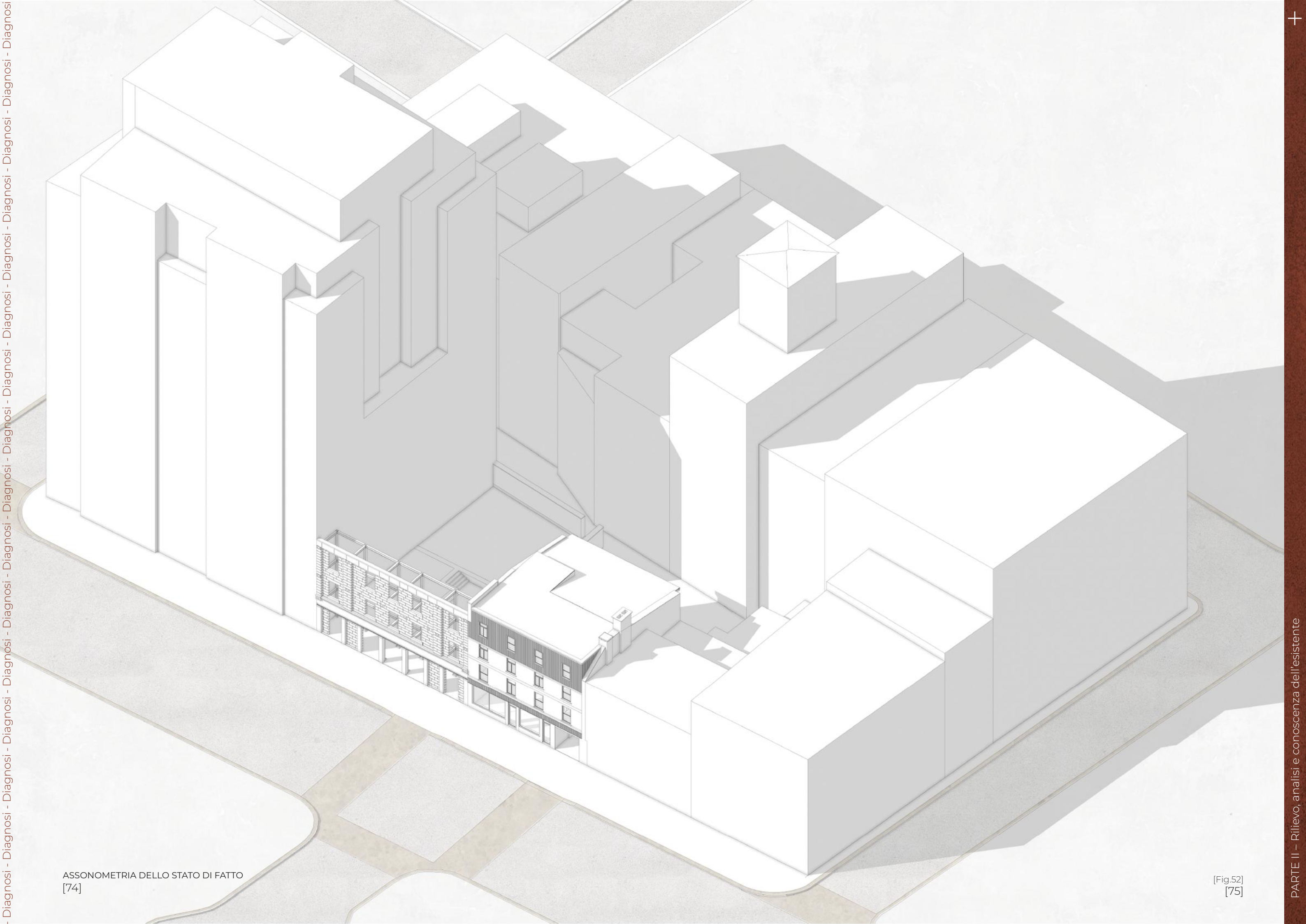
L'integrazione tra rilievo diretto e fotogrammetria ha consentito di ottenere una restituzione geometrica completa e coerente dell'edificio, capace di rappresentarne con precisione sia la morfologia generale sia i dettagli costruttivi. Tale modello costituisce la base conoscitiva per le successive fasi di analisi e progetto, in linea con le metodologie contemporanee di digitalizzazione del patrimonio architettonico e di supporto alla progettazione BIM.



[Fig.50] Prospetto in modalità wireframe



Diagram of a beam with a unit load of 1 m over a 3 m span. The beam is represented by a horizontal line with a vertical step at 1 m. The total length is 3 m. The load is 1 m. [Fig.51]
[73]



ASSONOMETRIA DELLO STATO DI FATTO
[74]

[Fig.52]
[75]

P2.03.03

Analisi materica e stato di conservazione dell'edificio

L'analisi materica e dello stato di conservazione degli edifici oggetto di studio costituisce una delle fasi di conoscenza dell'esistente, in quanto consente di comprendere le caratteristiche costruttive originarie, le trasformazioni avvenute nel tempo e le principali criticità strutturali e conservative. Questa lettura risulta determinante per orientare le successive scelte di progetto, in particolare in un contesto storico complesso come quello del Vieux-Montréal, dove gli edifici presentano spesso un'elevata stratificazione materica e tipologica.

Stato di conservazione e principali fenomeni di degrado

Lo stato di conservazione dei due edifici risulta fortemente differenziato. Nel caso della Maison-magasin Olivier-Berthelet, la facciata storica in pietra si presenta complessivamente in condizioni discrete, senza evidenti fenomeni di degrado strutturale. La principale criticità è rappresentata dalla presenza diffusa di vegetazione spontanea, che ricopre parzialmente la superficie muraria e può generare effetti negativi sul medio-lungo periodo. Per il resto, non si rilevano fenomeni di degrado particolarmente significativi.

La Maison Charles-Simon-Delorme II presenta invece un quadro conservativo più critico, soprattutto per quanto riguarda le strutture orizzontali. I solai lignei risultano gravemente compromessi a causa di prolungate infiltrazioni d'acqua, con un degrado strutturale tale da ridurne in modo significativo la capacità portante. Queste condizioni hanno generato situazioni di instabilità e reso necessario, in alcune porzioni dell'edificio, l'inserimento nel tempo di elementi di supporto in acciaio, con punti localizzati particolarmente evidenti in corrispondenza della zona della porta *cochère*, dove si osservano cedimenti dei solai.

Le murature perimetrali in pietra risultano invece complessivamente in buono stato di conservazione dal punto di vista materico, pur presentando lievi fuori piombo compatibili con la natura massiva e l'età dell'edificio. La facciata in laterizio, essendo relativamente recente, non manifesta fenomeni di degrado significativi, ad eccezione del distacco localizzato di alcuni elementi di rivestimento metallico. La facciata posteriore conserva invece chiaramente la successione di interventi di apertura e chiusura delle finestre, confermando il carattere stratificato e trasformato dell'organismo edilizio.

La copertura, realizzata in bitume, rappresenta una delle principali cause delle infiltrazioni d'acqua che hanno interessato i solai e gli ambienti sottostanti. I fenomeni di umidità riscontrati sono quindi prevalentemente riconducibili a infiltrazioni dall'alto, con effetti evidenti sul degrado degli intonaci interni e degli elementi lignei.



[Fig.53]

Valutazione critica e implicazioni per il progetto

L'analisi materica e dello stato di conservazione ha consentito di individuare gli elementi di maggiore valore da preservare e le principali criticità da affrontare nel progetto di riqualificazione. In particolare, le murature storiche, la facciata in laterizio della Maison Charles-Simon-Delorme II e la sopraelevazione realizzata nel tempo sono considerate componenti significative dell'identità stratificata dell'edificio e, in quanto tali, meritevoli di conservazione. Al contrario, le condizioni dei solai lignei e la presenza di interventi strutturali puntuali evidenziano la necessità di un consolidamento strutturale complessivo, da affrontare attraverso soluzioni compatibili con l'esistente. Il progetto dovrà quindi preservare il carattere storico e materico degli edifici, migliorandone al tempo stesso le prestazioni, la sicurezza e la capacità d'uso, in un equilibrio consapevole tra conservazione e trasformazione.

P2.03.04

Interpretazione e lettura dell'edificio

Sia la Maison Charles-Simon-Delorme II sia la Maison-magasin Olivier-Berthelet nascono come edifici ibridi, destinati ad accogliere attività di magazzinaggio e commercio ai livelli inferiori e spazi residenziali ai piani superiori, secondo un modello funzionale diffuso nel Vieux-Montréal. Nel corso del tempo, tuttavia, entrambi gli edifici hanno subito trasformazioni profonde: la Maison Charles-Simon-Delorme II è stata ampliata e adattata alle mutate esigenze sociali ed economiche, fino all'inserimento di un piano aggiuntivo e alla successiva fase di abbandono; la Maison-magasin Olivier-Berthelet, invece, è stata progressivamente compromessa da trasformazioni più radicali, culminate in un intervento distruttivo che ne ha conservato quasi esclusivamente la facciata storica su Rue McGill.

Oggi, dietro tale fronte, lo spazio si configura come un vuoto urbano aperto, utilizzato come cortile, mentre i due edifici occupano una posizione centrale all'interno di un isolato estremamente denso e stratificato, caratterizzato da una forte eterogeneità altimetrica, con costruzioni che raggiungono anche dieci piani di altezza. Il fronte su Rue McGill si presenta compatto e continuo, contribuendo a definire l'identità della strada attraverso la scansione verticale dei prospetti, l'espressività delle diverse epoche costruttive e la presenza al piano terra di funzioni commerciali che rafforzano il carattere pubblico dell'asse urbano.

Il cortile interno, tipico dell'impianto delle house-store, mantiene invece una funzione tecnica e di servizio, a eccezione dello spazio retrostante la facciata della Maison-magasin Olivier-Berthelet, che assume oggi un carattere di spazio urbano aperto. Un elemento di particolare rilevanza è la porta *cochère*, che pur avendo perso la propria funzione originaria di accesso carrabile, conserva un forte valore identitario e simbolico, rappresentando una delle poche testimonianze ancora leggibili di questa tipologia di attraversamento urbano.

Dal punto di vista distributivo, l'organizzazione spaziale risulta fortemente adattata nel tempo. Nella Maison Charles-Simon-Delorme II, le funzioni commerciali mantengono un accesso diretto dalla strada, mentre gli spazi residenziali superiori sono raggiungibili attraverso un percorso più riservato dal cortile, mediante una scala esterna. La verticalità non si configura quindi come tema compositivo centrale; al contrario, lo spazio interno appare oggi in larga parte svuotato, sia fisicamente sia funzionalmente, e restituisce l'immagine di un organismo frammentato, incompleto e privo di una chiara unità spaziale.

Proprio questa condizione di incompiutezza e stratificazione, unita alla volontà espressa dalla comunità e dalle istituzioni di restituire vita a questi edifici, apre la possibilità di una reinterpretazione contemporanea consapevole, capace di dialogare con la storia senza congelarla.

Criteri interpretativi e linee guida per l'intervento

L'approccio progettuale adottato si colloca nell'ambito dell'adaptive reuse, inteso come risposta contemporanea a un organismo edilizio in stato di abbandono. Gli edifici non sono interpretati come oggetti conclusi da restaurare in modo filologico, ma come frammenti urbani in attesa di essere riattivati, capaci di accogliere nuove funzioni senza perdere la propria identità.

Il progetto si pone quindi come una nuova fase del processo storico, consapevole della propria contemporaneità. Il rapporto tra nuovo ed esistente è costruito attraverso un contrasto controllato: l'intervento deve essere chiaramente riconoscibile, evitando sia la mimesi storicista sia la produzione di un oggetto autonomo ed estraneo al contesto. Il fronte su Rue McGill viene conservato e rafforzato come elemento urbano, mantenendone allineamenti e aperture, mentre le nuove volumetrie esprimono la propria epoca attraverso una variazione calibrata di materiali, proporzioni e linguaggi.

La facciata priva di edificio della Maison-magasin Olivier-Berthelet è interpretata come una membrana urbana: non più semplice residuo da contemplare, ma soglia attraversabile, capace di mettere in relazione passato e presente. Il progetto non si limita quindi a evocare ciò che è stato, ma introduce nuove possibilità d'uso, aprendo lo spazio alla dimensione pubblica. In particolare, il cortile è concepito come spazio urbano accessibile e condiviso, luogo di attraversamento, sosta e relazione, in cui frammenti di città e di storia possono essere compresi e reinterpretati.

L'intervento accetta la possibilità di rimuovere alcune stratificazioni prive di coerenza o valore, con l'obiettivo di rendere più leggibili le diverse fasi storiche dell'edificio senza cancellarne l'ambiguità. Gli allineamenti delle facciate e la scansione delle aperture costituiscono elementi non negoziabili, mentre all'interno il progetto può esercitare una maggiore libertà interpretativa. In questo modo, l'edificio viene assunto come testimonianza viva della storia urbana di Montréal: non un reperto immobile, ma una struttura capace di trasformarsi ancora, continuando a partecipare alla vita della città.

PARTE III

IL PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA

Strategie di intervento, nuovi volumi e linguaggi contemporanei



CAPITOLO 4

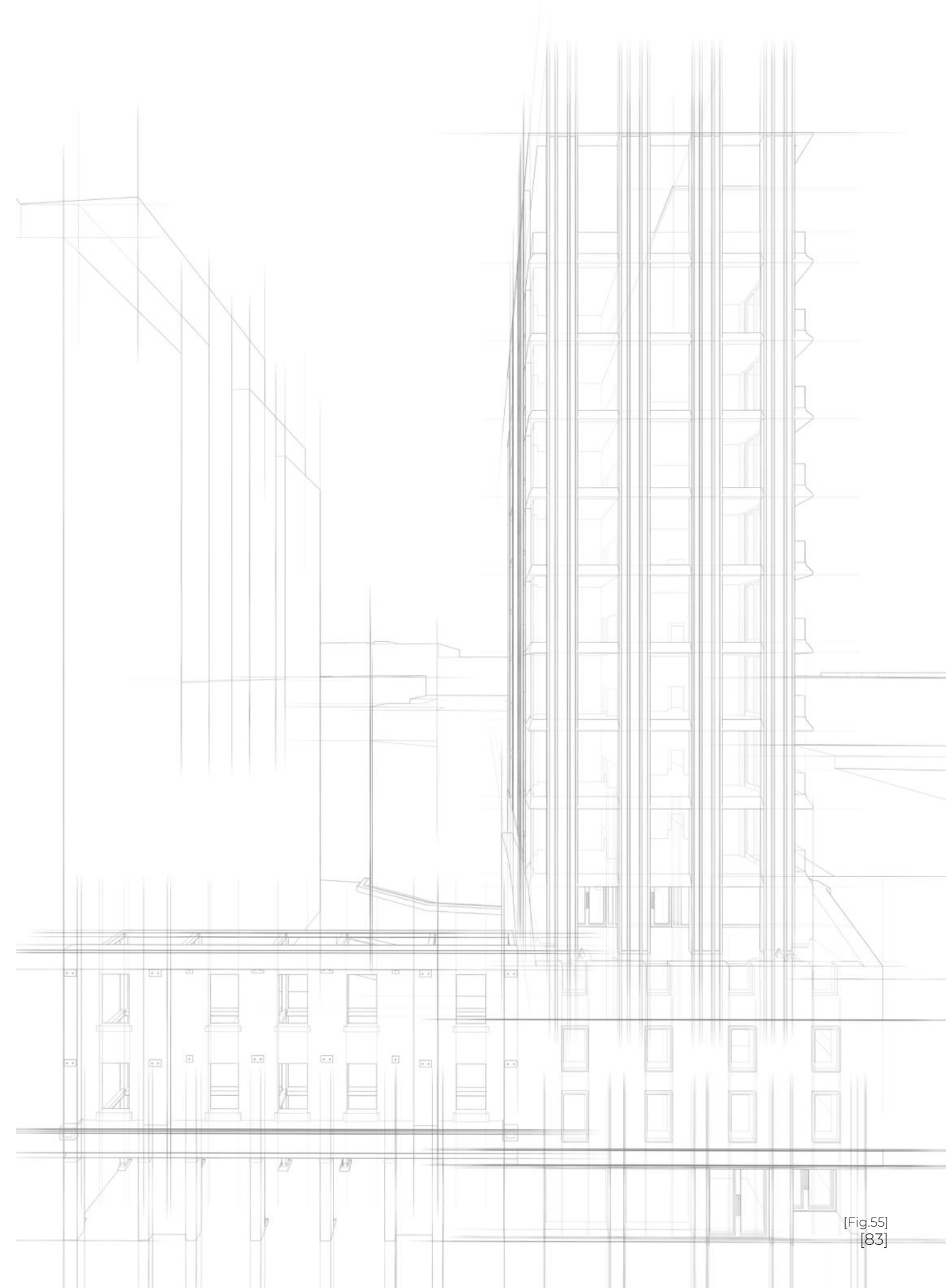
Criteri e strategie di progetto

P3.04.01

Visione generale e obiettivi di trasformazione

La visione progettuale si fonda su un equilibrio consapevole tra dimensione urbana, architettonica e sociale. L'intervento non si limita a risolvere una condizione edilizia puntuale, ma mira a restituire alla città una porzione di spazio oggi inaccessibile o sottoutilizzata, accrescendone il valore urbano e trasformando una condizione di abbandono in un'occasione di rigenerazione. Dal punto di vista architettonico, il progetto si confronta con edifici storici fortemente stratificati, proponendo nuovi interventi capaci di inserirsi con consapevolezza all'interno di un organismo incompiuto. L'obiettivo non è ripristinare una presunta condizione originaria, ma dare nuova vita agli edifici abbandonati, riconoscendo il valore delle trasformazioni avvenute nel tempo e introducendo una nuova fase evolutiva chiaramente leggibile.

La dimensione sociale costituisce un ulteriore obiettivo centrale: parte dell'intervento è destinata a un uso pubblico, attraverso la creazione di nuovi spazi accessibili che contribuiscono ad aumentare la qualità urbana e la vitalità dell'area. La restituzione alla collettività di spazi oggi negati rafforza il ruolo del progetto come elemento di connessione tra città, architettura e società. Pur operando prevalentemente alla scala dell'edificio, l'intervento produce ricadute sull'intero isolato e, più in generale, sul quartiere. Esso si configura quindi come una nuova fase storica riconoscibile, capace di dialogare con il contesto di Rue McGill e con il sistema dei cortili interni, rafforzando le relazioni esistenti e introducendo una nuova dinamica spaziale e funzionale.



P3.04.02

Strategie di riuso e sopraelevazione: analisi di casi simili a Montréal

Il progetto si inserisce all'interno di una tendenza ormai consolidata nel contesto montréalense, caratterizzata da interventi di riuso adattivo su edifici storici, spesso accompagnati da operazioni di sopraelevazione. In molti casi recenti, il mantenimento delle facciate storiche si associa all'inserimento di nuove strutture indipendenti, capaci di garantire flessibilità funzionale e prestazioni contemporanee senza compromettere la leggibilità della preesistenza. Le strategie più efficaci prevedono un rapporto dichiarato tra antico e nuovo, in cui il valore dell'edificio storico non viene congelato, ma reinterpretato attraverso l'introduzione di nuovi volumi. Le sopraelevazioni risultano generalmente arretrate rispetto al fronte storico e caratterizzate da un linguaggio architettonico contemporaneo, così da ridurre l'impatto visivo sulla strada e mantenere la continuità del fronte urbano. Tali interventi sono percepiti come aggiunte chiaramente leggibili, capaci di dialogare con edifici di maggiore altezza presenti nello stesso isolato. Un ulteriore aspetto ricorrente è la trasformazione del piano terra in uno spazio più permeabile e pubblico, spesso accompagnata dalla creazione di cortili accessibili o passaggi interni, utilizzati come dispositivi di mediazione tra spazio pubblico e privato. Queste strategie contribuiscono a restituire vitalità agli edifici storici, adattandoli alle funzioni della città contemporanea. L'analisi comparativa evidenzia tuttavia come un'eccessiva altezza delle sopraelevazioni possa risultare aggressiva e compromettere l'equilibrio con il contesto storico. Per questo motivo, l'elemento decisivo risiede nello scostamento controllato dei nuovi volumi rispetto alle facciate esistenti e nella chiara distinzione materica e linguistica tra preesistenza e intervento contemporaneo.





+ 620, rue Saint-Paul Ouest

Montréal
2019

Il progetto del 620, rue Saint-Paul Ouest a Montréal costituisce un caso significativo di trasformazione di una preesistenza industriale all'interno del tessuto storico del Vieux-Montréal. L'edificio originario, realizzato nel 1904-1905 per la John Lysaght Limited e attribuito all'architetto Robert Findlay, è riconosciuto dalla Ville de Montréal per il suo interesse storico, architettonico e paesaggistico. Il valore del manufatto risiede nella permanenza di un'architettura industriale di inizio Novecento ancora chiaramente leggibile lungo la rue Saint-Paul: il fronte in mattoni rossi, il basamento in pietra bugnata, il ritmo regolare delle aperture ad arco ribassato e l'ingresso principale ad arco a tutto sesto definiscono un'immagine urbana sobria ma fortemente caratterizzata. La scala contenuta dell'edificio e il suo allineamento sul filo stradale contribuiscono inoltre alla continuità morfologica del Faubourg des Récollets.

L'intervento sviluppato da Lemay si configura come un'operazione di recupero selettivo e integrazione contemporanea, piuttosto che come una semplice sostituzione edilizia. Il progetto, autorizzato nel 2014 come demolizione parziale, restauro delle facciate e realizzazione di un nuovo edificio a destinazione commerciale e direzionale, assume la preesistenza come basamento materiale e urbano della nuova costruzione. La conservazione delle facciate storiche consente di mantenere la continuità percettiva della strada e di preservare la memoria architettonica del sito, mentre il nuovo volume viene inserito con un linguaggio volutamente distinto.

L'elemento più rilevante dell'intervento è la sopraelevazione, che porta l'edificio a sei livelli complessivi. Sopra il basamento in muratura si innesta un corpo contemporaneo caratterizzato da un rivestimento scuro e da una facciata superiore ampiamente vetrata, attraverso la quale risulta leggibile la struttura interna in legno ingegnerizzato. Questa scelta costruttiva assume un duplice significato: da un lato riduce il peso dell'addizione e risponde a criteri di efficienza e sostenibilità; dall'altro definisce il carattere architettonico del nuovo intervento, fondato sul contrasto tra la massa opaca della fabbrica storica e la leggerezza del volume sopraelevato. Il rapporto tra antico e nuovo non è quindi risolto attraverso un'imitazione formale, ma mediante una distinzione chiara e controllata, capace di rendere riconoscibili le diverse fasi costruttive.

Il 620 Saint-Paul rappresenta così un riferimento efficace per il tema del recupero con addizione verticale in ambito patrimoniale. La qualità dell'intervento risiede nella capacità di conservare gli elementi identitari dell'edificio originario e, al tempo stesso, di attribuirgli una nuova funzionalità attraverso un innesto architettonico coerente ma dichiaratamente contemporaneo. Anche l'attenzione alle prestazioni ambientali, culminata nella certificazione LEED Or, rafforza il valore dell'operazione, dimostrando come tutela del patrimonio, trasformazione d'uso e innovazione costruttiva possano essere integrate entro un'unica strategia progettuale.



+ 221 Bank residential transformation

Montréal
2014

Il progetto 221 Bank Residential Transformation, sviluppato da Lemay per Pur Immobiliaria nel Vieux-Montréal, riguarda la riconversione dell'ex sede della Royal Bank of Canada al 221, rue Saint-Jacques, edificio realizzato nel 1907-1908 su progetto di Howard Colton Stone e oggi compreso nel Site patrimonial de Montréal. Il valore della preesistenza è legato soprattutto alla monumentalità del prospetto classico, caratterizzato dal portico ionico a quattro colonne colossali e originariamente completato dalle celebri Géantes de la rue Saint-Jacques. Tuttavia, il progetto interviene su una condizione già profondamente alterata: a seguito della demolizione del 1989, erano infatti rimaste soltanto la facciata storica e una struttura retrostante in calcestruzzo riferibile a un precedente intervento incompiuto. L'operazione va quindi letta non come restauro integrale dell'edificio originario, ma come recupero di una preesistenza frammentaria.

La strategia progettuale evita sia la ricostruzione mimetica del volume perduto sia l'assorbimento indifferenziato dei resti storici nel nuovo organismo edilizio. La facciata monumentale viene conservata come elemento autonomo e mantiene il proprio ruolo urbano lungo rue Saint-Jacques, mentre il nuovo edificio residenziale si colloca arretrato rispetto ad essa. Lo spazio intermedio generato tra fronte storico e nuova costruzione viene trasformato in una loggia, convertendo la distanza tra antico e nuovo in un dispositivo architettonico e abitativo. In questo senso, il progetto interpreta il recupero come riuso adattivo, nel quale la memoria materiale dell'edificio partecipa alla ridefinizione degli spazi e delle soglie tra città e interno.

La sopraelevazione costituisce il principale elemento di trasformazione. Il nuovo volume arretrato lascia leggibile il coronamento lapideo della facciata originaria e limita l'impatto percettivo dell'addizione nel tessuto storico del Vieux-Montréal. L'innesto adotta un linguaggio dichiaratamente contemporaneo, definito da superfici vetrate, scansioni verticali regolari e una pelle leggera che rielabora in forma astratta il ritmo monumentale delle architetture bancarie di rue Saint-Jacques. Il 221 Bank rappresenta quindi un caso significativo di integrazione tra conservazione e nuova densificazione residenziale: la facciata storica conserva il proprio valore simbolico e urbano, mentre l'addizione contemporanea rende possibile la rifunzionalizzazione complessiva del complesso senza rinunciare alla leggibilità della stratificazione storica.



+ MAA Condominiums & Penthouses

Montréal
2024

Il progetto MAA Condominiums & Penthouses rappresenta un caso significativo di trasformazione del patrimonio storico in ambito centrale, fondato su una strategia di restauro selettivo, ricomposizione del basamento e sopraelevazione contemporanea. L'intervento interessa la sede storica del Club sportif MAA di Montréal, istituzione fondata nel 1881 e insediata su Peel Street dal 1905, in un edificio successivamente ampliato nel 1933 e riconosciuto dalla Ville de Montréal per il proprio interesse patrimoniale. Il valore del complesso non si limita alla facciata principale, ma riguarda anche la sua presenza urbana, la volumetria, i materiali e alcuni elementi architettonici e distributivi legati alla storia del club e al contesto del Golden Square Mile.

La proposta elaborata da LemayMichaud combina il recupero dell'edificio esistente con l'inserimento di una torre residenziale di oltre trenta piani. Le facciate storiche vengono restaurate e mantenute come elemento di continuità urbana, mentre la nuova addizione si sviluppa secondo una composizione tripartita "basamento, corpo e coronamento" che riprende in modo astratto l'ordine dell'architettura originaria. Particolarmente efficace è il piano arretrato e vetrato posto tra il volume storico e la torre, che evidenzia la separazione tra le due fasi costruttive e rende leggibile il rapporto tra conservazione e nuova edificazione.

Dal punto di vista urbano, la sopraelevazione è mitigata attraverso arretramenti e rientranze che riducono l'impatto del nuovo volume sul fronte strada e preservano il ruolo percettivo delle facciate restaurate lungo Peel Street. Anche la scelta dei materiali contribuisce a costruire un dialogo con il contesto: mattoni rossi, granito Stanstead e inserti metallici richiamano la matericità del club originario, mentre il disegno geometrico della torre e le logge ne dichiarano la natura contemporanea. Il progetto evita così sia l'imitazione stilistica sia una contrapposizione indifferente, proponendo una relazione di compatibilità per contrasto.

L'interesse del caso emerge inoltre nella complessità tecnica dell'intervento. La conservazione delle fronti storiche è stata resa possibile mediante un sistema temporaneo di sostegno in acciaio, necessario per consentire lo scavo di tre livelli interrati e la ricostruzione del nuovo organismo edilizio. La compresenza di parcheggi, spazi sportivi e residenze ha richiesto soluzioni strutturali differenziate, affrontate attraverso una traslazione selettiva dei pilastri e un uso contenuto delle travi di trasferimento. Il MAA costituisce quindi un esempio rilevante di densificazione verticale in contesto patrimoniale, nel quale il recupero dell'esistente viene affrontato come tema integrato di conservazione, struttura, uso e inserimento urbano. Il richiamo del Conseil du patrimoine de Montréal al rischio di façadisme rende infine il progetto particolarmente utile come riferimento critico per riflettere sui limiti e sulle potenzialità della sopraelevazione dell'edificato storico.

P3.04.04

Orientamento, qualità abitativa e vincoli del contesto urbano

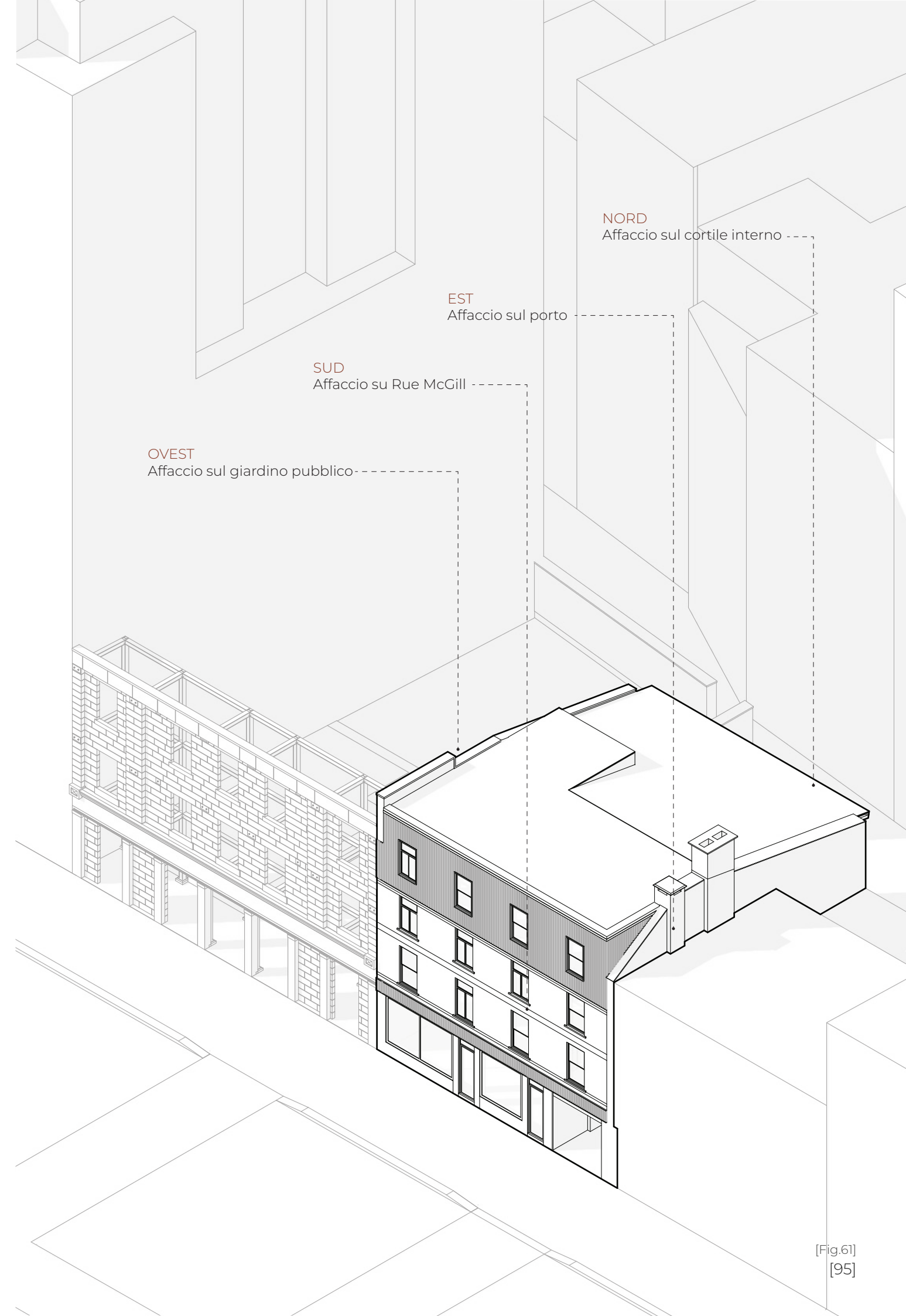
L'orientamento del lotto e dell'edificio esistente costituisce uno dei fattori principali nella definizione delle strategie distributive del progetto. In un contesto urbano compatto come quello del Vieux-Montréal, la disposizione degli spazi non può essere determinata attraverso criteri astratti o simmetrici, ma deve confrontarsi con condizioni reali: profondità ridotta del lotto, fronti costruiti, vincoli patrimoniali, rapporti di affaccio e necessità tecniche legate al funzionamento dell'edificio.

Il lotto presenta una configurazione fortemente condizionata dalla presenza del fronte storico su Rue McGill, orientato verso Sud, e dalla profondità contenuta dell'area di intervento. Questa condizione attribuisce al lato Sud un ruolo privilegiato nel rapporto con lo spazio urbano, poiché coincide con la facciata principale, con l'affaccio più rappresentativo e con la maggiore disponibilità di luce naturale. La valorizzazione di questo fronte non risponde quindi soltanto a una logica immobiliare, ma deriva da una lettura integrata tra qualità urbana, orientamento solare, potenzialità abitativa e organizzazione interna.

La distribuzione planimetrica è stata impostata ricercando un equilibrio tra qualità degli alloggi, efficienza funzionale e razionalità tecnica. La presenza di una zona centrale di distribuzione e servizio consente di ordinare la pianta, separare le unità abitative e concentrare al proprio interno gli elementi necessari al funzionamento dell'edificio: collegamenti verticali, cavedi, servizi e spazi tecnici. Questa scelta risponde inoltre alle prescrizioni della normativa canadese in materia di sicurezza antincendio e vie di esodo, che impongono una chiara organizzazione dei percorsi verticali e delle distanze di evacuazione.

Dal punto di vista abitativo, l'orientamento Sud permette di generare unità dotate di maggiore qualità urbana e di più elevata appetibilità, mentre gli orientamenti Nord-Est e Nord-Ovest definiscono alloggi con condizioni meno favorevoli dal punto di vista dell'affaccio e dell'irraggiamento, ma caratterizzati da luce più controllata e da una minore esposizione al surriscaldamento estivo. La scelta progettuale non rende quindi equivalenti tutte le unità, ma costruisce una varietà abitativa coerente con la forma del lotto e con le condizioni reali dell'edificio.

Le differenze di esposizione vengono compensate attraverso una progettazione differenziata dell'involucro e delle componenti verso l'esterno, in modo da garantire comfort interno e prestazioni adeguate in tutte le unità. Il fronte Sud richiede un maggiore controllo degli apporti solari, mentre i fronti Nord-Est e Nord-Ovest necessitano di particolare attenzione alla riduzione delle dispersioni. L'orientamento non è quindi assunto come semplice vincolo iniziale, ma come strumento di progetto, capace di orientare la distribuzione, definire la qualità degli spazi e costruire un equilibrio tra valore urbano, rendimento immobiliare e prestazione tecnica dell'edificio.



CAPITOLO 5

Il progetto architettonico

P3.05.01

Concept e composizione architettonica

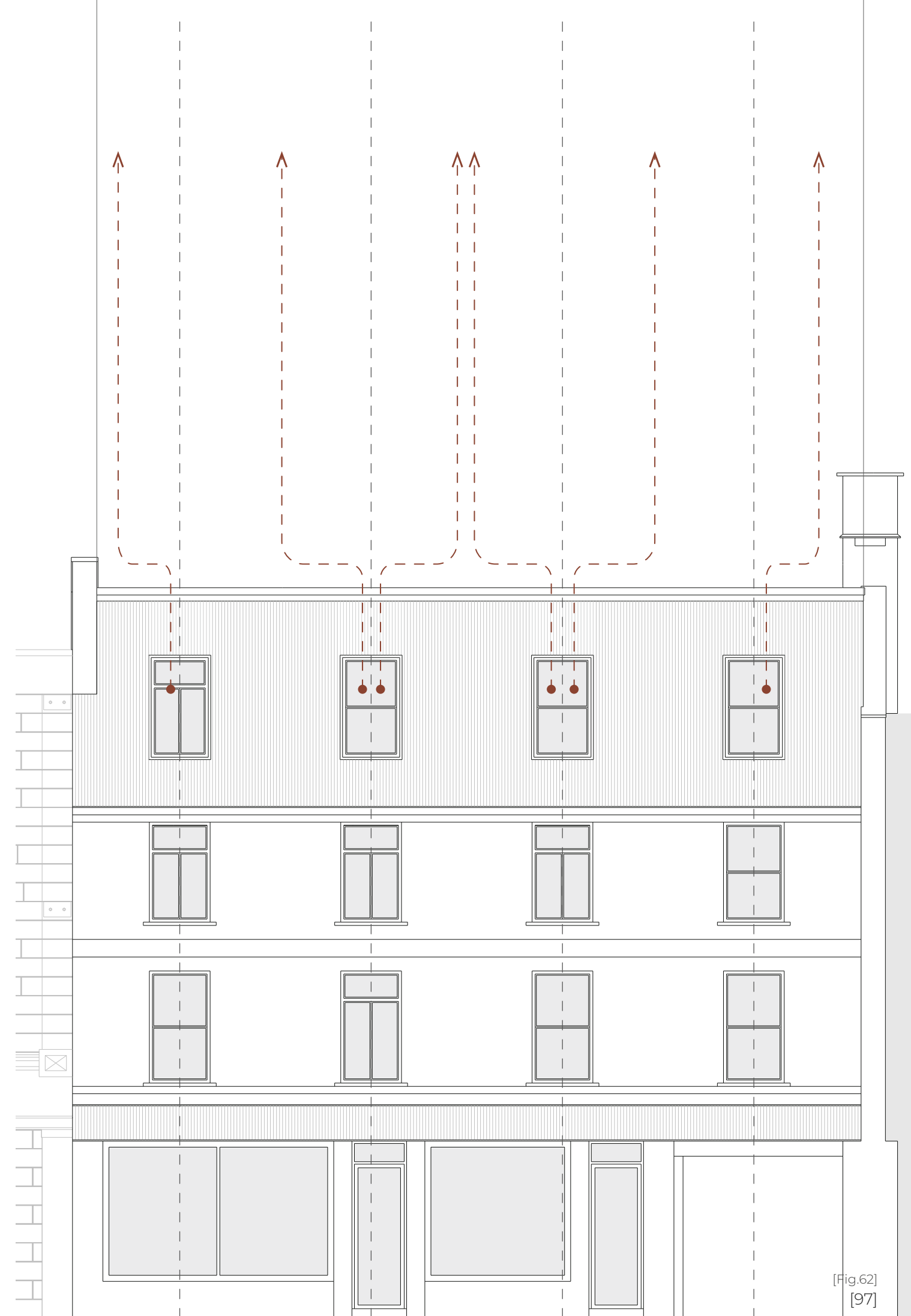
Il progetto si fonda sul principio dell'innesto di un nuovo volume all'interno di una preesistenza, interpretata come palinsesto urbano sul quale intervenire in modo consapevole e dichiarato. L'obiettivo non è la ricostruzione mimetica dell'esistente, né la sovrapposizione di un oggetto autonomo, ma la costruzione di un organismo architettonico unitario, capace di integrare memoria e contemporaneità. Il concept generatore del progetto si basa sull'inversione del rapporto tra pieni e vuoti tra l'edificio storico e il nuovo volume: dove l'esistente si presenta come massa muraria compatta, il nuovo introduce trasparenza; dove la facciata storica è scandita da aperture puntuali, il nuovo volume costruisce una superficie più continua e controllata. Questa regola compositiva, applicata in modo sistematico, consente di stabilire un dialogo diretto tra antico e nuovo, mantenendo al tempo stesso una chiara distinguibilità tra le parti.

Dal punto di vista compositivo, l'intervento è organizzato secondo una tripartizione verticale:

- un podio, costituito dall'edificio storico su rue McGill;
- un corpo edilizio sovrastante, che ospita le nuove funzioni residenziali;
- un coronamento finale, risolto come terrazza, in cui la struttura si dissolve progressivamente attraverso il proseguimento dei soli telai verticali, privi di tamponamenti.

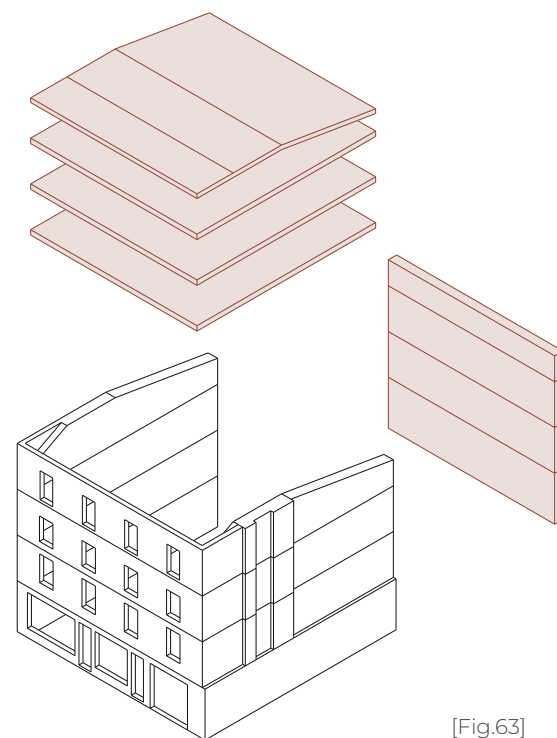
La sopraelevazione non si configura quindi come un semplice addizionale in altezza, ma come un innesto volumetrico arretrato rispetto al filo della facciata storica, limitato all'edificio Maison Charles-Simon-Delorme II, 439-443 Rue McGill. L'edificio Olivier-Berthelet House-Store, 445-451 Rue McGill, viene invece mantenuto come frammento urbano autonomo, ridotto alla sola facciata storica, dietro la quale si apre uno spazio pubblico.

Il volume complessivo del nuovo intervento si presenta compatto e massivo, sviluppandosi entro la sagoma consentita dalla normativa edilizia vigente e fino alla quota massima di 45 metri. La composizione segue una sequenza di operazioni architettoniche chiaramente leggibili: rimozione delle parti incongrue e strutturalmente compromesse dell'esistente, inserimento di un nuovo organismo edilizio e sottrazione volumetrica selettiva, necessaria a garantire arretramenti, spazi aperti e definizione della terrazza sommitale.



01 Rimozione

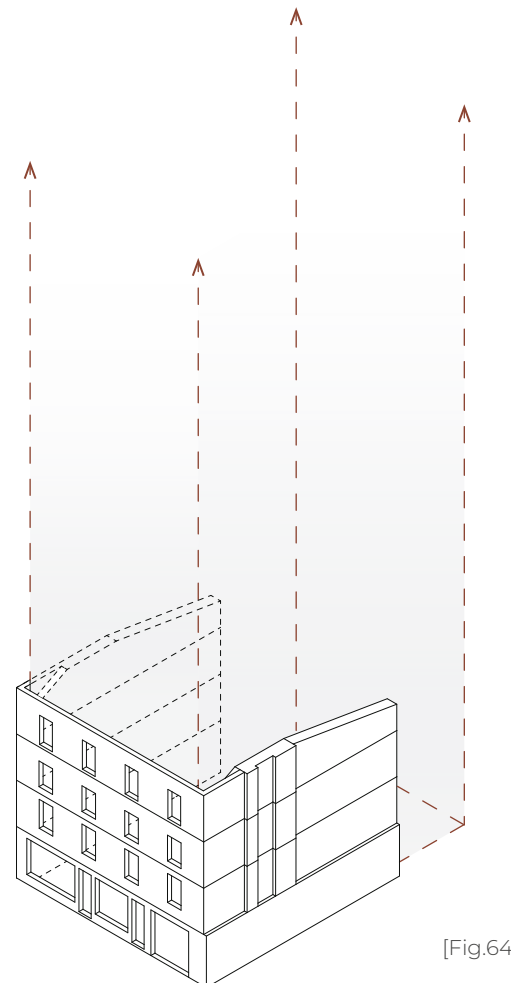
Il progetto prende avvio da un processo di sottrazione controllata, finalizzato a liberare il volume esistente da elementi incongrui e superfetazioni. L'intervento agisce per strati, riportando alla luce la struttura originaria e ristabilendo una chiara leggibilità dell'organismo architettonico. Questa operazione consente di valorizzare le qualità intrinseche dell'edificio, definendo una base solida su cui innestare le successive trasformazioni.



[Fig.63]

02 Aggiunta

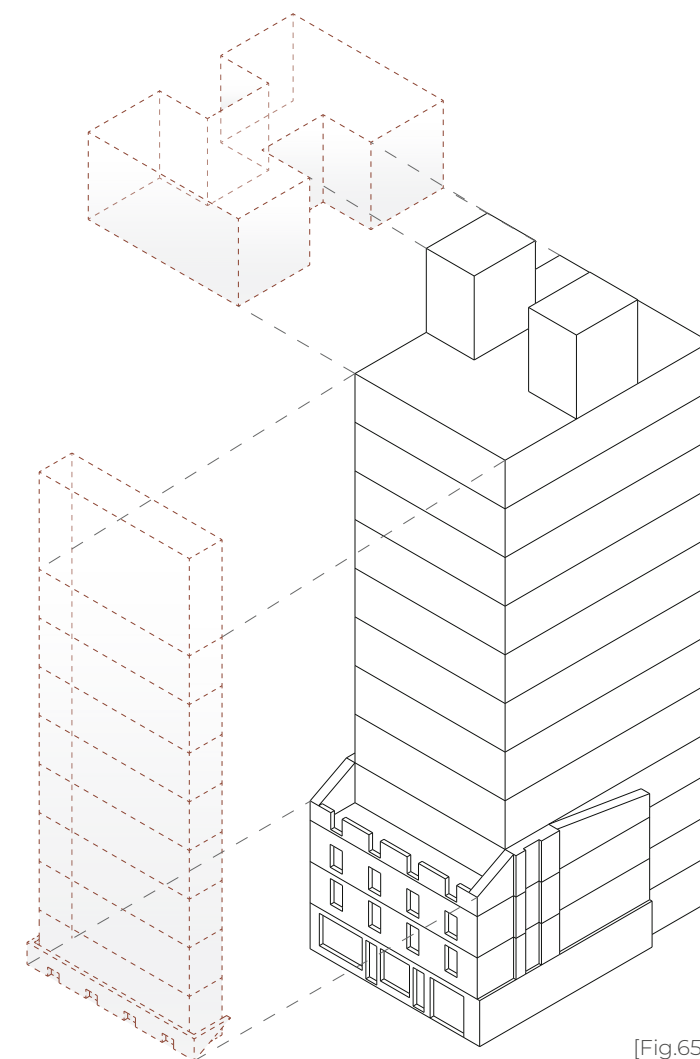
Su questa base si inserisce un nuovo volume, concepito come elemento contemporaneo capace di dialogare con il preesistente senza imitarlo. L'aggiunta si configura come un sistema leggero e riconoscibile, che si sovrappone alla struttura esistente integrandosi con essa. Il nuovo introduce una variazione volumetrica e funzionale, contribuendo a ridefinire l'immagine complessiva dell'edificio in chiave attuale.



[Fig.64]

03 Sottrazione

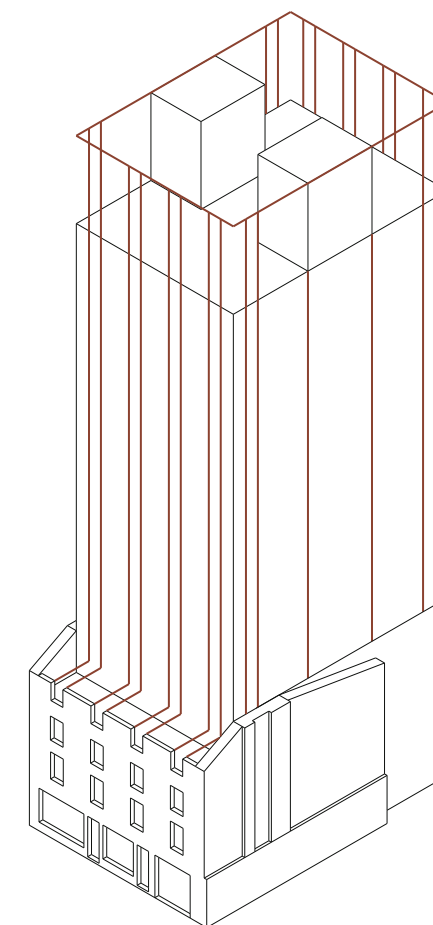
Il processo prosegue attraverso interventi puntuali di sottrazione volumetrica, volti a creare spazi di relazione tra interno ed esterno. L'incisione del volume genera vuoti strategici che migliorano l'apporto di luce naturale e la permeabilità visiva. Questi tagli permettono di articolare la massa costruita, trasformandola in un sistema dinamico capace di rispondere alle esigenze contemporanee.



[Fig.65]

04 Allineamenti

L'intervento si completa attraverso un sistema di allineamenti verticali e orizzontali che organizzano il nuovo organismo architettonico. Le linee guida definiscono rapporti proporzionali tra le parti e instaurano un dialogo con il contesto urbano circostante. Il risultato è una composizione equilibrata, in cui il nuovo e l'esistente si integrano in un'unica struttura coerente e riconoscibile.



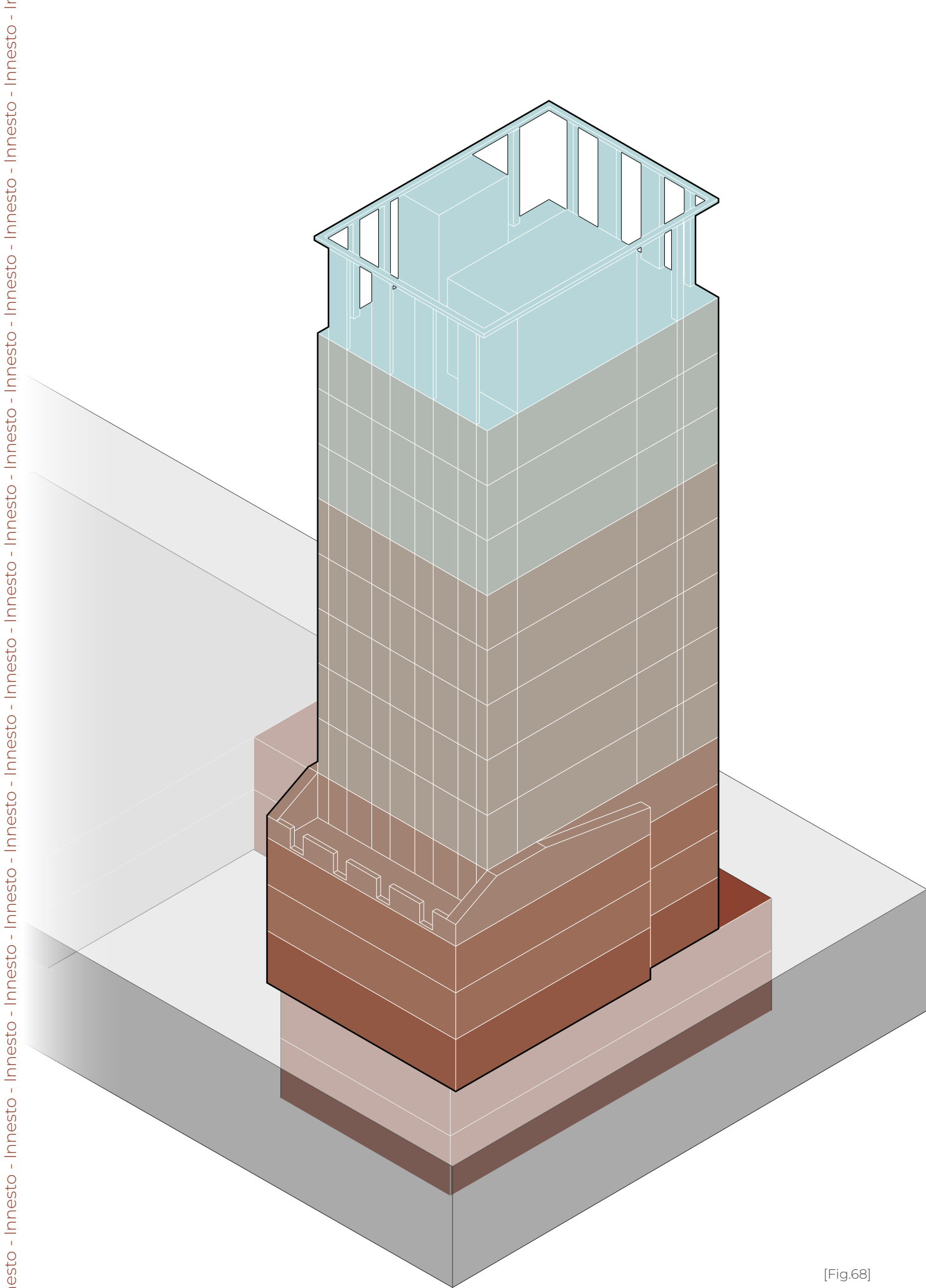
[Fig.66]

P3.05.02

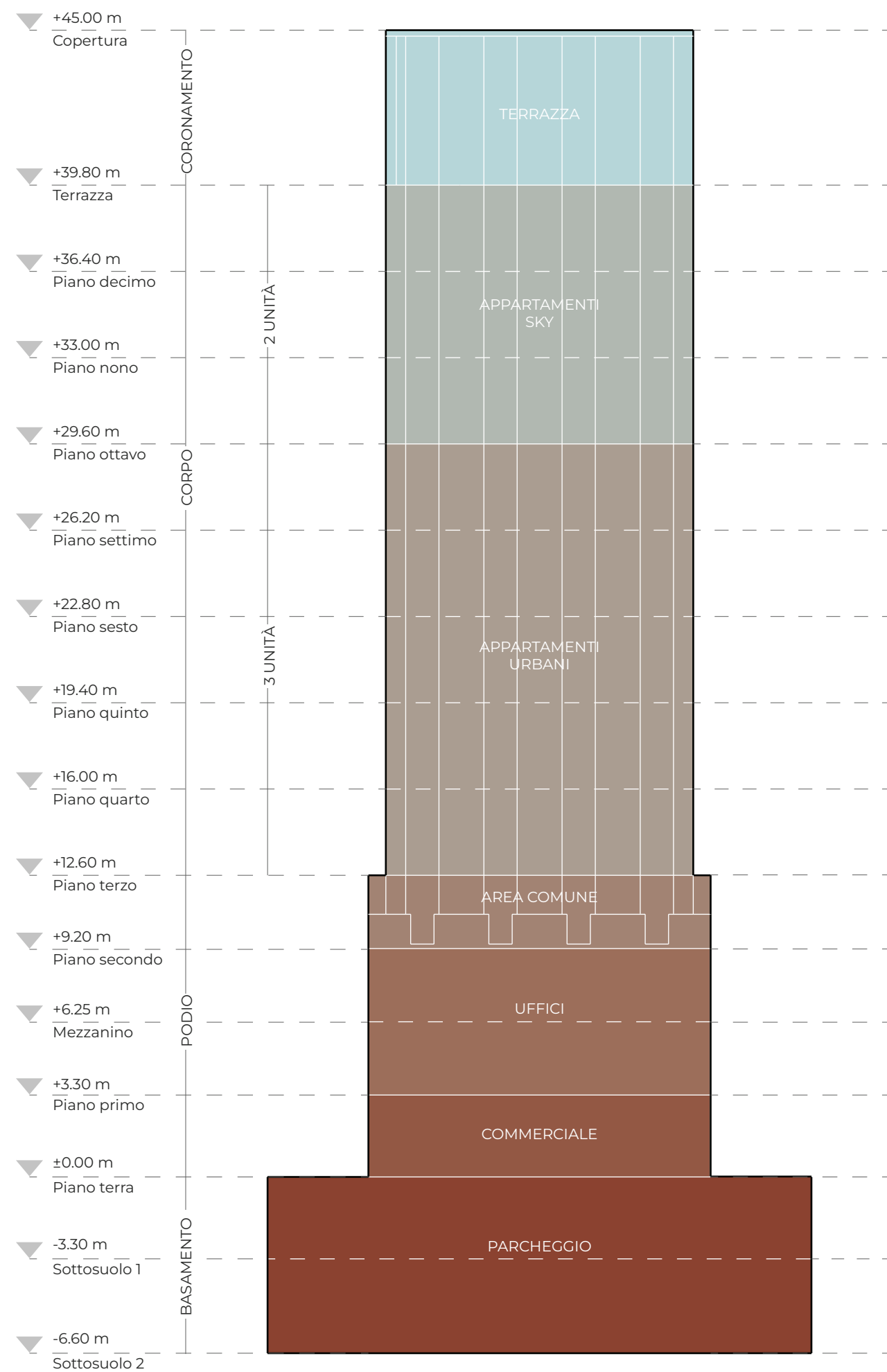
Definizione spaziale e distribuzione funzionale

Dal punto di vista funzionale e spaziale, i due edifici oggetto di intervento sono concepiti come organismi indipendenti, messi in relazione esclusivamente attraverso il sistema del cortile interno; questa scelta consente di preservare la leggibilità delle singole preesistenze, evitando una fusione forzata e mantenendo chiara la distinzione tra i diversi ruoli urbani assegnati agli edifici. Lo spazio retrostante la facciata dell'Olivier-Berthelet House-Store è accessibile sia da Rue McGill sia da Rue des Récollets, attraverso l'antico passaggio carrabile che conduce al cortile dell'isolato, costruendo una sequenza continua tra strada, pista ciclabile, marciapiede, spazio aperto dietro la facciata storica e spazio urbano interno. L'edificio residenziale principale presenta accessi distinti e chiaramente separati: il piano terra commerciale, organizzato come un unico grande spazio, è accessibile direttamente da Rue McGill ed è indipendente rispetto agli ingressi residenziali e direzionali, mentre l'accesso alla residenza e agli uffici è collocato in corrispondenza della storica porta cochère, mantenendo e reinterpretando una modalità di accesso tipica dell'edificio originario. Il mezzanino destinato agli uffici è progettato come elemento intermedio affacciato sul piano inferiore, sfruttando le altezze esistenti senza interferire con la posizione delle aperture storiche; gli uffici condividono l'accesso con la residenza, ma dispongono di servizi separati. Ai livelli superiori si collocano gli spazi comuni per i residenti, tra cui una palestra interna e una terrazza affacciata su Rue McGill, mentre successivamente si sviluppano i piani residenziali. La distribuzione verticale è garantita da due nuclei principali, uno composto da vano scala e ascensore e l'altro dal solo vano scala, collocati in posizione opposta per rispondere alle prescrizioni del Code de construction du Québec e del National Building Code of Canada in materia di vie di esodo. I due piani interrati ospitano garage, depositi e locali tecnici, estendendosi sotto il nuovo volume e proseguendo sotto il cortile, fino a collegarsi funzionalmente ai parcheggi esistenti dell'edificio adiacente al 465 Rue McGill.





[Fig.68]



[Fig.69]

[104]

[104]

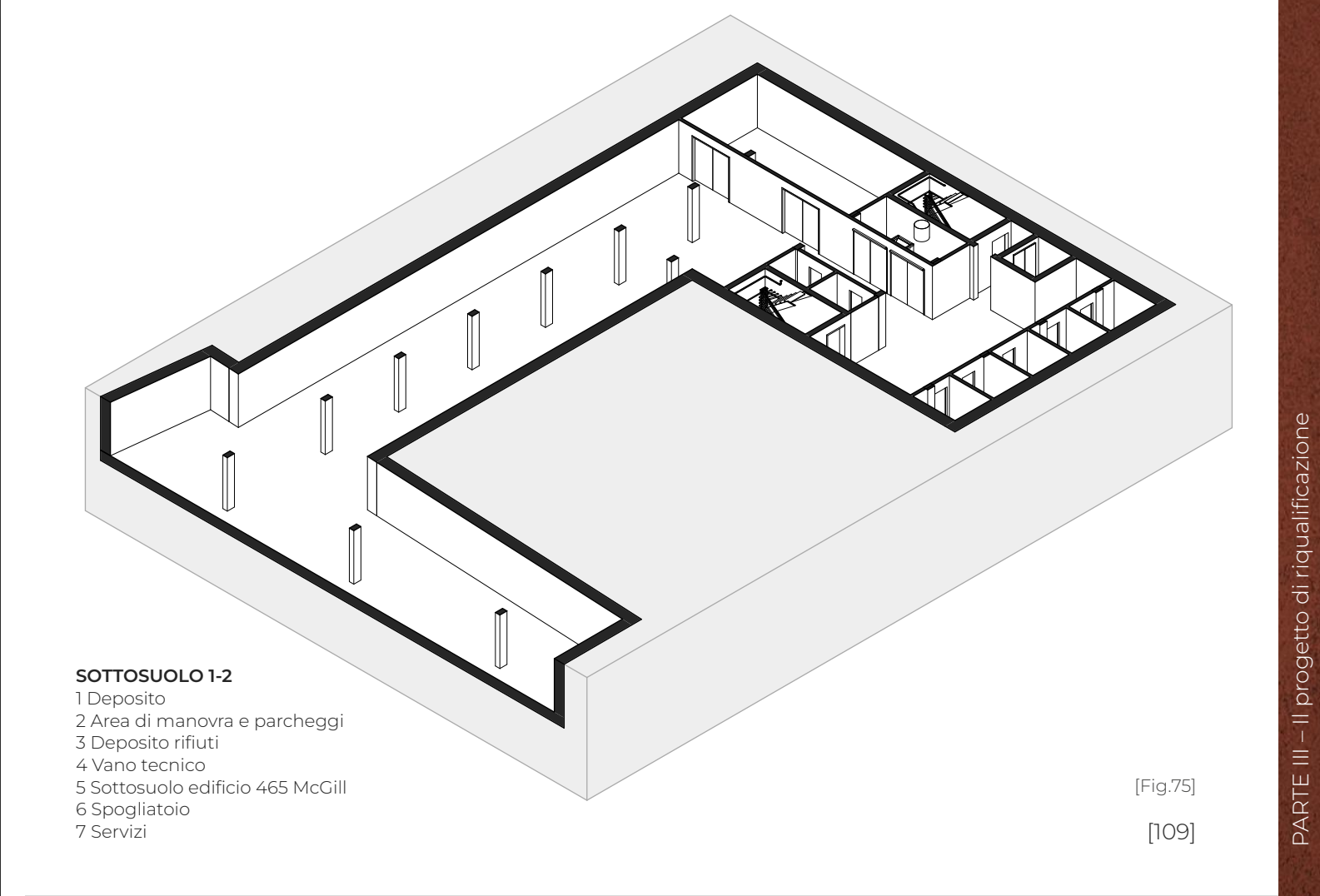
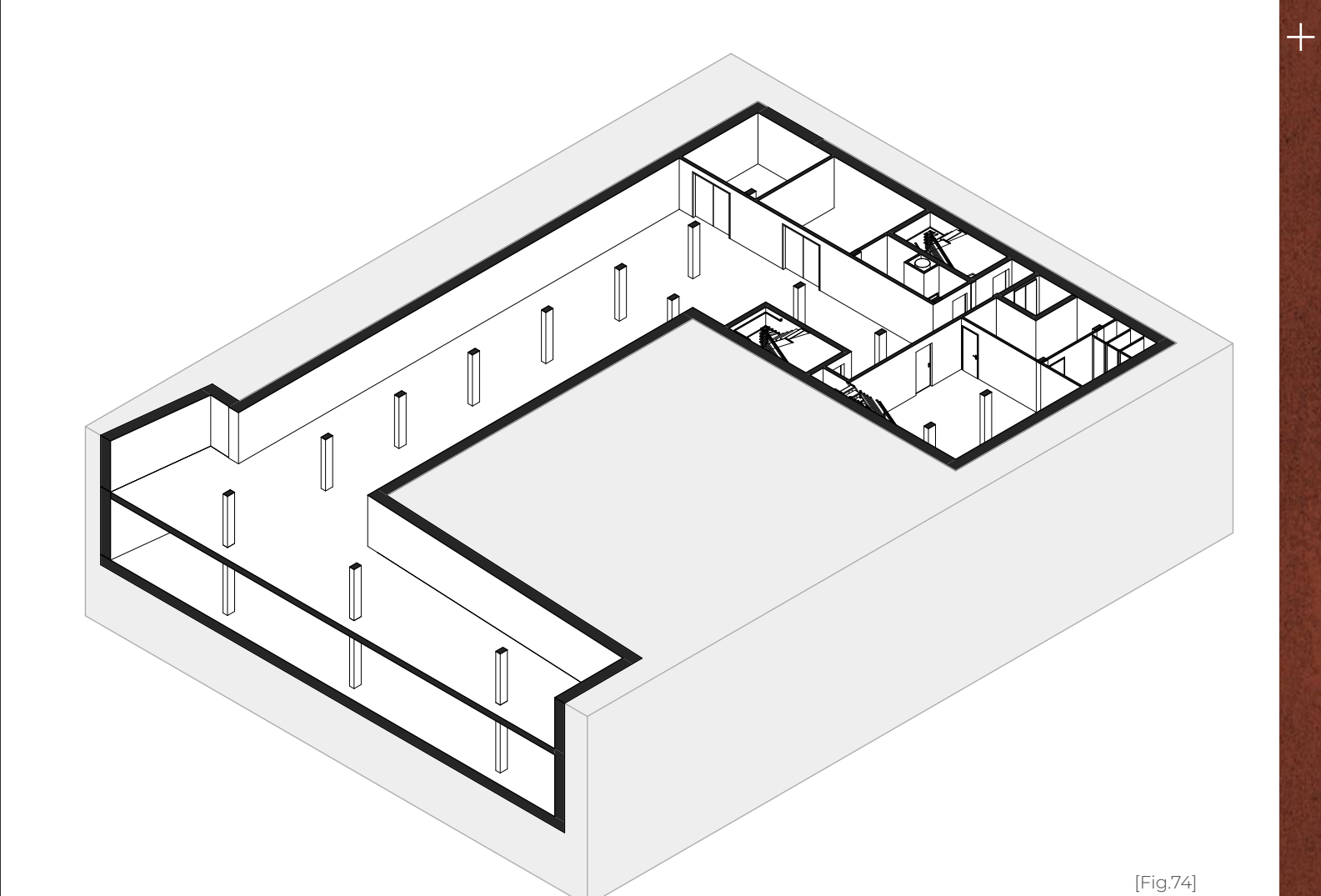
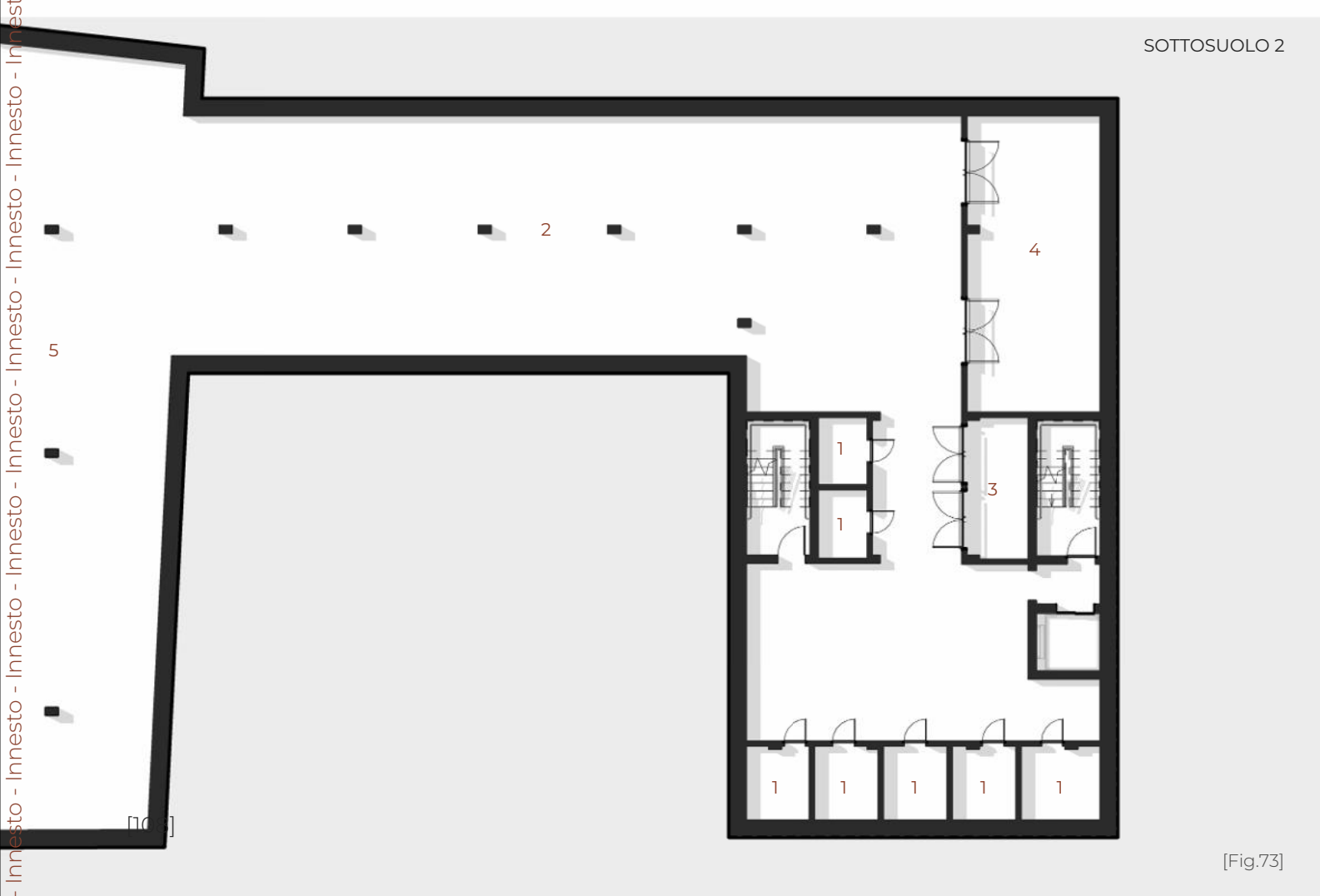
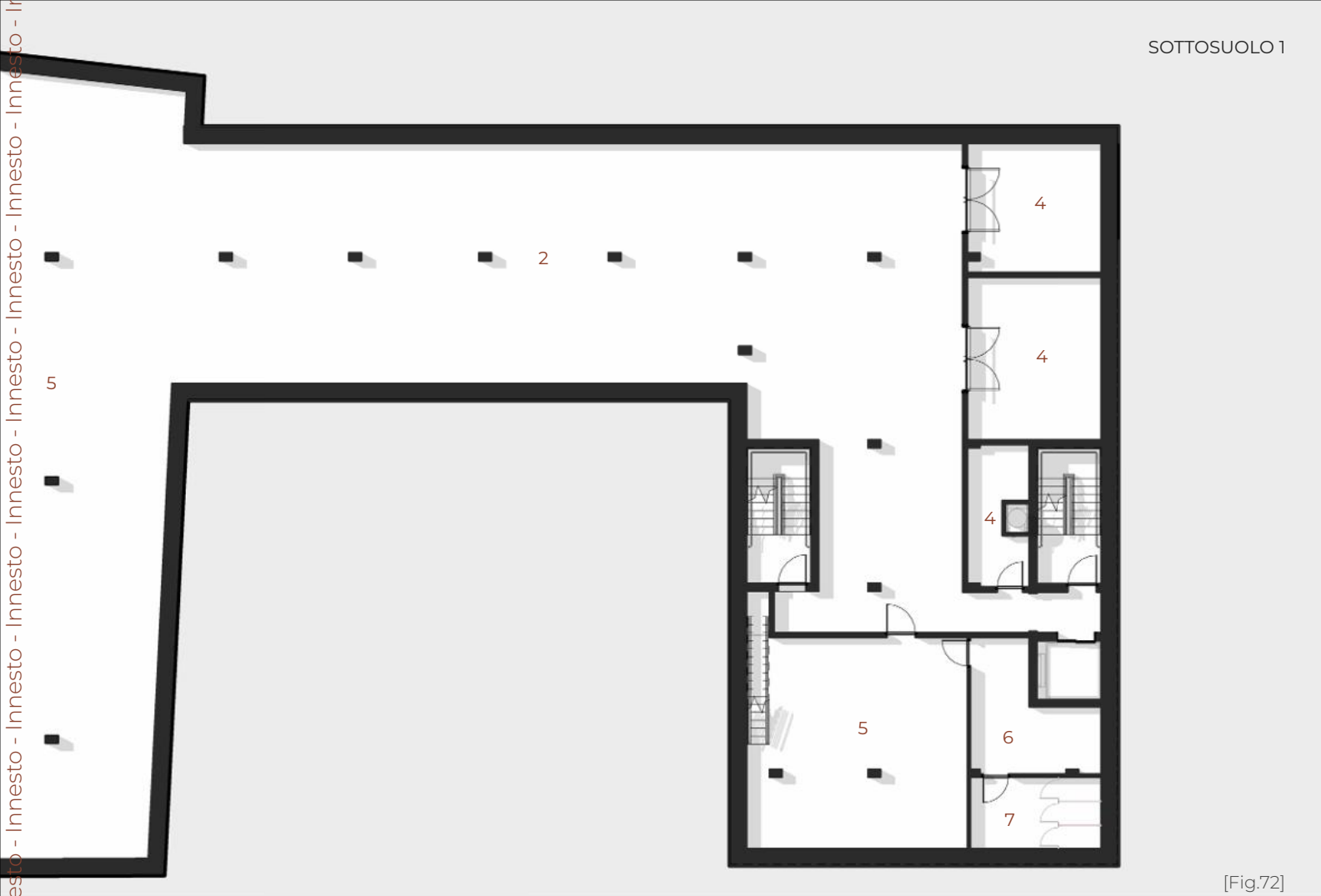
Unità passante sul fronte nord, con doppia esposizione laterale e luce diffusa; la minore radiazione diretta garantisce comfort estivo e stabilità luminosa.



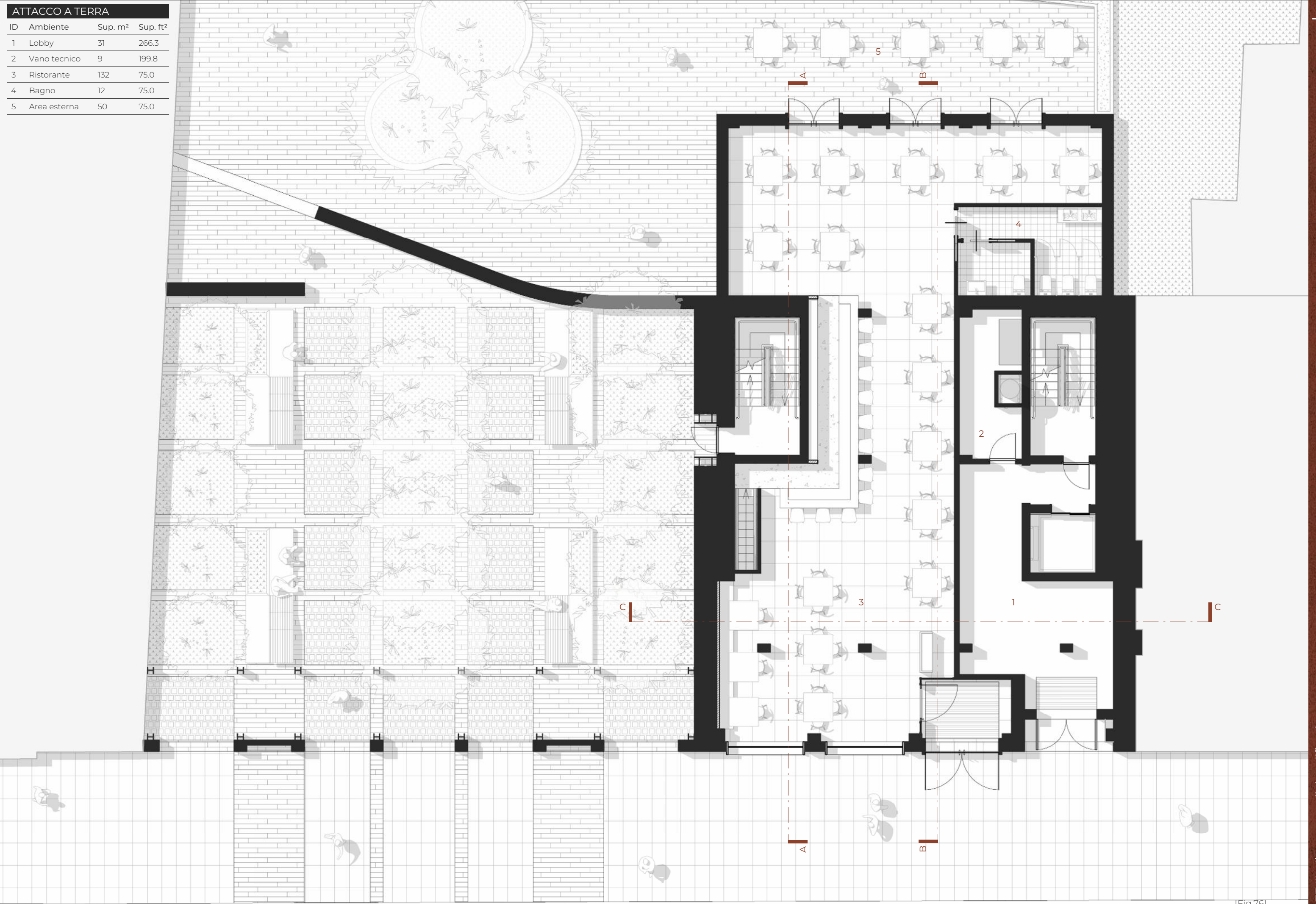
[105]

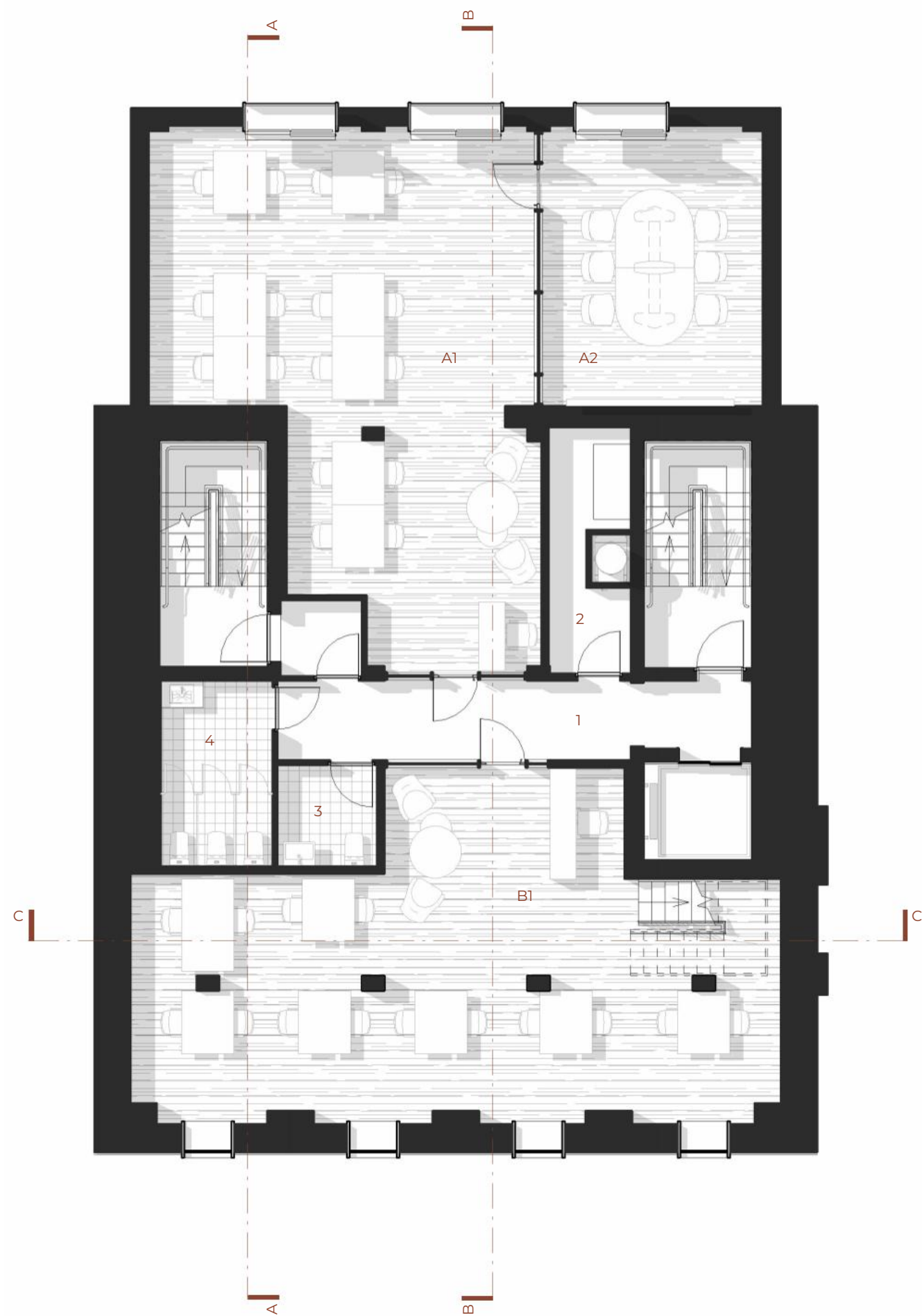
[Fig.71]
PLANIVOLUMETRICO
[106]

0m 25 75 ⊕
[107]

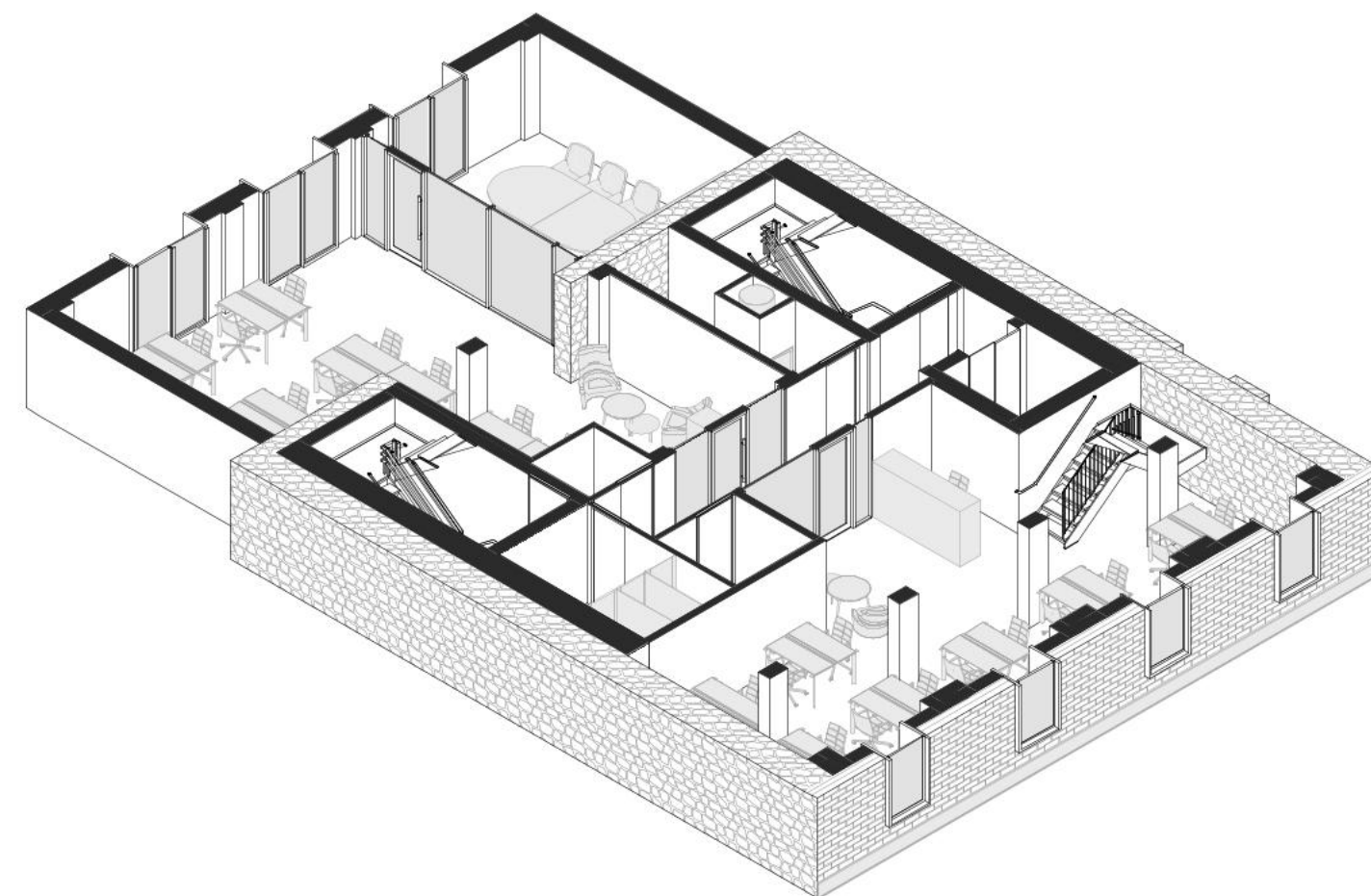


ATTACCO A TERRA			
ID	Ambiente	Sup. m²	Sup. ft²
1	Lobby	31	266.3
2	Vano tecnico	9	199.8
3	Ristorante	132	75.0
4	Bagno	12	75.0
5	Area esterna	50	75.0





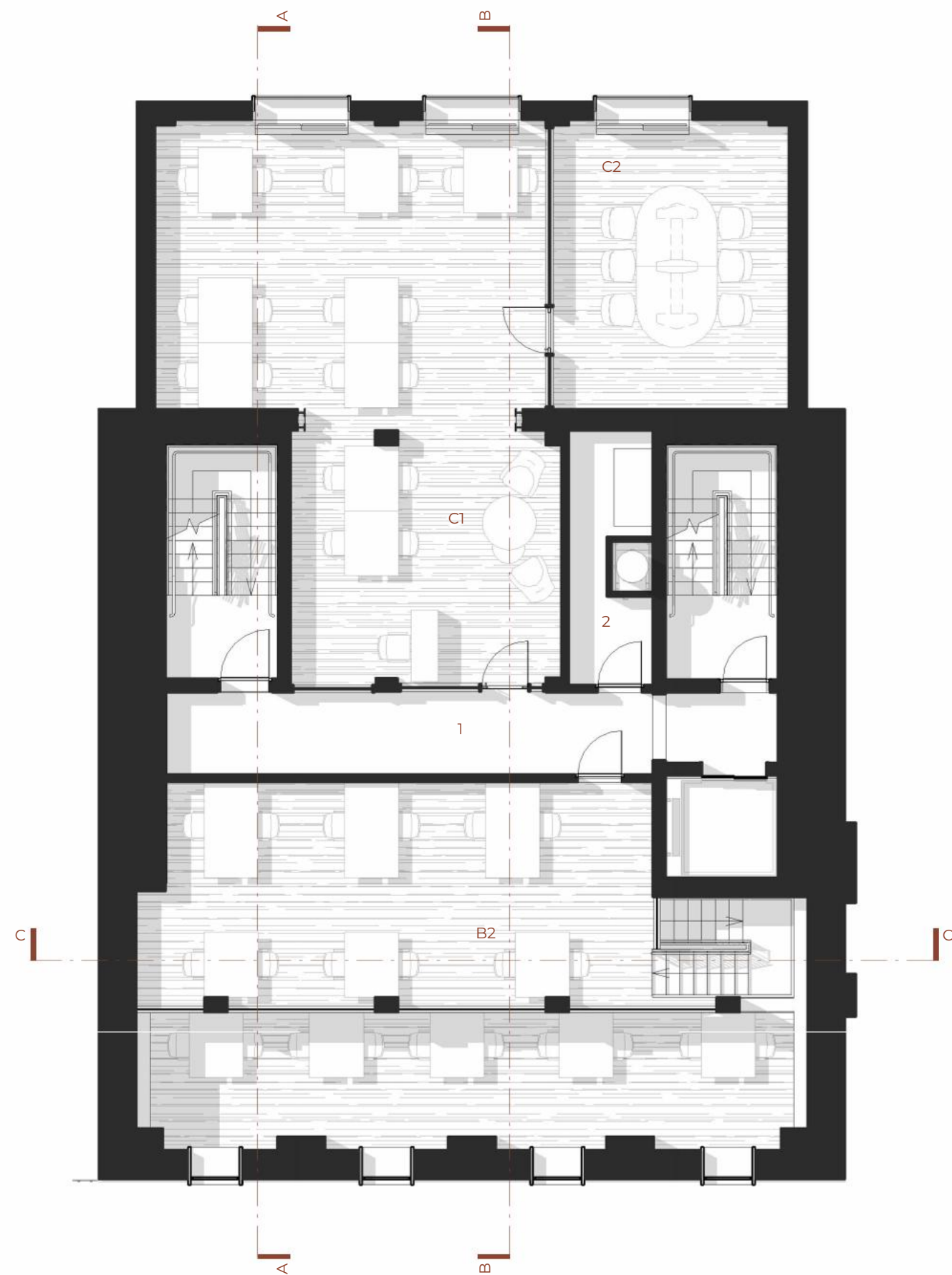
[Fig.77]



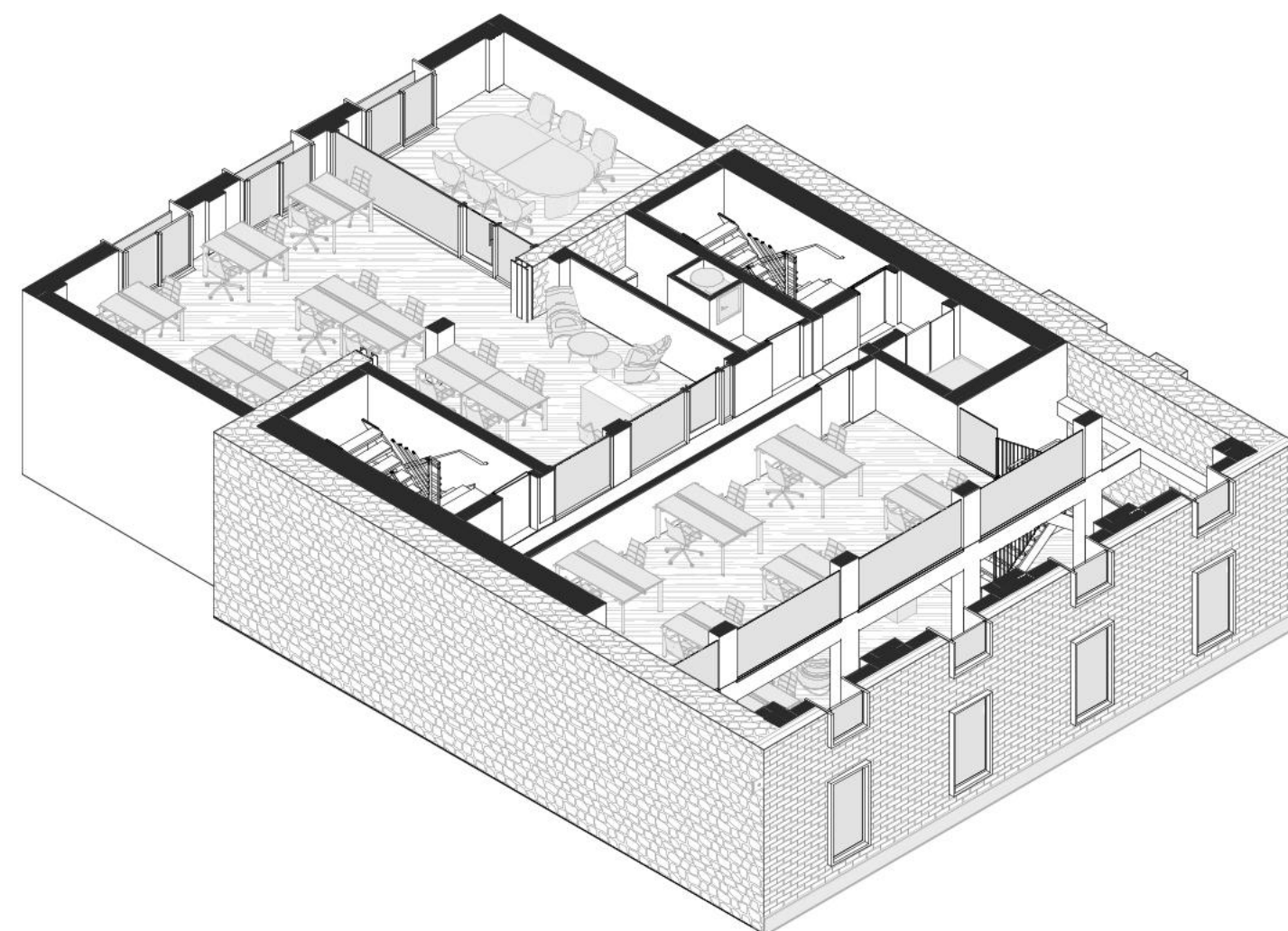
[Fig.78]

PRIMO PIANO				
ID	Ambiente	Sup. m ²	Sup. ft ²	Unità immobiliare
1	Corridoio	18	194	Aree comuni e servizi condivisi 35 m ² 377 ft ²
2	Locale tecnico	6	65	
3	Bagno accessibile	4	43	
4	Bagno	7	75	
A1	Ufficio	62	667	Unità immobiliare A 85 m ² 915 ft ²
A2	Sala riunioni	23	248	
B1	Ufficio	67	721	Unità immobiliare B 112 m ² 1205 ft ²

Il primo piano è organizzato come livello principale degli uffici, con una distribuzione centrale che separa e serve due unità immobiliari distinte. Nella parte frontale, affacciata verso Rue McGill, si sviluppa l'ufficio principale B1, concepito come ambiente di lavoro ampio e aperto, in continuità spaziale con il mezzanino superiore attraverso l'affaccio interno. Nella parte retrostante si trova invece la seconda unità A1, composta da uno spazio ufficio autonomo e dalla sala riunioni A2, con un'organizzazione più raccolta e indipendente. Il corridoio centrale, insieme ai vani scala, al vano tecnico e ai servizi, funziona come fascia distributiva e tecnica, garantendo accessibilità e separazione tra le due unità immobiliari.



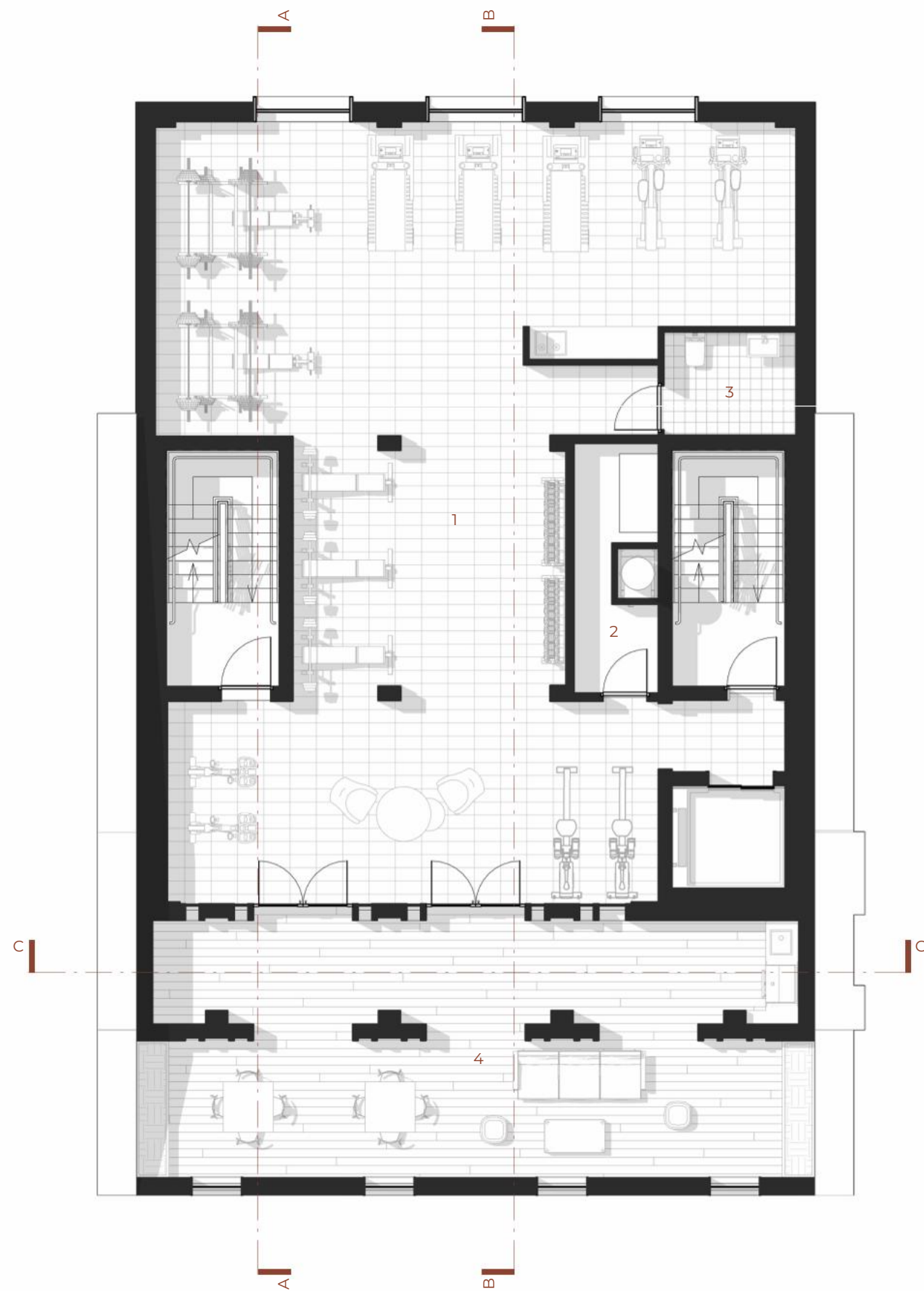
[Fig.79]



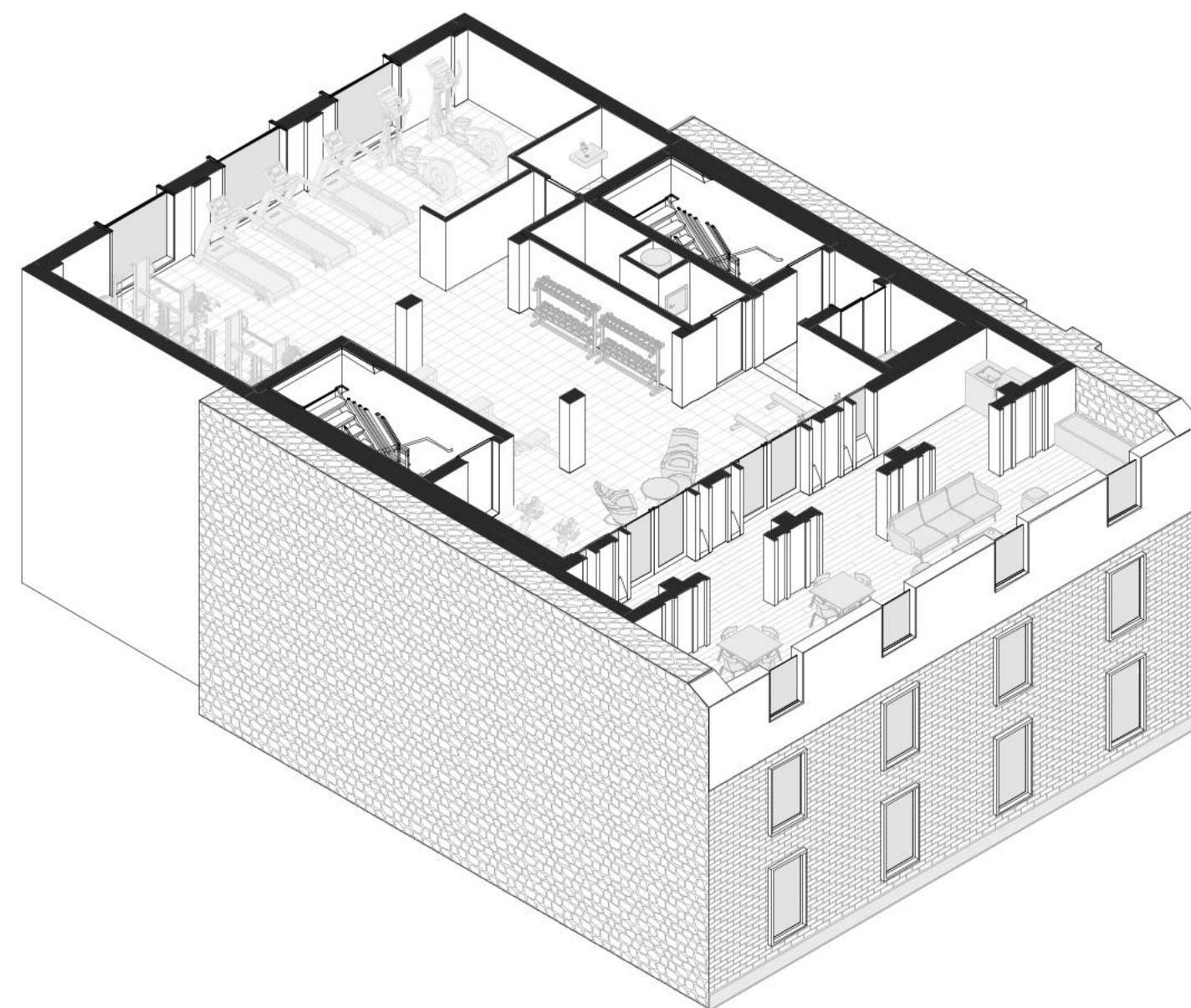
PIANO MEZZANINO				
ID	Ambiente	Sup. m ²	Sup. ft ²	Unità immobiliare
1	Corridoio	17	183	Aree comuni e servizi condivisi 23 m ² 248 ft ²
2	Locale tecnico	6	65	
B2	Ufficio	45	484	Unità immobiliare B 112 m ² 1205 ft ²
C1	Ufficio	64	689	
C2	Sala riunioni	23	248	Unità immobiliare C 87 m ² 936 ft ²

Il piano mezzanino è organizzato in due unità distinte. Nella parte frontale, affacciata verso il piano primo, lo spazio costituisce la prosecuzione verticale dell'ufficio sottostante, configurandosi come un livello aperto e integrato con l'ambiente principale. Nella parte retrostante si sviluppa invece un secondo ufficio autonomo, separato dal primo e organizzato attorno a spazi di lavoro più raccolti, con sala riunioni e ambienti di servizio.

[Fig.80]



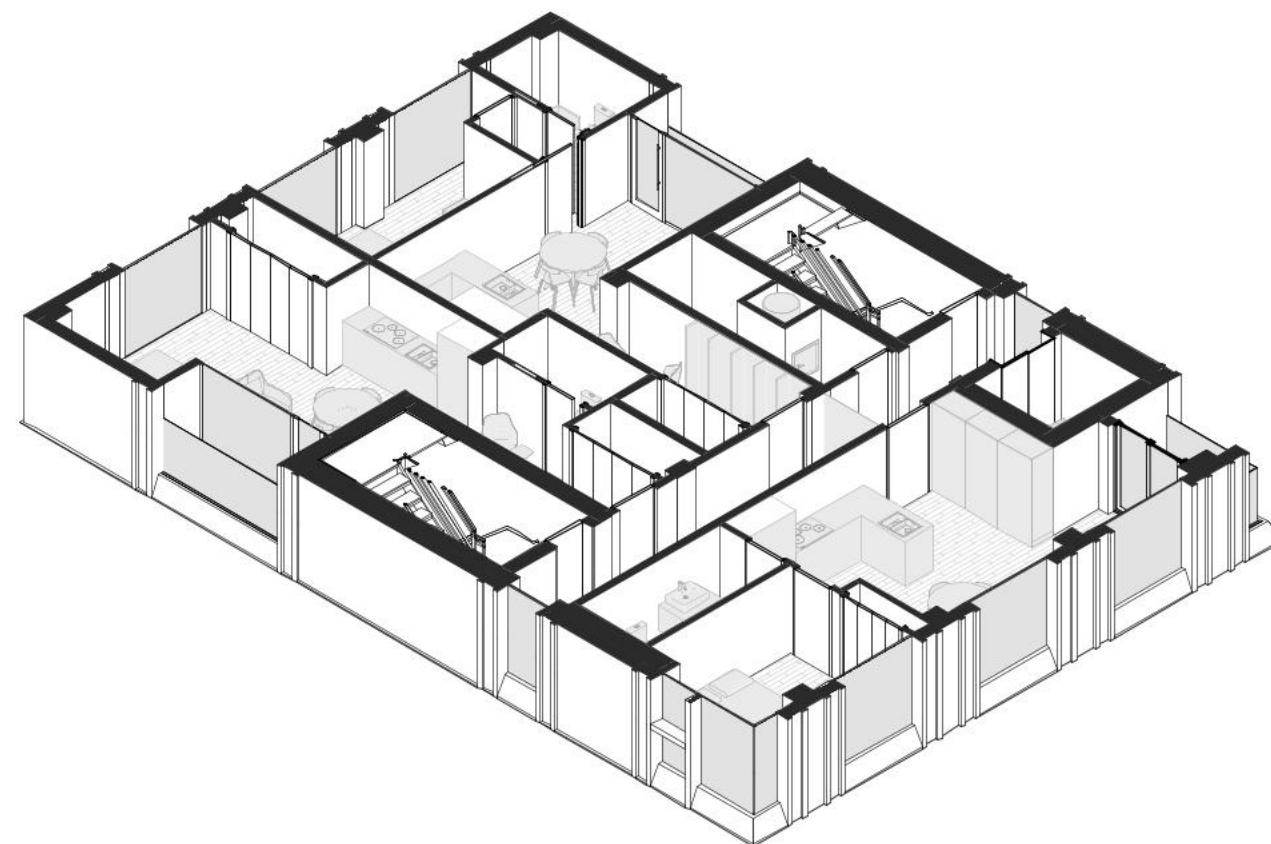
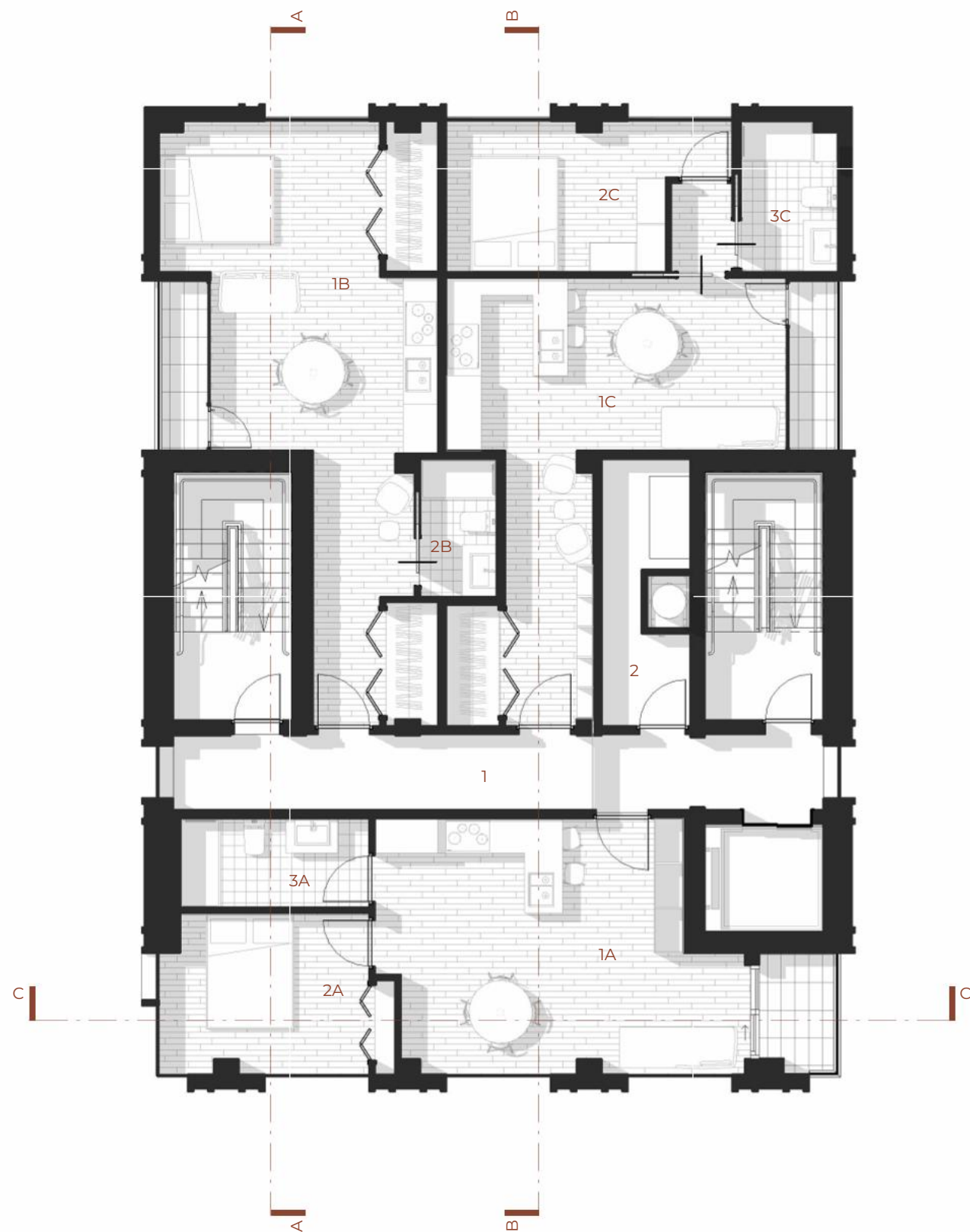
[Fig.81]



PIANO COLLETTIVO				Unità immobiliare
ID	Ambiente	Sup. m²	Sup. ft²	Aree comuni e servizi condivisi 214 m² 2305 ft²
1	Spazio comune	146	1572	
2	Locale tecnico	6	65	
3	Bagno	5	54	
4	Terrazzo	57	614	

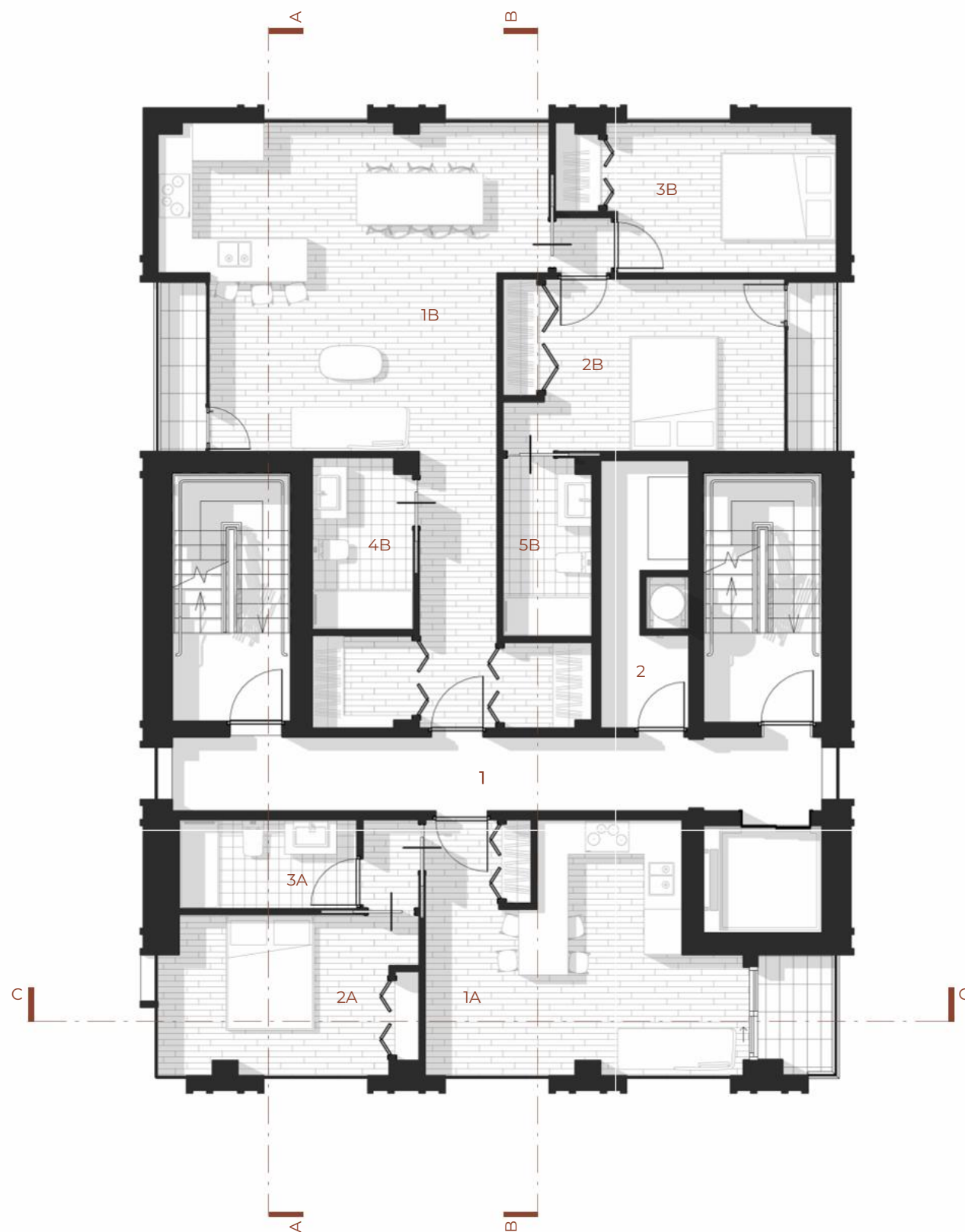
L'area comune è organizzata come livello condiviso dell'edificio, pensato per integrare funzioni collettive e spazi di relazione a servizio delle unità presenti nei piani superiori. La distribuzione si sviluppa attorno a un grande ambiente centrale aperto, destinato a palestra; verso il fronte principale, lo spazio interno si prolunga nella terrazza, configurando un affaccio esterno abitabile e uno spazio di socialità più informale. L'organizzazione del piano lavora sulla continuità tra interno ed esterno, trasformando l'ultimo livello in una soglia comune tra lavoro, pausa e relazione.

[Fig.82]

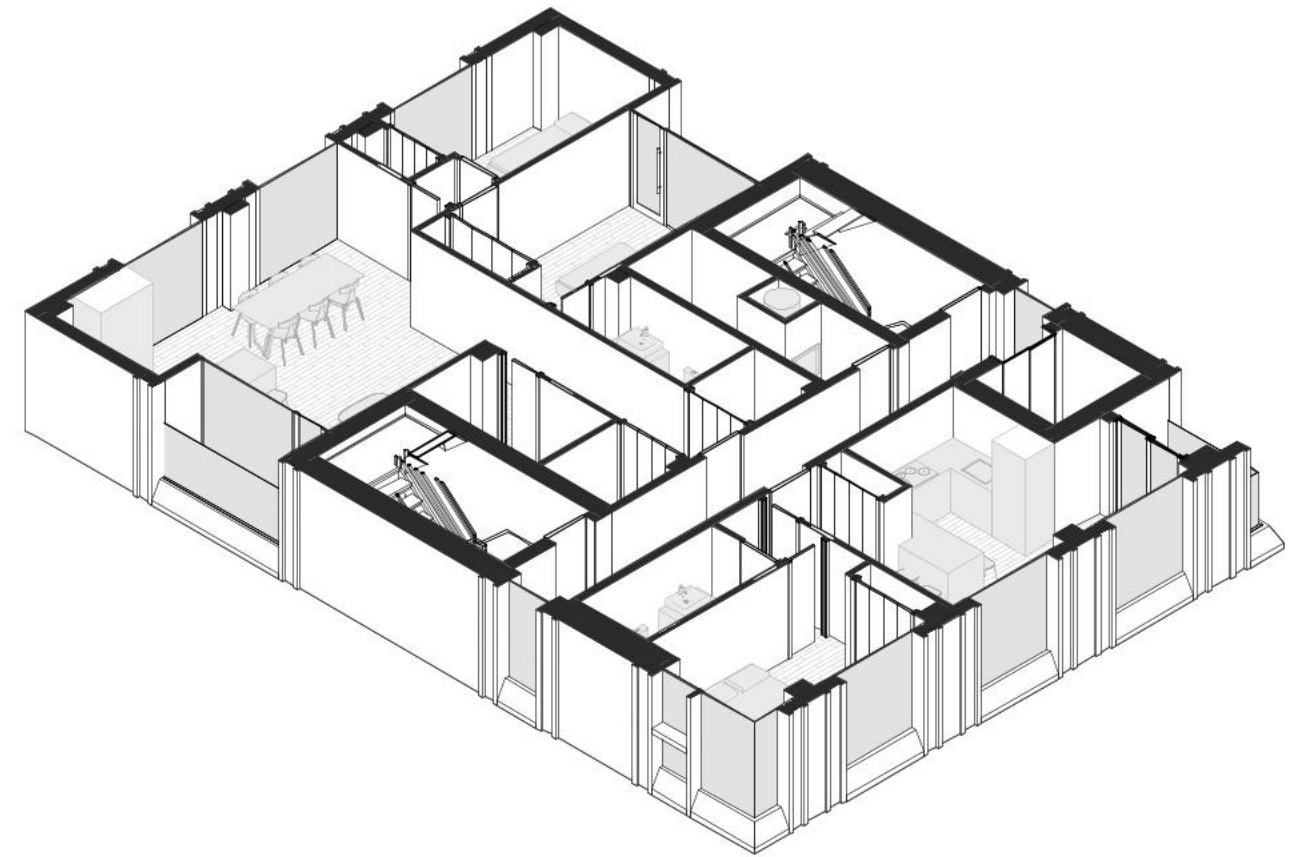


PIANI 3-7 APPARTAMENTI URBANI				
ID	Ambiente	Sup. m²	Sup. ft²	Unità immobiliare
1	Spazio comune	15	161	Aree comuni e servizi condivisi 21 m² 226 ft²
2	Locale tecnico	6	65	
1A	Zona giorno	25	269	Appartamento A 40 m² 431 ft²
2A	Camera	10	108	
3A	Bagno	5	54	
1B	Zona giorno	30	323	Appartamento B 33 m² 355 ft²
2B	Bagno	3	32	
1C	Zona giorno	25	269	Appartamento C 40 m² 431 ft²
2C	Camera	11	118	
3C	Bagno	4	43	

I piani 3-7 sono organizzati secondo una logica residenziale ripetibile, composta da più appartamenti urbani distribuiti attorno a un nucleo centrale comune. Il corridoio e i collegamenti verticali funzionano come asse distributivo principale, separando la parte pubblica dell'accesso dagli spazi privati delle unità abitative. Ogni appartamento è costruito secondo una sequenza funzionale, con zona living affacciata verso l'esterno, camera e servizi collocati in posizione più raccolta. La pianta permette così di ottenere unità indipendenti ma compatte, mantenendo al centro gli spazi tecnici e distributivi e valorizzando le aperture per garantire luce naturale agli ambienti principali.



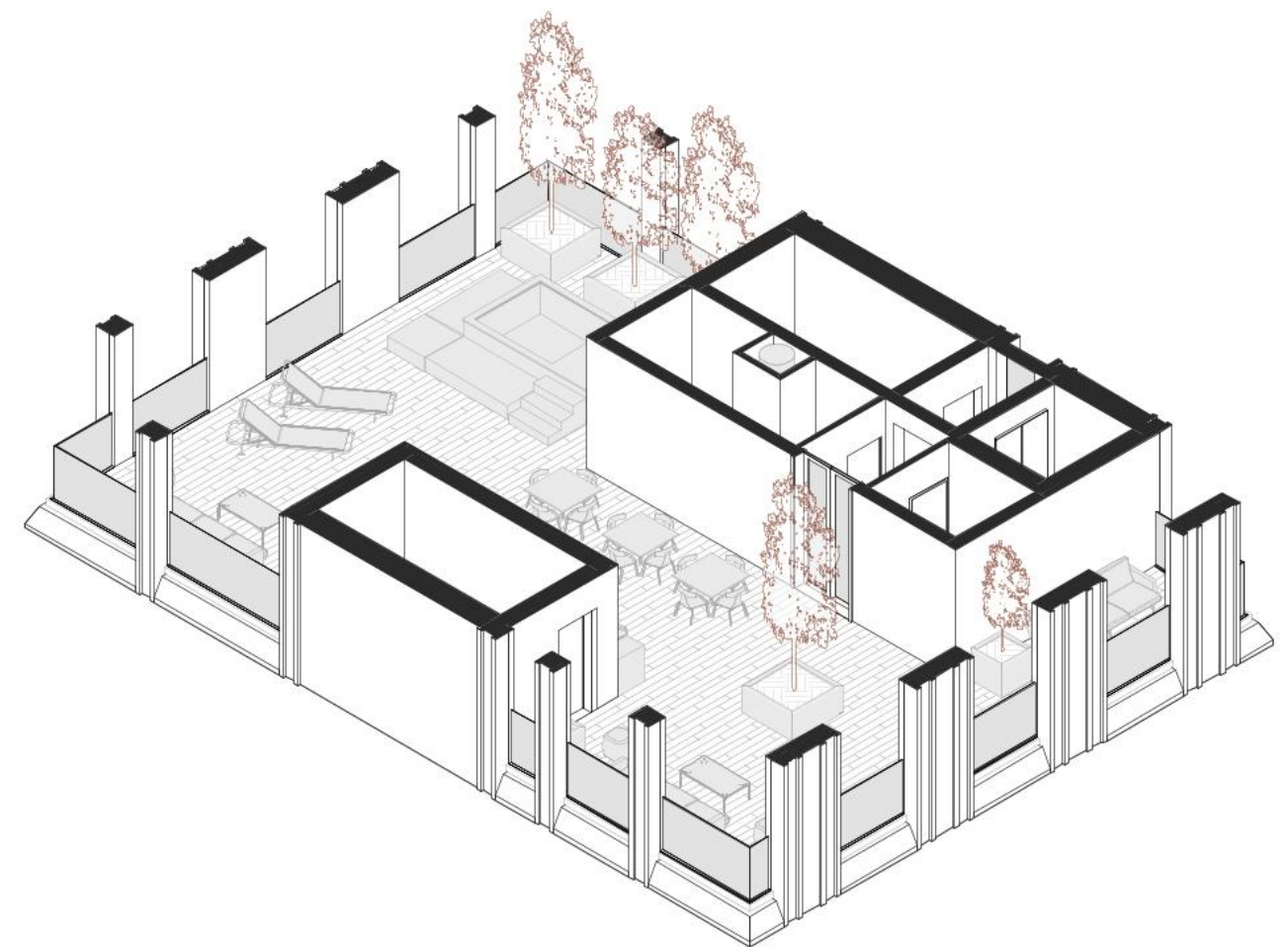
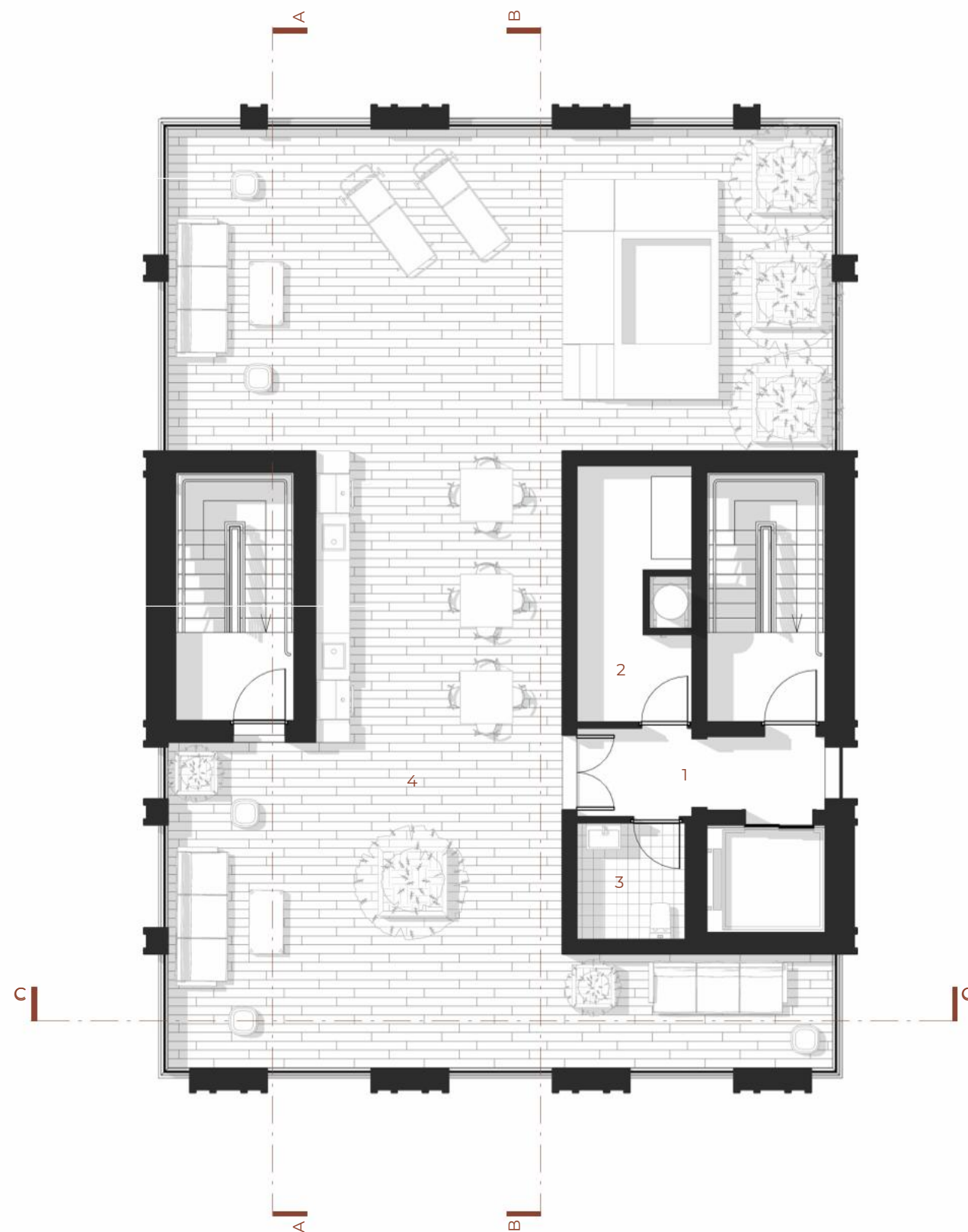
[Fig.85]



[Fig.86]

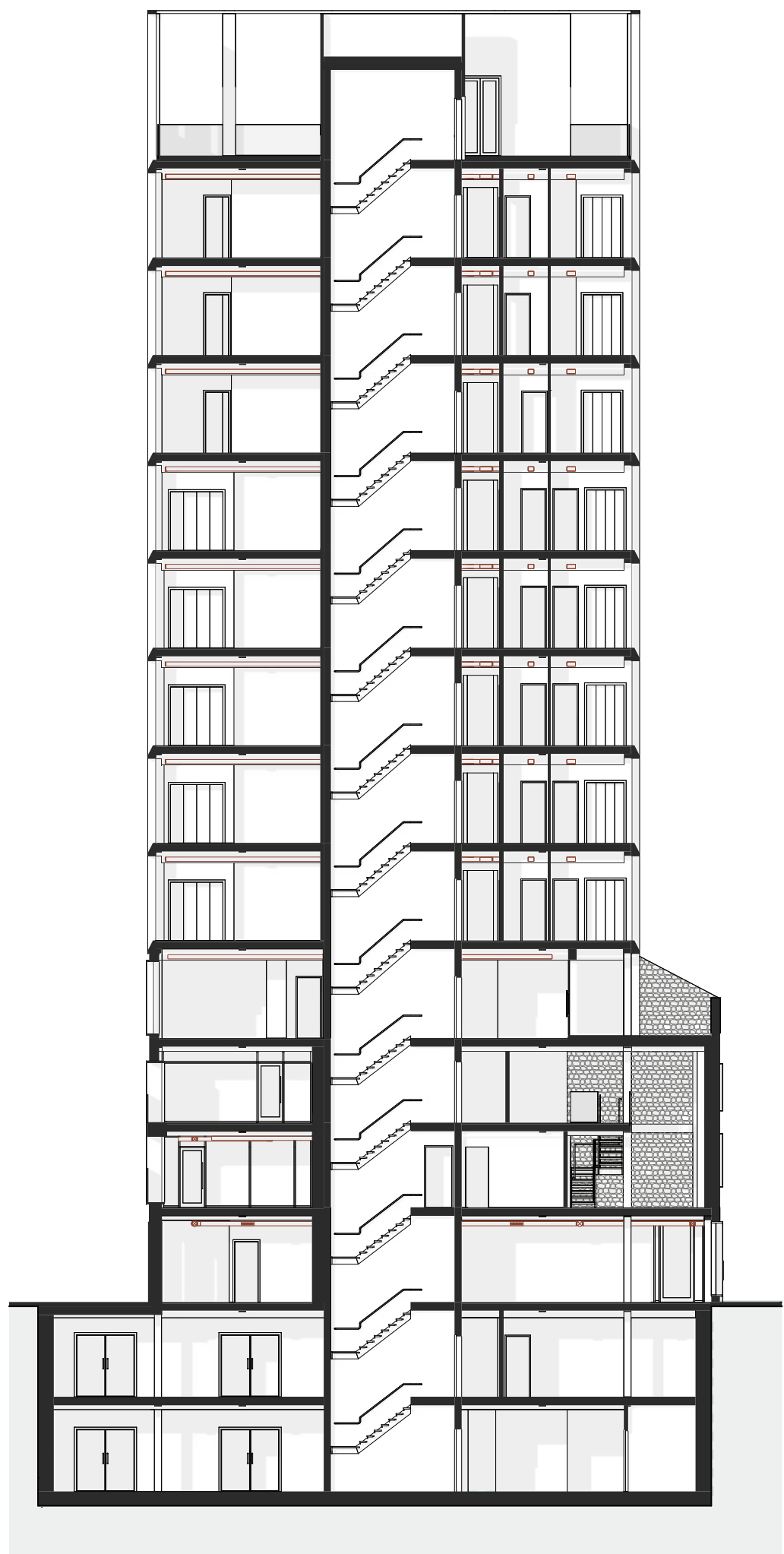
PIANI 8-10 APPARTAMENTI SKY				
ID	Ambiente	Sup. m²	Sup. ft²	Unità immobiliare
1	Spazio comune	15	161	Aree comuni e servizi condivisi 21 m² 226 ft²
2	Locale tecnico	6	65	
1A	Zona giorno	25	269	Appartamento A 40 m² 431 ft²
2A	Camera	10	108	
3A	Bagno	5	54	
1B	Zona giorno	40	431	Appartamento B 73 m² 786 ft²
2B	Camera	13	140	
3B	Camera	10	108	
4B	Bagno	5	54	
5B	Bagno	5	54	

I piani 8-10 sono organizzati come livelli residenziali superiori, con appartamenti “sky” di dimensione più ampia rispetto ai piani sottostanti. La distribuzione mantiene il nucleo centrale comune, composto da corridoio, vani scala e vano tecnico, da cui si accede alle diverse unità abitative. La pianta distingue due appartamenti principali: uno rivolto verso il fronte principale, più compatto, e uno sviluppato nella parte retrostante, con una zona giorno più ampia e una maggiore articolazione degli ambienti privati. Gli spazi di servizio e i bagni sono concentrati nella fascia centrale, mentre living e camere sono disposti lungo il perimetro, in modo da valorizzare gli affacci e garantire illuminazione naturale agli ambienti principali.



TERRAZZA			
ID	Ambiente	Sup. m²	Sup. ft²
1	Spazio comune	6	65
2	Locale tecnico	8	86
3	Bagno	4	43
4	Terrazzo	140	1507

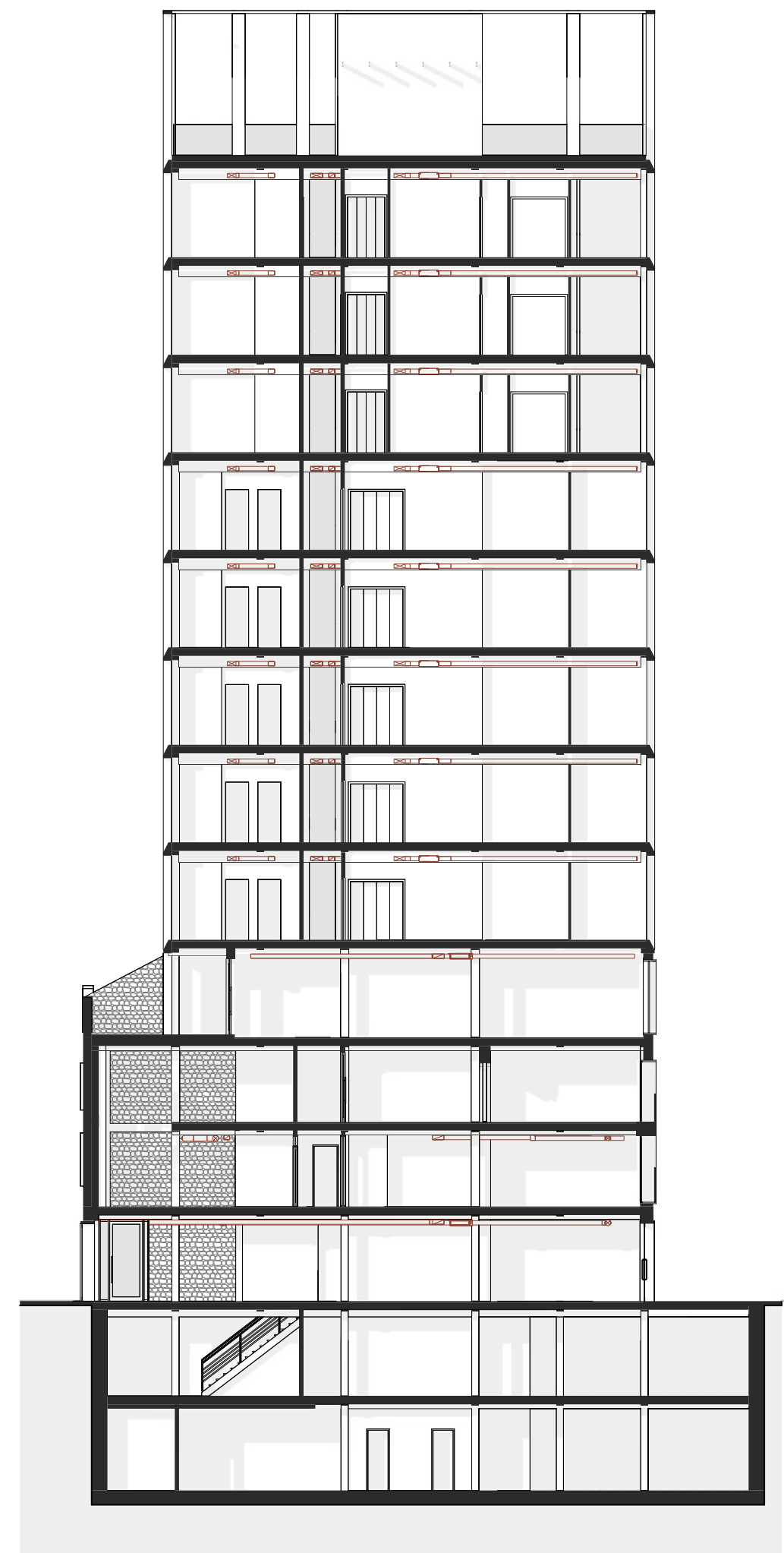
La terrazza è concepita come spazio comune conclusivo dell'edificio, organizzato attorno al nucleo centrale di distribuzione e di servizio. La superficie esterna si articola in diverse aree di sosta, relazione e verde, configurando un ambiente collettivo più informale, pensato come prolungamento all'aperto delle funzioni comuni dell'edificio. L'organizzazione del piano valorizza il rapporto con il paesaggio urbano e trasforma la copertura in uno spazio abitabile, capace di offrire affacci, luce e momenti di condivisione.



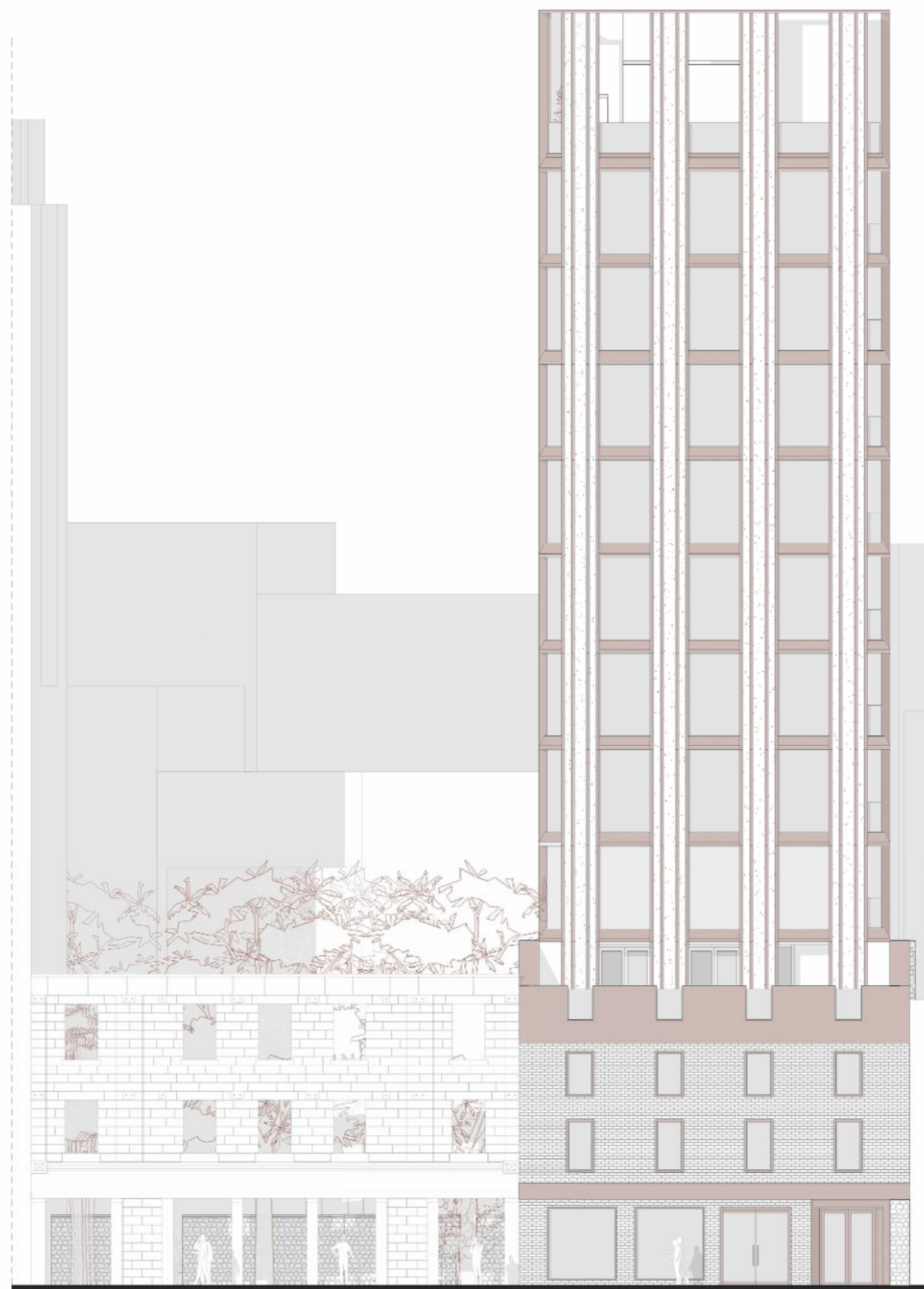
SEZIONE AA
[124] [Fig.89]



SEZIONE CC [Fig.90]



SEZIONE BB [Fig.91]
[125]



PROSPETTO SU RUE MCGILL

[Fig.92]



PROSPETTO SU CORTILE INTERNO "PIAZZA"

[Fig.93]

0m 1 3



PROSPETTO SU PIAZZA PUBBLICA

[Fig.94]



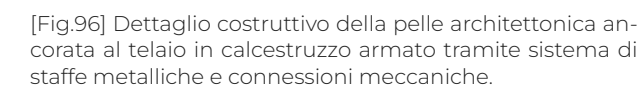
PROSPETTO EST

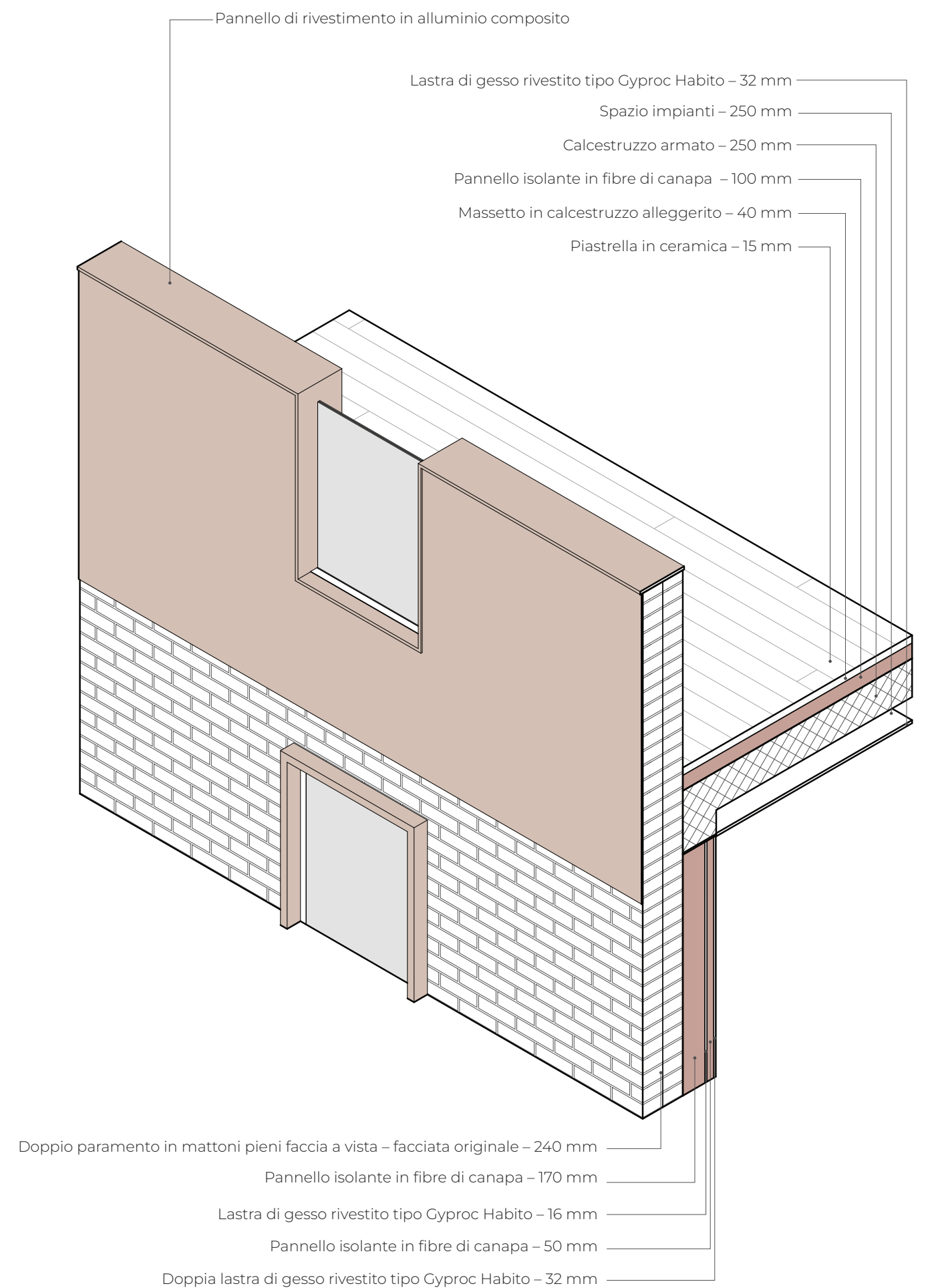
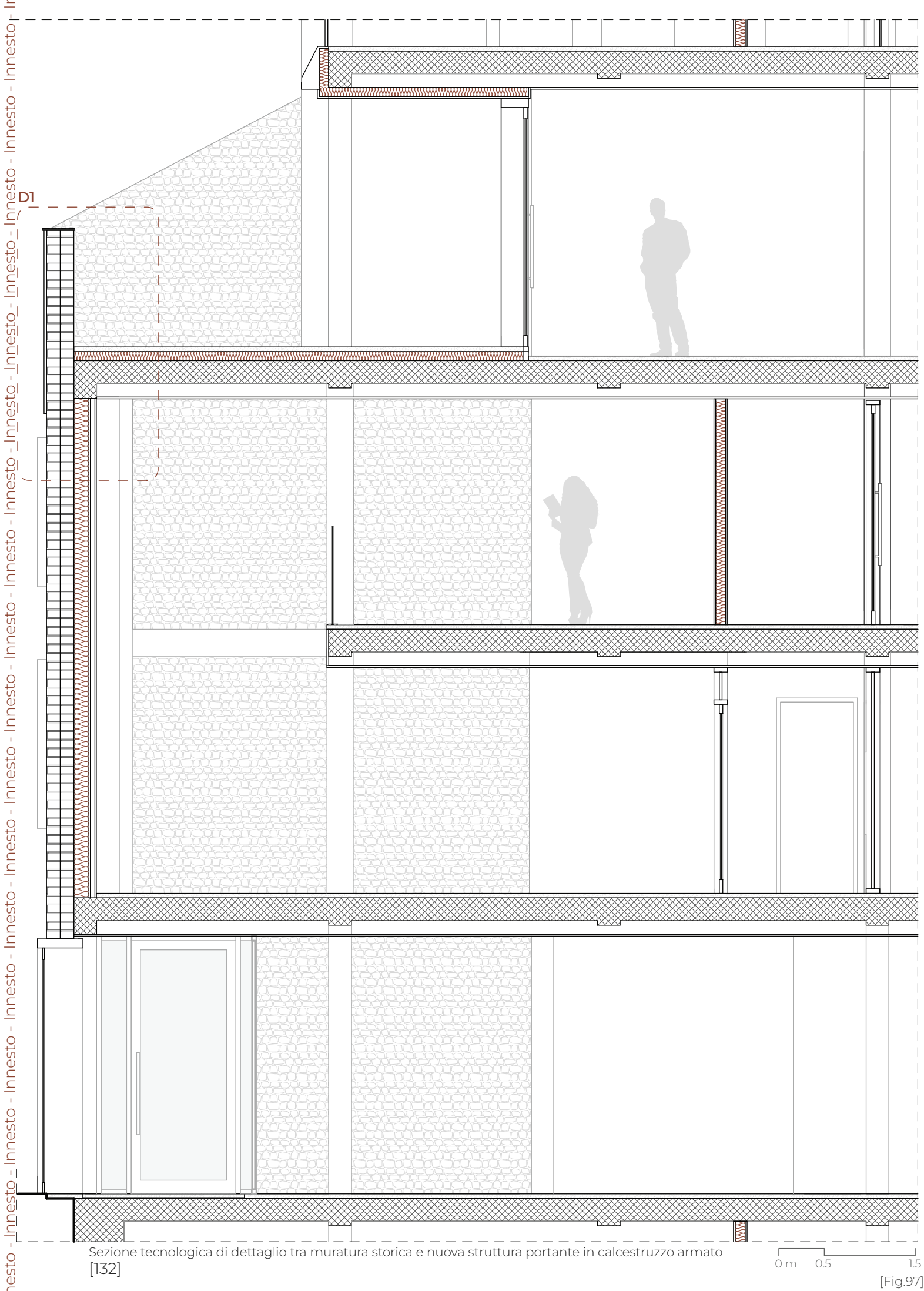
[Fig.95]

0 m 1 3

Scelte materiche e tecnologiche

[130]





[Fig.98]

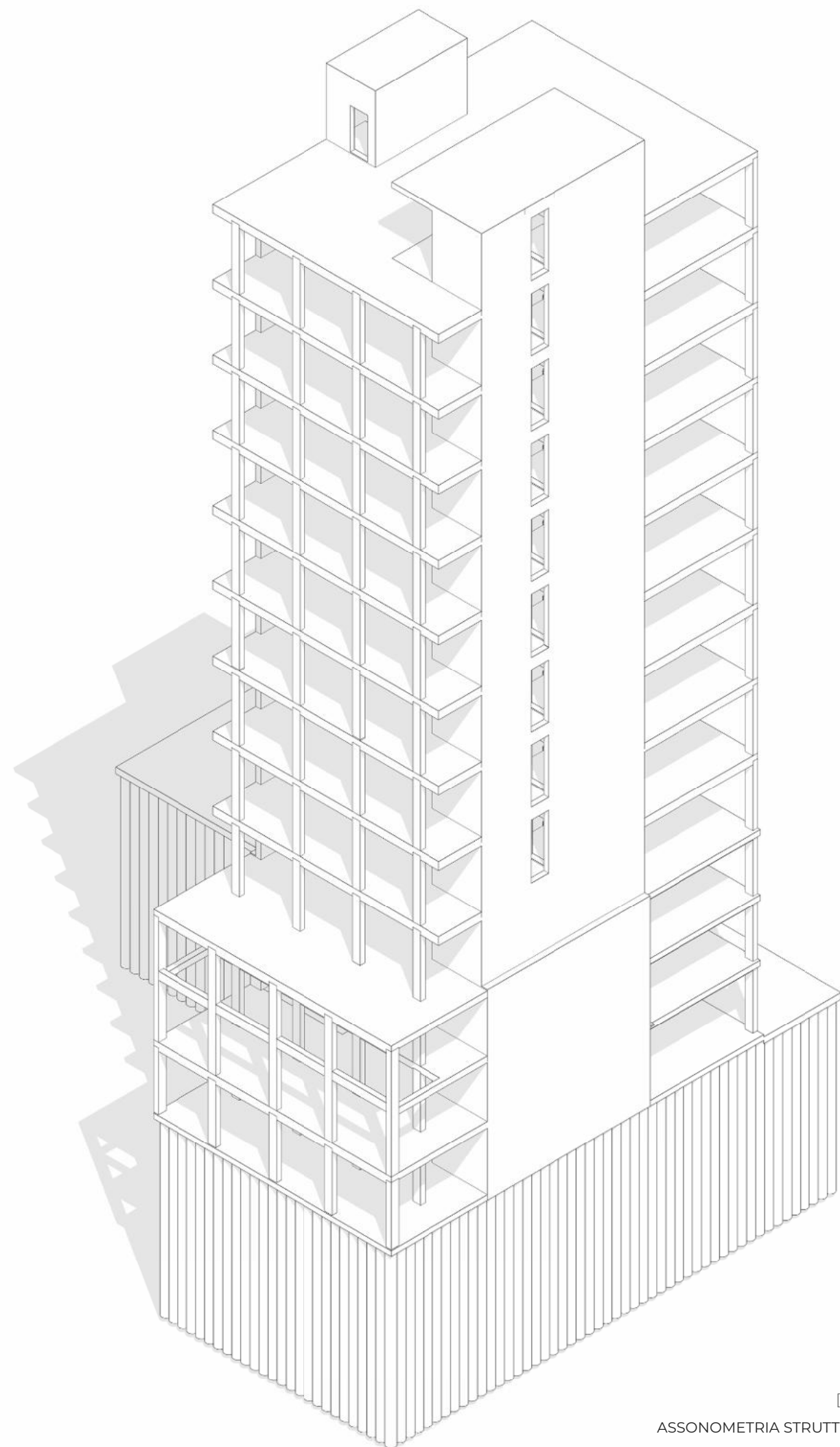
D1 – Assonometria del dettaglio facciata storica, nuova struttura in c.a. e solaio terrazza

[133]

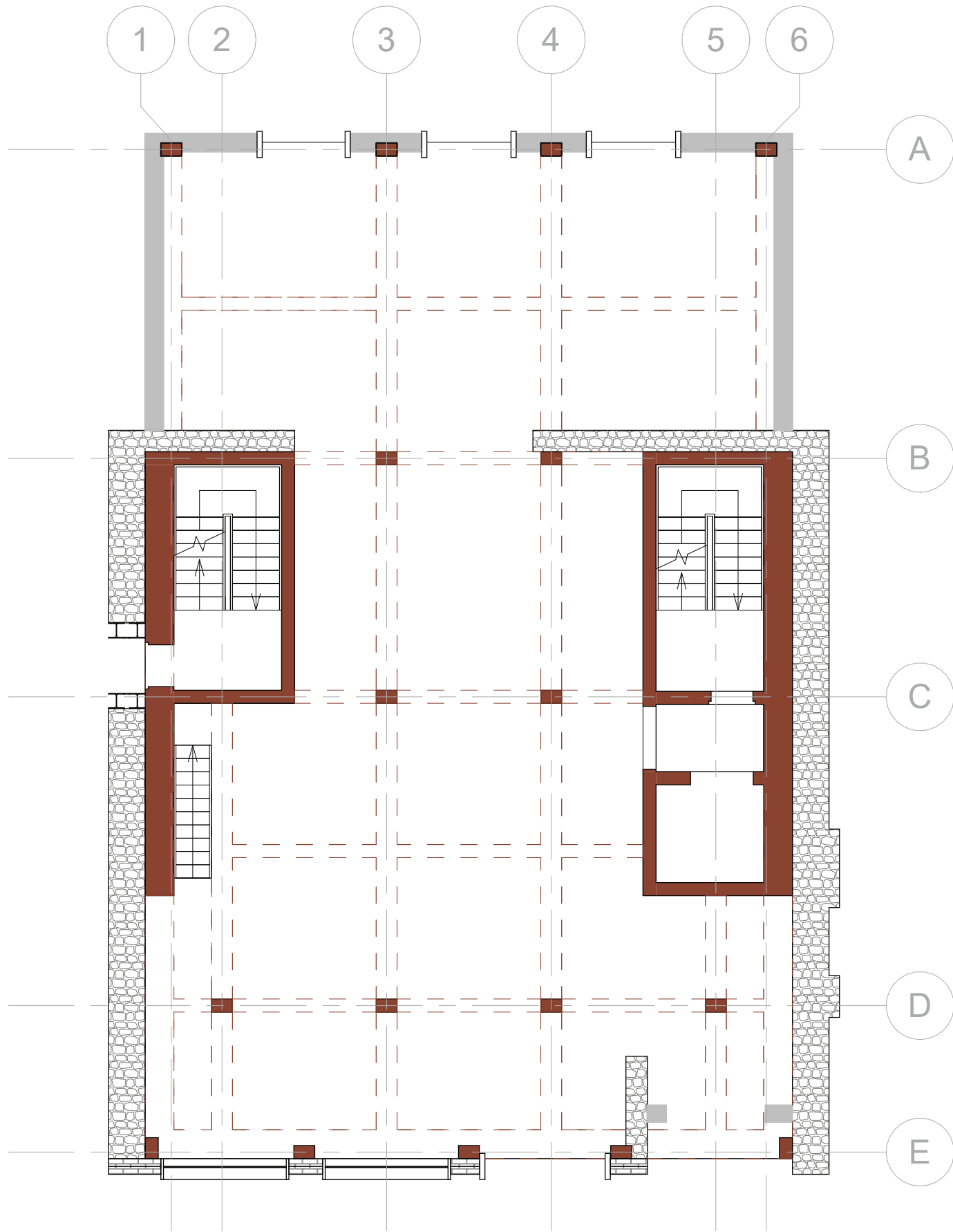
P3.05.04

Soluzioni strutturali e tecniche costruttive

Dal punto di vista strutturale, il nuovo edificio è realizzato mediante un sistema a pilastri e travi in calcestruzzo armato, integrato da setti e nuclei verticali in corrispondenza dei vani scala e dell'ascensore. Questi elementi costituiscono la struttura principale per l'assorbimento delle azioni orizzontali, mentre i solai rigidi in calcestruzzo garantiscono la distribuzione delle forze sull'intero organismo edilizio. La struttura è continua dal piano interrato fino alla copertura, assicurando un comportamento statico omogeneo e indipendente rispetto alla preesistenza storica. Tra le due parti è previsto un giunto strutturale, necessario per evitare la trasmissione dei carichi e consentire il comportamento autonomo del nuovo volume. La facciata storica non riceve quindi carichi verticali ed è stabilizzata mediante sistemi di ancoraggio localizzati. I due piani interrati si estendono al di sotto del nuovo edificio e proseguono sotto il cortile, collegandosi ai parcheggi esistenti dell'edificio adiacente e garantendo continuità funzionale e strutturale. Le fondazioni sono realizzate mediante pali, soluzione coerente con il contesto urbano denso e con la presenza di edifici limitrofi. I vani scala sono completamente chiusi, compartimentati e resistenti al fuoco, in conformità con il Code de construction du Québec e con il Code national du bâtiment. L'ascensore è collocato in un vano protetto e collega tutti i livelli, dagli interrati fino alla terrazza sommitale. La sequenza costruttiva prevede la messa in sicurezza della facciata storica, la demolizione delle parti interne compromesse, lo scavo e la realizzazione degli interrati, la costruzione della nuova struttura in calcestruzzo e, infine, la posa dell'involucro e delle finiture.

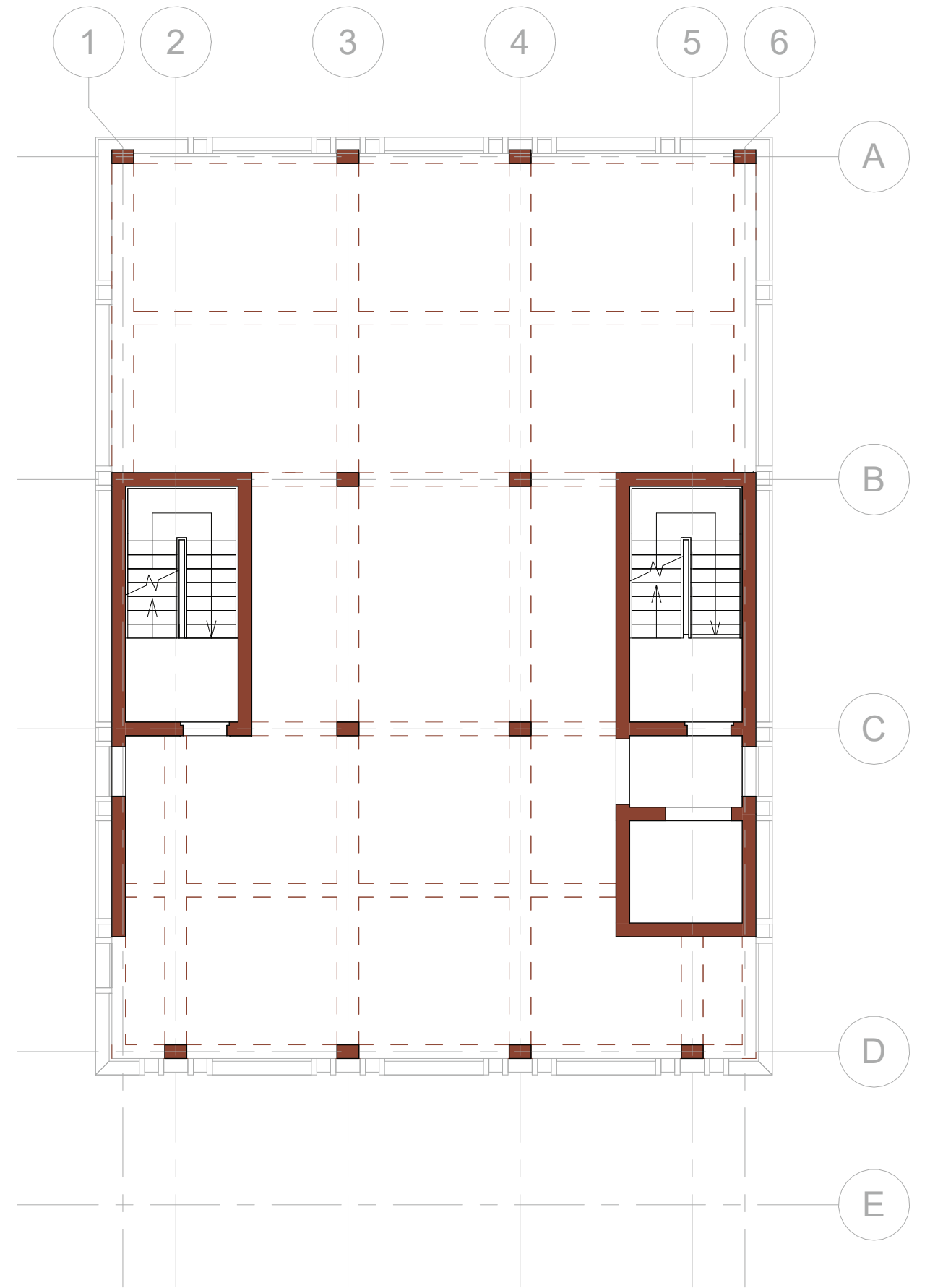


[Fig.101]



[Fig.102]

Pianta strutturale Piano terra
[138]



[Fig.103]

Pianta strutturale Piano tipo
[139]

P3.05.05

Linguaggi architettonici e dialogo con il contesto storico

Il linguaggio architettonico del nuovo intervento è definito da un carattere compatto, massivo e chiaramente riconoscibile, che non ricerca la mimesi con l'esistente, ma completa la presenza urbana dell'edificio attraverso un rapporto di contrasto controllato. Dal marciapiede di Rue McGill la percezione è duplice: la facciata storica rimane protagonista e continua a definire il fronte urbano, mentre il nuovo volume, arretrato e collocato oltre il coronamento, emerge come presenza secondaria ma leggibile. L'inversione tra pieni e vuoti costruisce una griglia regolare e più compatta rispetto alla preesistenza, rafforzando la profondità della facciata e la stratificazione degli elementi. Il vetro è utilizzato come superficie continua, mentre i pannelli lapidei introducono massa, colore e continuità materica in dialogo con la pietra storica. Nella lettura notturna, il nuovo volume si illumina dall'interno e attraverso un'illuminazione esterna controllata, configurandosi come una lanterna urbana arretrata, mentre la facciata storica viene valorizzata da un sistema luminoso dedicato. Il coronamento, risolto come dissolvenza del volume attraverso il solo proseguimento dei telai strutturali, è percepibile dalla strada e contribuisce a definire un profilo urbano riconoscibile, capace di dialogare con lo skyline del Vieux-Montréal e con gli edifici di maggiore altezza presenti nell'isolato.





[142]

[Fig.105]
[143]





[Fig.108]
[146]

[Fig.109]
[147]



[Fig.110]
[148]



[Fig.111]
[149]



[Fig.112]
[150]



[Fig.113]
[151]

PARTE IV

MODELLO ENERGETICO, VALUTAZIONI E CONCLUSIONI

Simulazione energetica, normativa e riflessioni finali



CAPITOLO 6

Metodologia di modellazione energetica e simulazione termo-fisica

P4.06.01

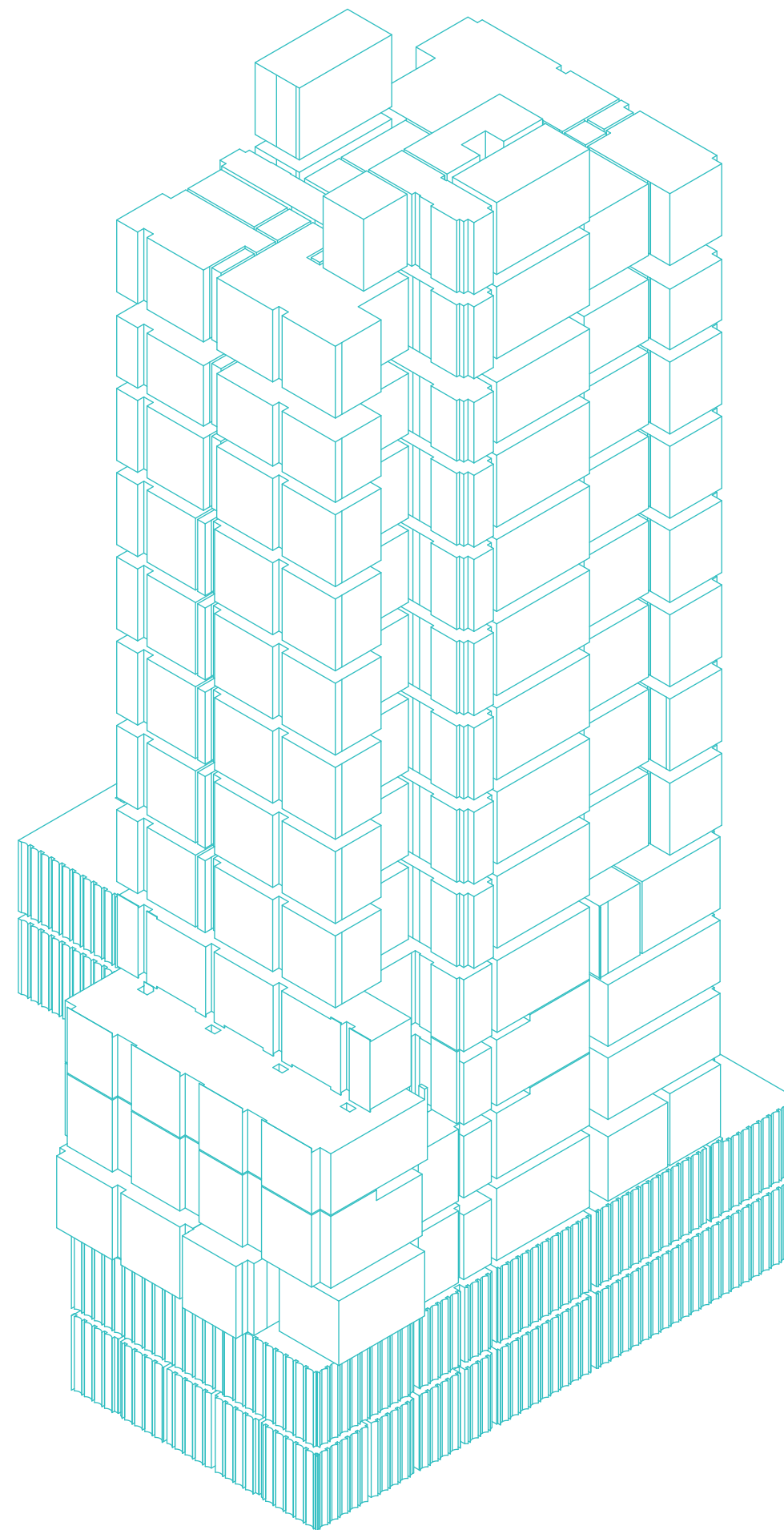
Inquadramento climatico e requisiti energetici di riferimento

La definizione del modello energetico dell'edificio è stata sviluppata all'interno di un quadro normativo articolato, costruito a partire dalle specificità climatiche, tecniche e regolative del contesto di Montréal. L'impostazione del lavoro si fonda sull'integrazione tra riferimenti prestazionali, requisiti energetici e condizioni di tutela del patrimonio, assumendo la normativa non come semplice vincolo prescrittivo, ma come strumento operativo capace di orientare le scelte progettuali e supportare la costruzione del modello di simulazione.

Dal punto di vista climatico, Montréal si colloca in un contesto caratterizzato da condizioni ambientali particolarmente severe, che incidono in modo determinante sul comportamento termo-fisico degli edifici. L'elevata escursione stagionale, la durata del periodo di riscaldamento e la prevalenza di condizioni invernali prolungate rendono prioritario il controllo delle dispersioni termiche e la qualità prestazionale dell'involucro edilizio. In questo scenario, la risposta progettuale si è orientata verso il miglioramento delle prestazioni dell'involucro, con l'obiettivo di ridurre le perdite energetiche, contenere i fabbisogni e garantire condizioni interne stabili.

Parallelamente, la gestione della ventilazione assume un ruolo strategico, sia per il controllo dei ricambi d'aria sia per il contenimento dei carichi energetici associati alla climatizzazione. Il riferimento normativo principale è costituito dal Code national de l'énergie pour les bâtiments (CNÉB 2020), che definisce i requisiti prestazionali per l'efficienza energetica degli edifici, affiancato da standard internazionali, quali quelli dell'ASHRAE, utilizzati per la definizione dei parametri di calcolo e delle condizioni operative.

L'approccio adottato è quindi di tipo prestazionale: consente di valutare il comportamento complessivo dell'edificio piuttosto che limitarsi al rispetto puntuale di singole prescrizioni. Questa impostazione risulta particolarmente adatta al caso di interventi su edifici esistenti in contesti soggetti a vincoli di conservazione, dove le soluzioni progettuali devono conciliare miglioramento energetico, compatibilità costruttiva e tutela dei valori patrimoniali. In questo senso, il quadro normativo non rappresenta un livello separato dal progetto, ma diventa parte integrante del processo, orientando le scelte e definendo i parametri entro cui sviluppare le successive fasi di simulazione.



Il CNÉB 2020 definisce i requisiti prestazionali per le componenti dell'involucro edilizio e per i sistemi impiantistici, stabilendo valori limite relativi alla trasmittanza termica, alla tenuta all'aria e all'efficienza degli impianti. Tuttavia, nel caso di interventi su edifici esistenti inseriti in contesti di valore storico, l'applicazione della normativa non può essere interpretata in modo rigidamente prescrittivo. In questo progetto, il ricorso al performance path ha rappresentato una scelta progettuale consapevole, adottata per superare i limiti imposti dal contesto e dimostrare il miglioramento complessivo delle prestazioni rispetto a un edificio di riferimento modellato secondo gli standard del CNÉB, attraverso l'utilizzo di un modello energetico BEM¹.

L'analisi ha evidenziato come i requisiti relativi all'involucro siano stati generalmente rispettati e, ove possibile, ulteriormente migliorati attraverso l'incremento delle prestazioni termo-isolanti, l'ottimizzazione degli spessori e la selezione dei materiali. Queste scelte hanno permesso di ridurre in modo significativo le dispersioni termiche, contribuendo al contenimento dei fabbisogni energetici.² In alcune porzioni limitate dell'edificio, tuttavia, i valori normativi non sono stati integralmente raggiunti, in particolare nelle aree in cui si è scelto di mantenere le murature storiche a vista. Tale decisione, circoscritta agli spazi del ristorante e degli uffici, risponde a esigenze di conservazione del valore architettonico e materico dell'edificio, introducendo una variazione controllata nel comportamento dell'involucro.³

Le prestazioni non pienamente conformi in questi ambiti sono state compensate attraverso strategie integrate, basate principalmente sull'elevata efficienza dei sistemi impiantistici, sulla specificità dei profili d'uso, sulla discontinuità di occupazione e sui carichi interni differenziati dei diversi ambienti. In questo modo è stato possibile preservare l'equilibrio complessivo del sistema energetico. Particolare attenzione è stata inoltre dedicata ai componenti trasparenti, completamente rinnovati, le cui caratteristiche prestazionali sono state definite in funzione dell'orientamento, degli apporti solari e delle esigenze di controllo dell'irraggiamento, contribuendo così al miglioramento del comportamento termo-energetico dell'edificio.⁴

Per quanto riguarda i sistemi impiantistici, i valori di efficienza previsti dalla normativa sono stati assunti come riferimento e implementati all'interno del modello energetico, garantendo coerenza tra parametri teorici e simulazione energetica. L'intero processo ha quindi permesso di verificare la conformità del progetto rispetto ai limiti normativi, ma soprattutto di dimostrare come sia possibile intervenire su un edificio esistente non pienamente conforme, orientando le scelte progettuali verso un equilibrio tra miglioramento energetico, conservazione del patrimonio e compatibilità con il contesto storico.

1 Il BEM, Building Energy Model, è un modello analitico dell'edificio utilizzato per simulare il comportamento energetico del sistema edilizio. Esso consente di valutare fabbisogni, dispersioni, carichi termici e prestazioni impiantistiche sulla base delle caratteristiche geometriche, costruttive, climatiche e d'uso dell'edificio.

2 Le prestazioni termo-isolanti dell'involucro sono generalmente valutate attraverso la trasmittanza termica, espressa in W/m²K, che indica la quantità di calore dispersa attraverso un elemento edilizio per unità di superficie e per differenza unitaria di temperatura tra interno ed esterno. Valori più bassi corrispondono a una maggiore capacità isolante.

3 Nel caso di edifici esistenti o sottoposti a vincoli di tutela, il mancato raggiungimento puntuale di alcuni valori prestazionali può essere valutato all'interno di una verifica complessiva dell'edificio. In questi casi, l'obiettivo non è la semplice applicazione uniforme del requisito, ma il raggiungimento di un equilibrio tra miglioramento energetico, conservazione materica e compatibilità dell'intervento.

4 I componenti trasparenti incidono sul comportamento energetico dell'edificio non solo attraverso la trasmittanza termica del serramento, ma anche mediante il fattore solare, la permeabilità all'aria e la capacità di controllare l'ingresso della radiazione solare. La loro definizione richiede quindi una valutazione tra isolamento, illuminazione naturale, comfort interno e controllo dei carichi estivi.

Requisiti minimi da normativa
Montréal – Climate Zone 6 (NECB 2020 / Québec)

INVOLUCRO OPACO

Elemento	Valore minimo richiesto	Equivalente U (W/m²K)
Pareti esterne opache	RSI 4.17 (R -23.7)	$U \leq 0.240$
Pareti contro terra	RSI 3.52 (R-20.0)	$U \leq 0.284$
Coperture piane	RSI 7.25 (R-41.2)	$U \leq 0.138$
Coperture inclinate	RSI 7.25 (R-41.2)	$U \leq 0.138$
Pavimento su spazio non riscaldato	RSI 6.41 (R -36.4)	$U \leq 0.156$

[Fig.116]

COMPONENTI TRASPARENTI

Elemento	Valore massimo
Finestre verticali	$U \leq 1.73 \text{ W/m}^2\text{K}$
SHGC (fattore solare)	≤ 0.40 (dipende orientamento)
Curtain wall	$U \leq 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Porte vetrate	$U \leq 2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$
Skylight	$U \leq 2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$

[Fig.117]

IMPIANTI HVAC – EFFICIENZE MINIME

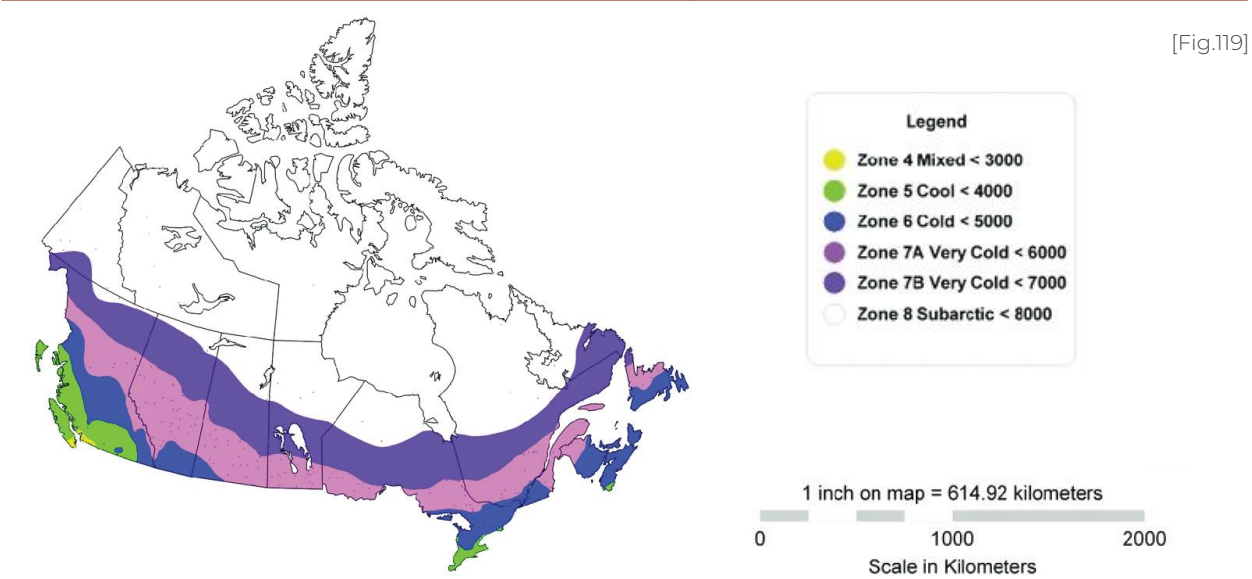
Sistema	Efficienza minima
Caldaia gas >300 kW	$\geq 90\%$
Caldaia condensazione	$\geq 94\%$
Pompa di calore aria -aria	$\text{COP} \geq 3.0$
Chiller elettrico	$\text{COP} \geq 5.5$
Recupero calore ventilazione	$\geq 60\%$

[Fig.118]

ILLUMINAZIONE

Parametro	Requisito
Lighting Power Density uffici	$\leq 8.6 \text{ W/m}^2$
Ristoranti	$\leq 11 \text{ W/m}^2$
Residenziale corridoi	$\leq 6 \text{ W/m}^2$
Obbligo controlli automatici	

[Fig.119]

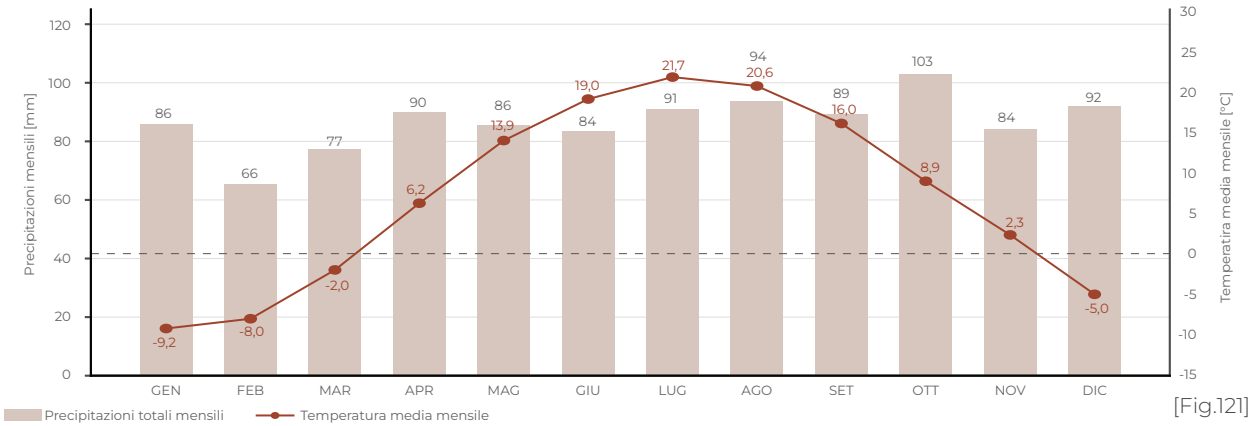


[Fig.120]

Montréal oggi: un clima continentale freddo-umido

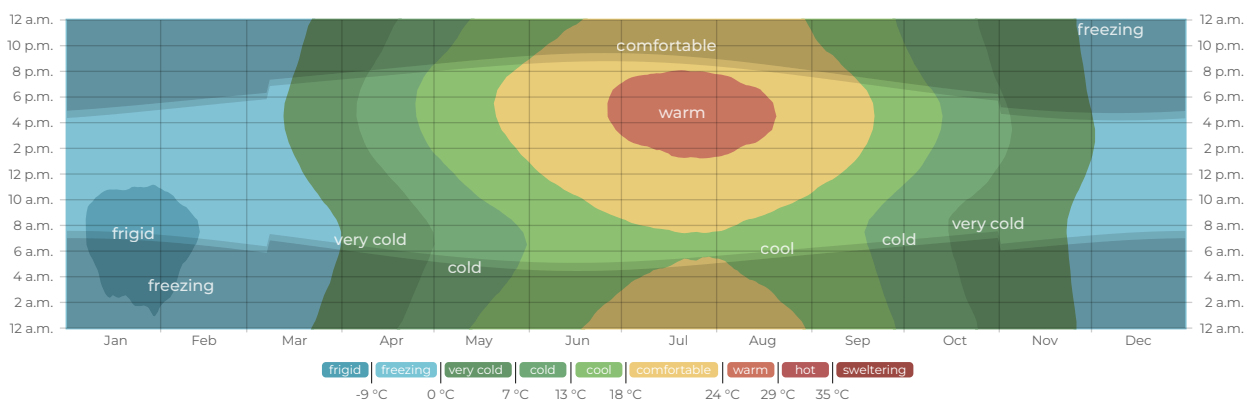
Dati fisici per l'involucro, il modello energetico e la riqualificazione del patrimonio storico

Profilo termo-pluviometrico mensile



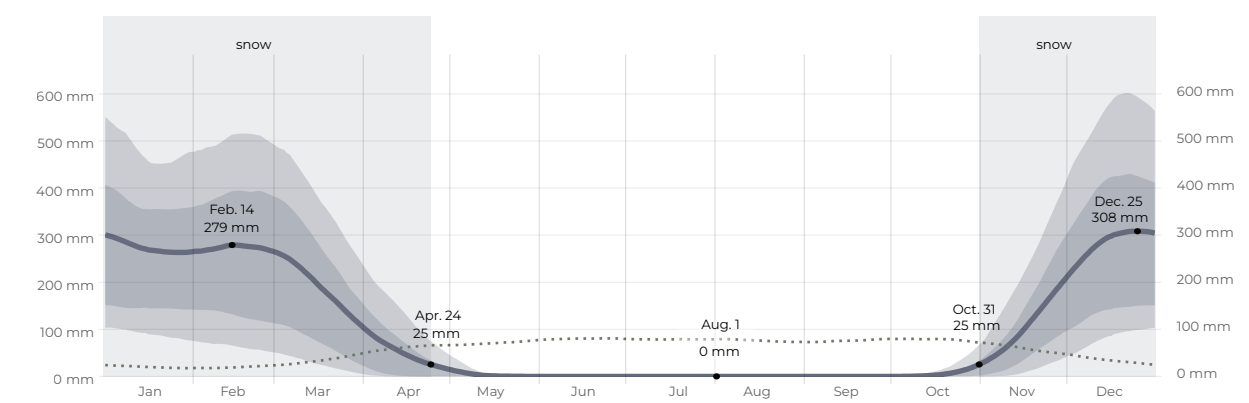
Fonte: Environment and Climate Change Canada, Canadian Climate Normals 1991–2020. Valori: temperatura media mensile e precipitazione totale mensile.

Temperatura media oraria



La temperatura media oraria, codificata per fasce cromatiche. Le aree ombreggiate indicano la notte e il crepuscolo civile.

Nevicate medie mensili



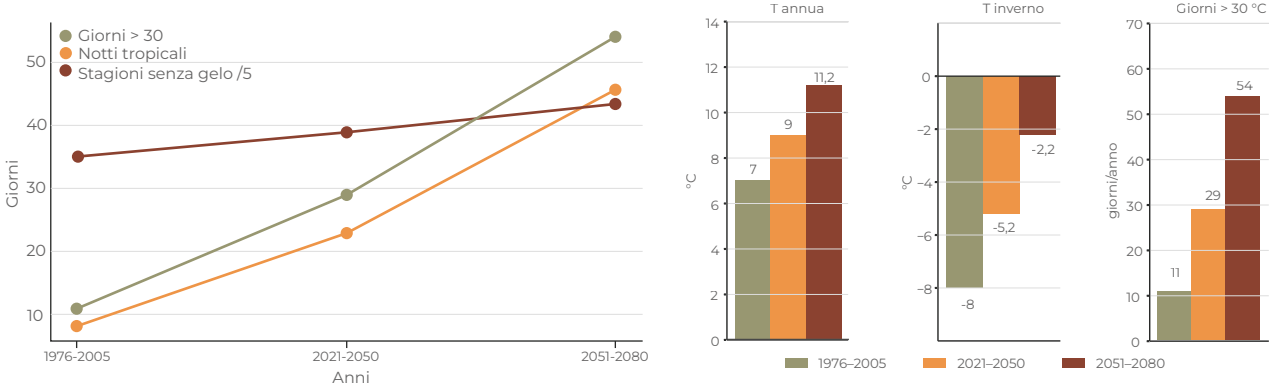
La nevicata media (linea continua) accumulata nel corso di un periodo mobile di 31 giorni centrato sul giorno considerato, con fasce percentili dal 25° al 75° e dal 10° al 90°. La linea sottile tratteggiata indica la corrispondente pioggia media.

Clima e strategie di progetto per Montréal

Fenomeno climatico	Dato chiave	Effetto fisico sull'edificio	Risposta progettuale
Inverno prolungato	HDD18 = 4.363 °C-g; 62,9 gg con Tmin < -10 °C	forti dispersioni, ponti termici, comfort radiante critico	continuità dell'isolamento, tenuta all'aria, VMC con recupero
Neve + acqua	209,5 cm neve/a; 1.000 mm precipitazioni/a	imbibizione, accumulo, degrado di giunti e coronamenti	drenaggio, gocciolatoi, protezione facciate, dettagli ispezionabili
Estate caldo-umida	stagione senza gelo 175 → 195 → 217 giorni	overheating, umidità interna, maggiore domanda di raffrescamento	schermature, controllo solare, deumidificazione e ventilazione
Vento e facciate	vento medio 14,4 km/h; direzione prevalente Ovest	infiltrazioni, raffreddamento superficiale, pioggia battente	serramenti performanti, sigillature, verifica dei nodi esposti

Montréal 2050: proiezione climatica secondo Climate Atlas

Scenario RCP8.5, periodo 2021-2050, con traiettoria di confronto verso 2051-2080



Tra 1976-2005 e 2021-2050 i giorni >30 °C, passano da 11 a 29/anno; nel 2051-2080 arrivano a 54/anno nello scenario high-carbon. Progressivo riscaldamento del clima: aumento della temperatura media annua, inverni meno rigidi e crescita marcata dei giorni con temperature superiori a 30 °C.

Dati Climate Atlas - Municipality Montréal, RCP8.5, valori medi

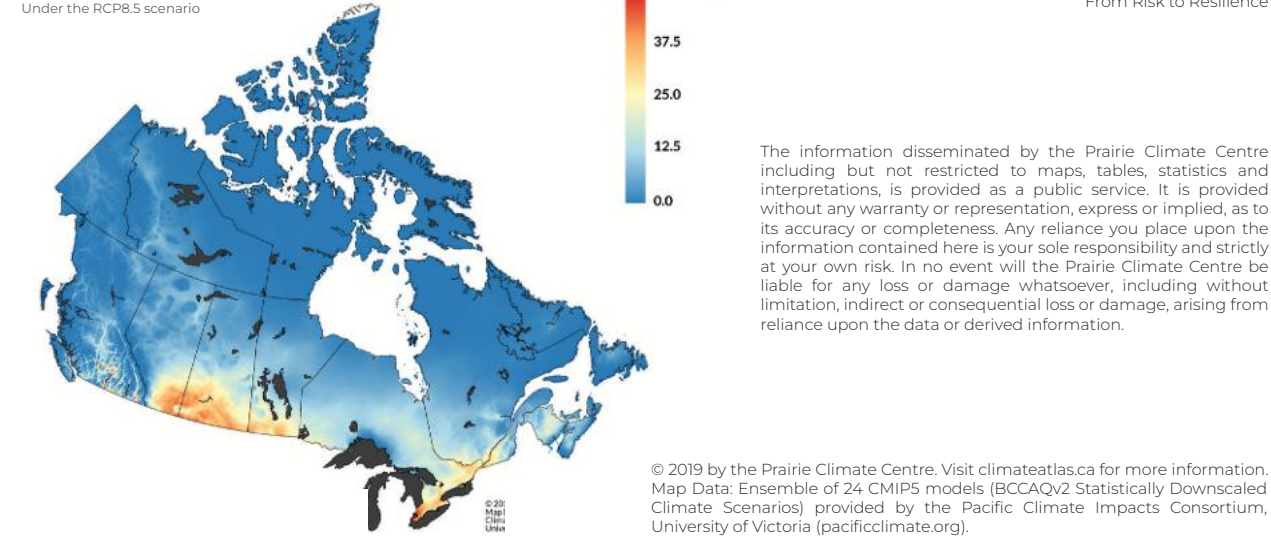
Fenomeno	Dato climatico	Effetto fisico	Risposta progettuale
Surriscaldamento estivo	Very hot days: 11 → 29 → 54 gg/a; tropical nights: 8 → 23 → 45 gg/a	maggiori picchi di raffrescamento e minore scarico notturno	schermature, basso SHGC, ventilazione controllata, controllo per zone
Acqua e fase mista	precipitazioni annue 998 → 1.066 → 1.108 mm; inverno 229 → 254 → 275 mm	più acqua su facciate fredde, coperture e dettagli storici	drenaggi ridondanti, soglie protette, materiali compatibili
Transizione climatica	stagione senza gelo 175 → 195 → 217 giorni	stagioni intermedie più lunghe e comfort variabile	sistemi reversibili, regolazione fine, uso passivo del sole
Patrimonio e impianti	meno freddo estremo ma più caldo e umidità	interventi solo invernali rischiano di essere sottodimensionati	pompa di calore, recupero, deumidificazione, dettagli reversibili

Dati Climate Atlas - Municipality Montréal, RCP8.5, valori medi

Parametro	1976-2005	2021-2050	2051-2080
Precipitazioni annue (mm)	998	1066	1108
T media annua (°C)	6,9	9,0	11,3
Giorni >30 °C (gg/a)	11	29	54
Notti tropicali (gg/a)	8	23	45
Stagione senza gelo (gg)	175	195	217

Fonti: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada, Municipality Montréal, Report v2, RCP8.5 high-carbon scenario; map "2021-2050 Projected Average Annual Number of +30°C Days", ClimateAtlas.ca, variable Very Hot Days (+30 °C), 2021-2050, RCP8.5; Pacific Climate Impacts Consortium data, BCCAQv2 statistically downscaled CMIP5 climate scenarios.

2021-2050 Projected Average Annual Number of +30°C



The information disseminated by the Prairie Climate Centre including but not restricted to maps, tables, statistics and interpretations, is provided as a public service. It is provided without any warranty or representation, express or implied, as to its accuracy or completeness. Any reliance you place upon the information contained here is your sole responsibility and strictly at your own risk. In no event will the Prairie Climate Centre be liable for any loss or damage whatsoever, including without limitation, indirect or consequential loss or damage, arising from reliance upon the data or derived information.

© 2019 by the Prairie Climate Centre. Visit climateatlas.ca for more information. Map Data: Ensemble of 24 CMIP5 models (BCCAQv2 Statistically Downscaled Climate Scenarios) provided by the Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria (pacificclimate.org).

Costruzione del modello BEM e ipotesi di simulazione

Il BEM è stato utilizzato come strumento comparativo per valutare l'effetto delle strategie di riqualificazione sull'involucro, sui fabbisogni energetici e sul comportamento complessivo dell'edificio nel clima di Montréal.

Dal modello architettonico al modello energetico



02. Semplificazione del BEM

03. Validazione geometrica

04. Zonizzazione termica

05. Proprietà termo-fisiche

Stratigrafie, materiali, serramenti e sistemi di schermatura sono stati assegnati o ri-assegnati in TerMus BIM in funzione delle caratteristiche costruttive del progetto e degli scenari analizzati. In questo modo il modello diventa uno strumento coerente per confrontare le prestazioni dello stato di fatto e delle configurazioni di intervento.

Sistemi impiantistici, energia primaria e indicatori di confronto

Il fabbisogno utile rappresenta l'energia termica richiesta dagli ambienti. Per ottenere consumi e indicatori energetici, il modello introduce poi i sistemi impiantistici: emissione, regolazione, distribuzione, accumulo, generazione e vettori energetici. Questa distinzione è essenziale perché permette di separare il comportamento dell'involucro dalle prestazioni dei sistemi.

1. Energia consegnata al sistema

$$E_{\text{del}} = Q_{\text{nd}} / \eta_{\text{sys}} + E_{\text{aux}}$$

Passaggio dal fabbisogno utile all'energia richiesta dai sistemi, includendo rendimenti e ausiliari.

- Ed_{el} = energia consegnata al sistema energetico dell'edificio kWh
- Q_{nd} = fabbisogno utile di energia termica dell'edificio kWh
- η_{sys} = rendimento globale medio del sistema impiantistico
- E_{aux} = energia elettrica ausiliaria per il funzionamento dei sistemi kWh
- Q_{nd} / η_{sys} = quota di energia richiesta al sistema per coprire il fabbisogno utile, tenendo conto delle perdite impiantistiche kWh

2. Energia primaria

$$EP = [\Sigma(Edel,k \cdot fp,k) - \Sigma(Eexp,k \cdot fp,k)] / Aref$$

Converte i vettori energetici in energia primaria e considera eventuale energia esportata.

- EP = indice di energia primaria kWh/m²/anno
- Edel,k = energia consegnata all'edificio dal vettore energetico k-esimo kWh
- Eexp,k = energia esportata verso l'esterno k-esimo kWh
- fp,k = fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico
- Aref = superficie utile di riferimento m²
- k = indice riferito al singolo vettore energetico considerato
- Σ(Edel,k · fp,k) = energia primaria complessiva associata ai vettori energetici in ingresso kWh
- Σ(Eexp,k · fp,k) = energia primaria associata all'energia esportata, sottratta dal bilancio complessivo kWh

3. Acqua calda sanitaria

$$Q_{W,nd} = \rho_w \cdot c_w \cdot V_W \cdot (\theta_{er} - \theta_{ing})$$

Stima l'energia utile per portare l'acqua dalla temperatura di ingresso a quella di erogazione.

- QW_{nd} = fabbisogno utile di energia termica per ACS Wh
- ρ_w = densità dell'acqua kg/m³
- c_w = calore specifico dell'acqua Wh/kgK
- V_W = volume di acqua calda sanitaria richiesto nel periodo di calcolo m³
- θ_{er} = temperatura di erogazione dell'acqua calda sanitaria °C
- θ_{ing} = temperatura dell'acqua fredda in ingresso dalla rete °C
- θ_{er} - θ_{ing} = salto termico necessario per portare l'acqua dalla temperatura di ingresso alla temperatura di erogazione K oppure °C

4. Illuminazione non residenziale

$$EL = P_n \cdot F_c \cdot F_o \cdot t / 1000$$

Indicatore utile per uffici, palestra e ristorante, dove l'illuminazione incide sui carichi interni.

- EL = energia elettrica richiesta per l'illuminazione artificiale kWh
- Pn = potenza nominale installata dell'impianto di illuminazione W
- Fc = fattore di controllo dell'illuminazione, legato alla regolazione e all'eventuale contributo della luce naturale -
- Fo = fattore di occupazione, legato alla presenza degli utenti e al tempo effettivo di utilizzo degli ambienti -
- t = tempo di funzionamento dell'impianto di illuminazione nel periodo considerato h
- 1000 = coefficiente di conversione da Wh a kWh

Controlli del modello e criteri di lettura dei risultati

Per rendere il BEM affidabile, la costruzione del modello deve essere accompagnata da controlli geometrici e prestazionali. Questa fase è particolarmente importante nel caso di un edificio storico, dove materiali, stratigrafie e condizioni di esercizio possono essere ricostruiti solo attraverso rilievo, fonti documentarie e assunzioni dichiarate.

01. Geometria e superfici disperdenti

Verifica della chiusura dei volumi, della continuità dell'involucro e della corretta distinzione tra superfici verso esterno, terreno e ambienti non climatizzati.

02. Materiali e stratigrafie

Riassegnazione delle proprietà termo-fisiche quando l'importazione IFC non conserva correttamente le informazioni energetiche.

03. Ventilazione e infiltrazioni

Definizione di valori coerenti con il tipo di ambiente e con il livello di tenuta previsto dagli interventi.

04. Zone termiche

Controllo della coerenza tra destinazione d'uso, setpoint, orari di occupazione e servizi attivi.

05. Ponti termici e serramenti

Verifica dei nodi involucro-serramento, parete-solaio e parete-copertura, con particolare attenzione alle parti storiche.

06. Ombreggiamenti

Valutazione di edifici adiacenti, arretramenti, logge, aggetti e schermature che modificano gli apporti solari.

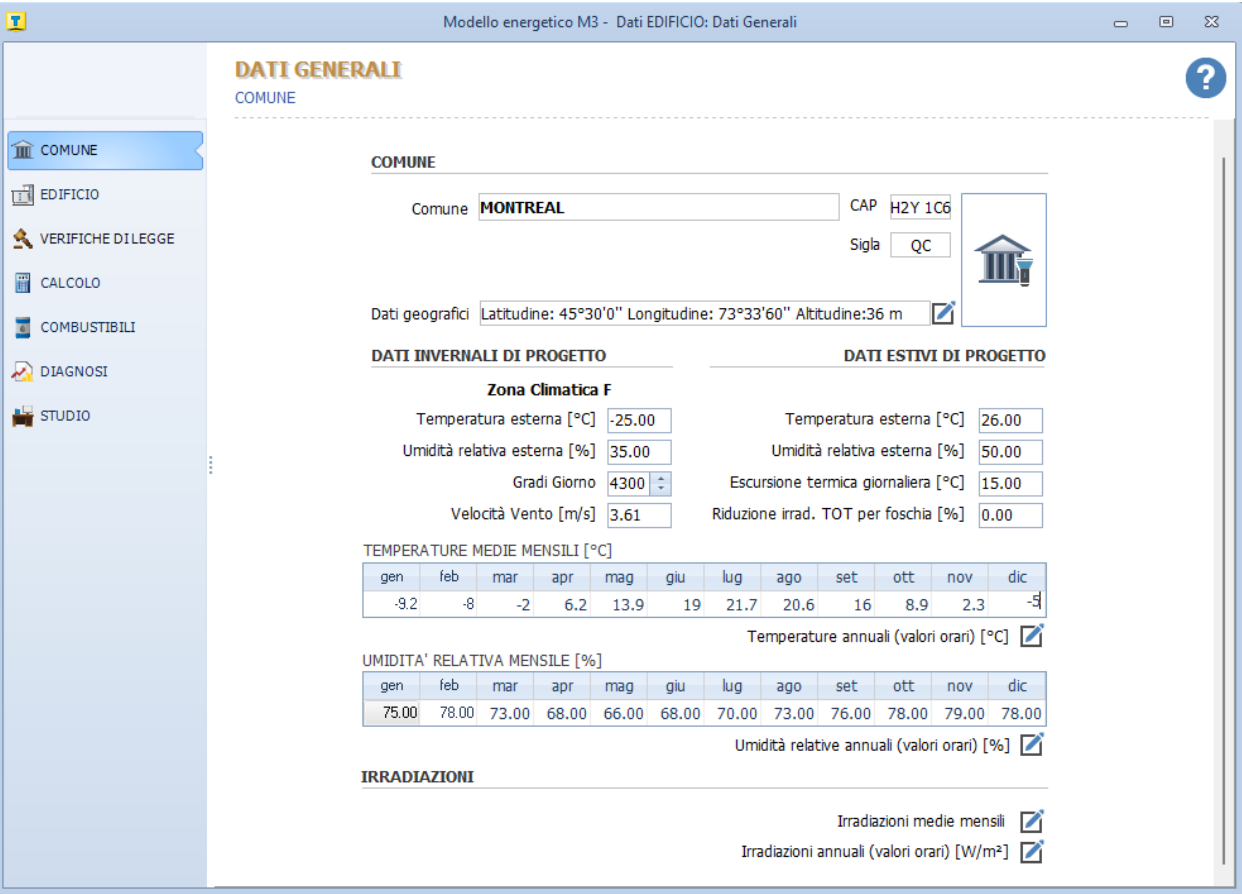
Limiti metodologici

Il modello adotta un approccio mensile quasi-stazionario: non restituisce l'andamento orario dei carichi, non descrive fenomeni dinamici di breve periodo e non sostituisce una simulazione termo-energetica oraria. I risultati sono quindi utilizzati per confrontare scenari e strategie, non per descrivere il comportamento reale minuto per minuto. Nel caso canadese, la simulazione va inoltre letta come supporto prestazionale e non come verifica normativa completa NECB/ASHRAE.

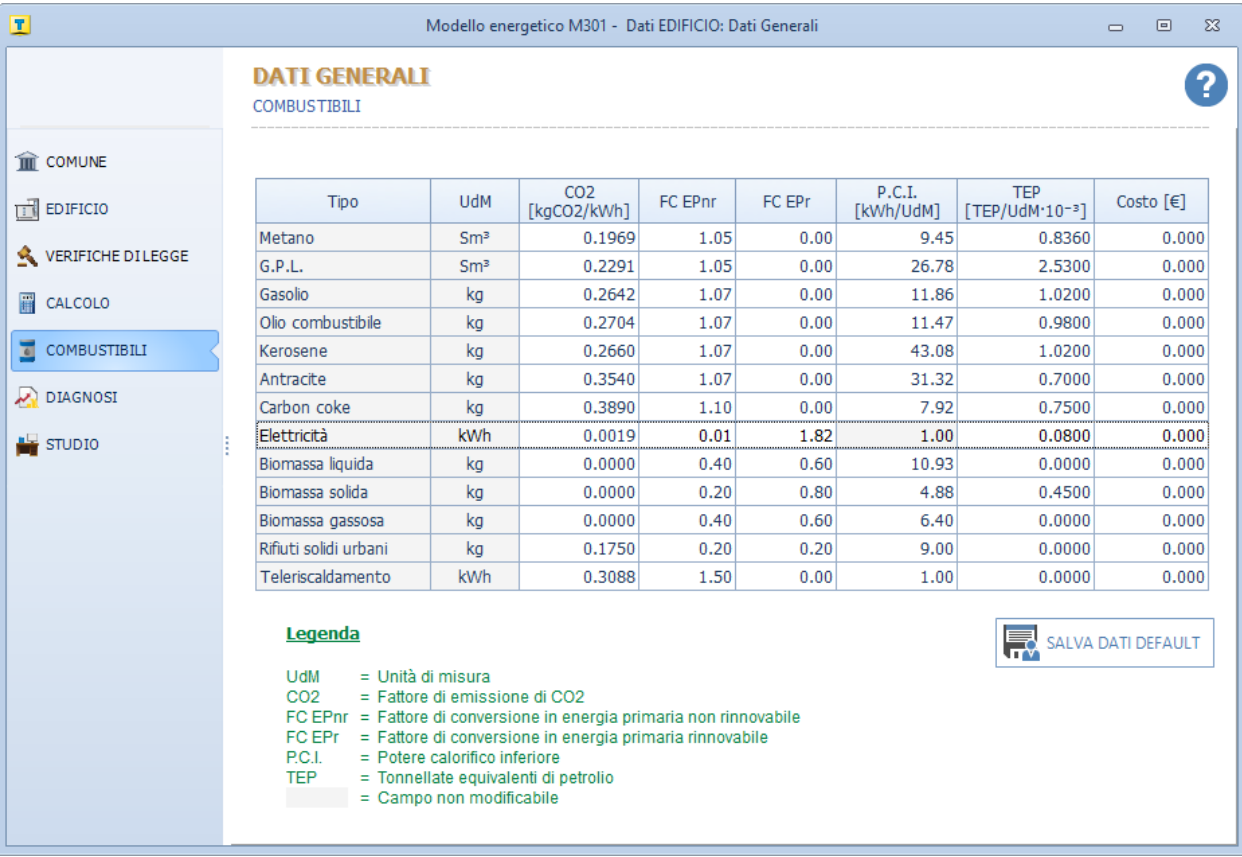
Criteri di confronto finale

I risultati dovranno essere letti attraverso una matrice sintetica: riduzione dei fabbisogni, energia primaria, emissioni operative, comfort estivo, compatibilità patrimoniale, reversibilità degli interventi e coerenza con la strategia low-carbon. In questo modo la parte fisico-tecnica non rimane separata dal progetto architettonico, ma diventa uno strumento per motivare le scelte di trasformazione.

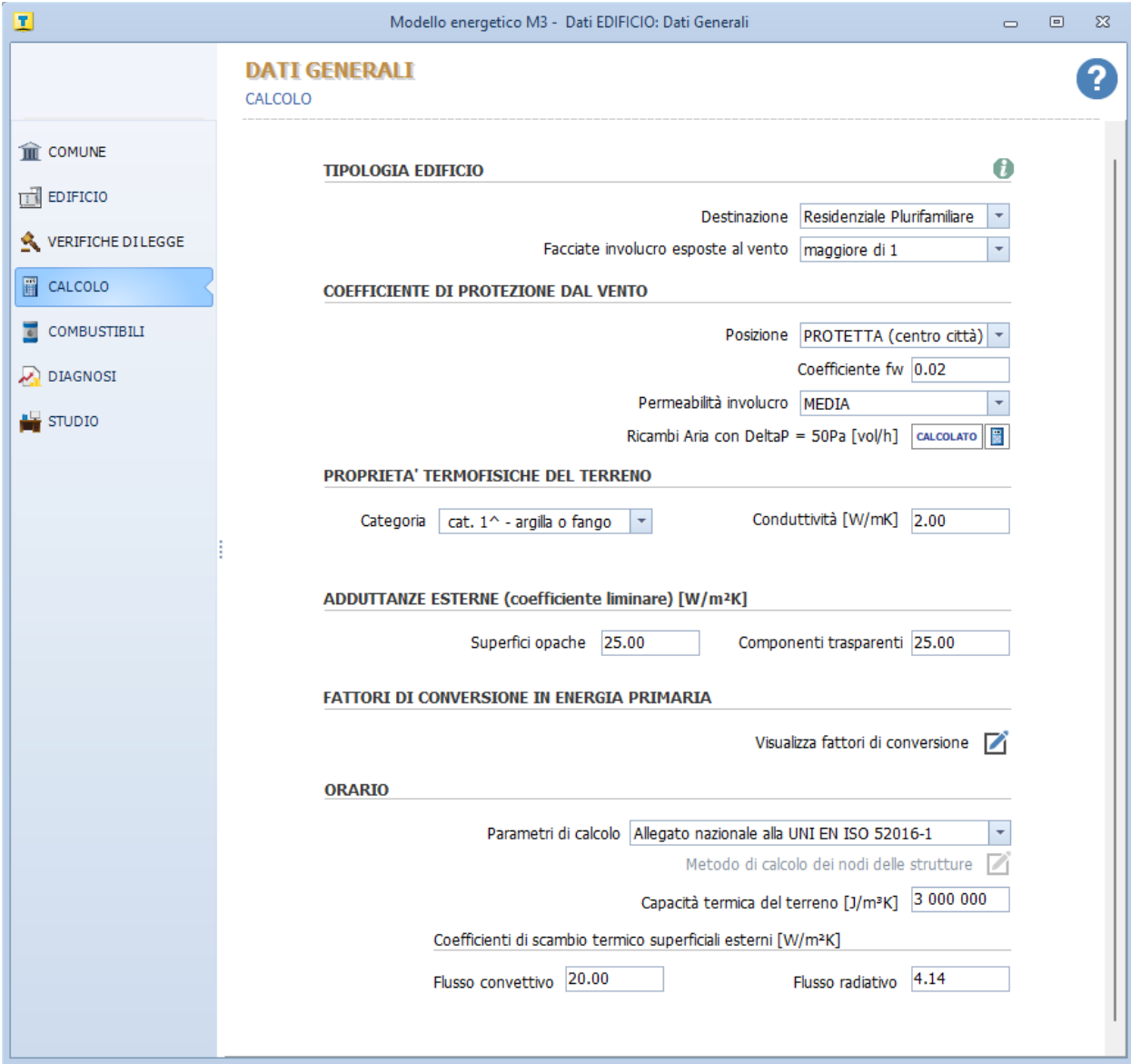
Impostazione dei parametri generali di progetto all'interno del software TerMus BIM



[Fig.131]



[Fig.132]



[Fig.133]

[Fig.131] Impostazione dei dati generali e climatici del modello energetico in TerMus BIM. La schermata mostra la definizione del Comune di riferimento, dei dati geografici e delle principali condizioni climatiche esterne utilizzate dal software per la simulazione energetica, tra cui temperatura esterna, umidità relativa, velocità del vento e irradiazione solare.

[Fig.132] Configurazione dei combustibili e dei fattori di conversione energetica. La schermata riporta l'elenco dei vettori energetici considerati dal software, con le relative unità di misura, i fattori di emissione di CO₂ e i coefficienti di conversione in energia primaria rinnovabile e non rinnovabile, necessari alla valutazione dei consumi e dell'impatto energetico-ambientale dell'edificio. Per la definizione dei parametri relativi all'elettricità è stato assunto un fattore di emissione specifico per il Québec, in coerenza con l'impostazione del Code national de l'énergie pour les bâtiments. Il valore adottato è pari a 0,38 gCO₂e/kWh, corrispondente a 0,00038 kgCO₂e/kWh, riportato dal codice per l'elettricità consumata in Québec. Tale parametro è stato convertito in kgCO₂e/kWh per garantire la compatibilità con il modello energetico utilizzato. I fattori FC EPnr e FC EPr non sono definiti direttamente dalla normativa canadese secondo la distinzione italiana tra energia primaria non rinnovabile ed energia primaria rinnovabile. Per questo motivo sono stati ricavati attraverso un adattamento metodologico: è stato assunto il fattore canadese di conversione tra energia finale ed energia primaria per l'elettricità di rete, pari a 1,83, e successivamente ripartito in funzione del mix elettrico del Québec. Considerando che nel 2025 la produzione elettrica del Québec risultava costituita per il 99,6% da fonti rinnovabili, il fattore complessivo è stato suddiviso in FC EPr = 1,83 × 0,996 = 1,82 e FC EPnr = 1,83 × 0,004 = 0,01.

National Research Council Canada. Code national de l'énergie pour les bâtiments. Canada 2025. Division B, Partie 11, article 11.4.2.1, tableau 11.4.2.1-A. Fattori di emissione GES per l'elettricità per provincia; Québec: 0,38 gCO₂e/kWh.

[Fig.133] Definizione dei parametri generali di calcolo per la valutazione energetica. La schermata mostra l'impostazione della destinazione d'uso, della tipologia edilizia, del grado di protezione dal vento, delle proprietà termo-fisiche del terreno, delle adduttanze superficiali e dei parametri normativi adottati per il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio.

Comune	Montreal
Provincia	QC
Contesto	Centro urbano
Zona climatica	6A
Anno di costruzione	2025
N° piani climatizzati	12
Destinazione d'uso	Mista

Dati geografici	Latitudine: 45°30'02.8" Longitudine: 73°33'29.6" Altitudine: 28m
-----------------	--

Dati invernali di progetto		Dati estivi di progetto	
Temperatura esterna [°C]	-23	Temperatura esterna [°C]	30
Umidità relativa esterna [%]	65	Umidità relativa esterna [%]	52
Gradi giorno	4300	Escursione termica giorn. [°C]	10
Velocità del vento [m/s]	5	Temp. interna di progetto [°C]	26
Temp. interna di progetto [°C]	20		

Temperature medie mensili [°C]											
gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
-9.2	-8.0	-2.0	6.2	13.9	19.0	21.7	20.6	16.0	8.9	2.3	-5.0

Umidità relativa mensile [%]											
gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
75.00	78.00	73.00	68.00	66.00	68.00	70.00	73.00	76.00	78.00	79.00	78.00

[Fig.134]



[Fig.135]

435 Rue McGill

- E1 - Appartamenti

Riscaldamento

Raffrescamento

ACS

Ventilazione
- E1 - Aree comuni

Riscaldamento

Raffrescamento

Ventilazione
- E2 - Uffici

Riscaldamento

Raffrescamento

ACS

Ventilazione
- E6 - Palestra

Riscaldamento

Raffrescamento

ACS

Ventilazione
- E4 - Ristorante

Riscaldamento

Raffrescamento

ACS

Ventilazione
- Ambiente non climatizzato

[Fig.136]

Zona termica a destinazione residenziale continuativa (E1), climatizzata sia in regime invernale che estivo. Temperatura interna di progetto pari a 20°C in inverno e 26°C in estate, con umidità relativa del 50%. Il profilo di utilizzo è di tipo residenziale, con presenza continuativa di occupanti.

Zona termica a servizio delle parti comuni dell'edificio residenziale (corridoi, vani scala, spazi distributivi). Condizioni interne di progetto: 20°C in inverno e 26°C in estate, UR 50%. Gestione impiantistica con profilo generico e funzionamento non continuativo rispetto alle unità abitative.

Zona termica a destinazione direzionale (E2 – uffici e assimilabili). Climatizzazione invernale ed estiva con temperature di progetto pari a 20°C (inverno) e 26°C (estate) e UR 50%. Profilo di utilizzo caratterizzato da occupazione diurna e carichi interni significativi (persone, apparecchiature, illuminazione), dei servizi igienici.

Zona termica a destinazione sportiva (E6). Climatizzazione invernale ed estiva con temperatura interna di progetto pari a 20°C in inverno e 26°C in estate, UR 50%. Profilo di utilizzo con affollamento variabile e carichi metabolici elevati.

Zona termica a destinazione ristorazione (E4). Condizioni interne di progetto: 20 °C in inverno e 26 °C in estate, UR 50%. Profilo di utilizzo specifico “Ristorante-Bar”, con elevati carichi interni dovuti ad affollamento e apporti da attrezzature.

Zona non dotata di impianto di climatizzazione attiva. Non sono previsti apporti impiantistici di riscaldamento o raffrescamento; l'ambiente funge da spazio tampone rispetto alle zone climatizzate, influenzando le dispersioni termiche dell'involucro.

Orientamento delle unità abitative e strategie climatiche preliminari

L'orientamento delle unità abitative costituisce uno dei primi criteri per impostare il rapporto tra progetto architettonico, comfort interno e comportamento climatico dell'edificio. Nel contesto del Vieux-Montréal, dove facciate, allineamenti, profondità del lotto e tessuto storico riducono la libertà di trasformazione, l'esposizione solare diventa un parametro progettuale da controllare, più che un semplice dato geometrico.

SUD — Apporto solare favorevole

È l'esposizione più utile nel periodo invernale, perché consente di sfruttare la radiazione diretta quando il sole è più basso. È adatta a soggiorni, cucine e spazi abitativi di permanenza.

Strategia: Controllare il guadagno estivo con arretramenti, logge, schermature integrate, vetri selettivi e massa interna capace di accumulare e dissipare calore.

EST — Condizione mattutina equilibrata

L'irraggiamento è prevalente nelle ore del mattino e risulta generalmente meno critico rispetto all'esposizione occidentale. È adatto a residenze e spazi di lavoro diurno.

Strategia: Utilizzare questa esposizione per unità compatte, uffici e ambienti con carichi interni medi, garantendo luce naturale e controllo dell'abbagliamento.

NORD — Involucro più protetto

Riceve luce più omogenea ma un apporto solare ridotto. È quindi più sensibile alle dispersioni termiche e alla qualità dell'involucro, soprattutto in inverno.

Strategia: Destinare a camere, servizi, distribuzioni e spazi di supporto; limitare superfici vetrate estese e curare serramenti, ponti termici e isolamento compatibile.

OVEST — Radiazione pomeridiana

Nei mesi caldi è l'esposizione più delicata, perché riceve radiazione nelle ore in cui la temperatura esterna è già elevata, aumentando il rischio di surriscaldamento.

Strategia: Prevedere schermature più efficaci, preferibilmente mobili o regolabili; evitare vetrate non protette e inserire filtri, logge o spazi tampone dove possibile.

Distribuzione interna

Collocare gli ambienti principali dove l'apporto solare e la qualità della luce risultano più favorevoli; usare spazi serventi, distribuzioni e locali tecnici come fasce di mediazione climatica.

Profondità delle unità

Controllare la profondità degli alloggi per evitare ambienti troppo profondi, poco illuminati o difficili da ventilare; privilegiare configurazioni che favoriscano luce naturale e comfort passivo.

Facciata e aperture

Modulare il rapporto pieni/vuoti in funzione dell'esposizione, senza massimizzare indiscriminatamente le superfici vetrate; la facciata deve bilanciare apporto solare, dispersione e controllo estivo.

Schermature solari

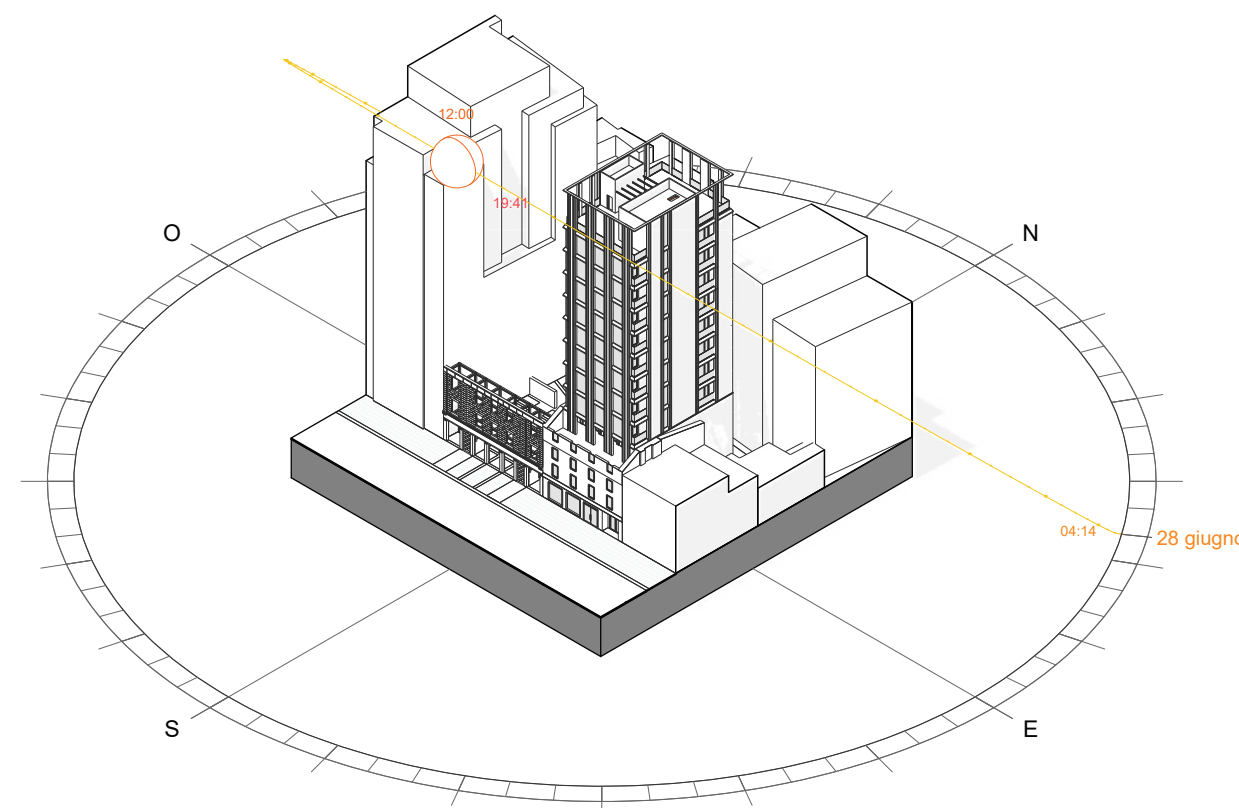
Integrare sistemi di protezione differenziati: più orizzontali e controllabili a Sud, più efficaci e regolabili a Ovest, più leggeri a Est, ridotti o selettivi a Nord.

Involucro storico

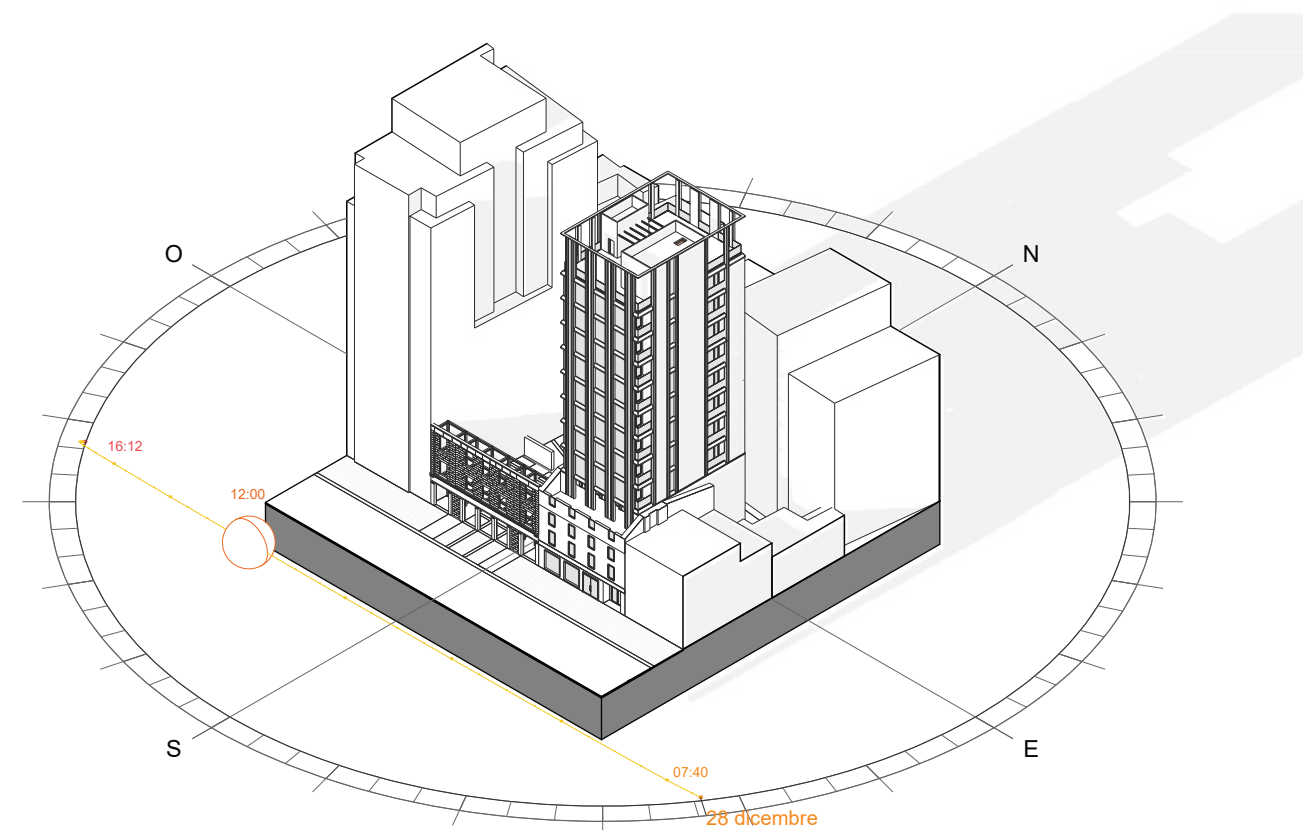
Nel recupero del patrimonio esistente, le strategie passive devono restare compatibili con la conservazione della facciata, la reversibilità degli interventi e la leggibilità del tessuto storico.

Obiettivo energetico

L'orientamento non sostituisce il modello BEM, ma anticipa le scelte da verificare quantitativamente: riduzione delle dispersioni invernali, controllo dei carichi estivi e migliore qualità degli spazi abitati.



[Fig.137] Diagramma estivo – 28 giugno
Il diagramma estivo rappresenta il comportamento dell'edificio durante il periodo di massima altezza solare.



[Fig.138] Diagramma invernale – 28 dicembre
Il diagramma invernale mostra invece la condizione opposta, caratterizzata da un sole più basso sull'orizzonte e da un arco solare ridotto.

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Confronto - Confronto - Confronto - Confronto - Confronto - Confronto - Confronto - Confronto - Confronto - Confronto

[illegible]

Scenario ad alte prestazioni energetiche

In questo scenario, l'involucro opaco mantiene le prestazioni già definite nel modello precedente, mentre l'ottimizzazione si concentra sui componenti trasparenti, sul controllo degli apporti solari e sulla gestione della ventilazione. Il principale avanzamento riguarda i serramenti, sostituiti con sistemi a triplo vetro basso emissivo e opportunamente dimensionati in funzione dell'orientamento. Questa scelta consente di calibrare il comportamento delle superfici vetrate rispetto alle specifiche condizioni di ciascun prospetto, evitando una soluzione uniforme e poco sensibile all'esposizione.

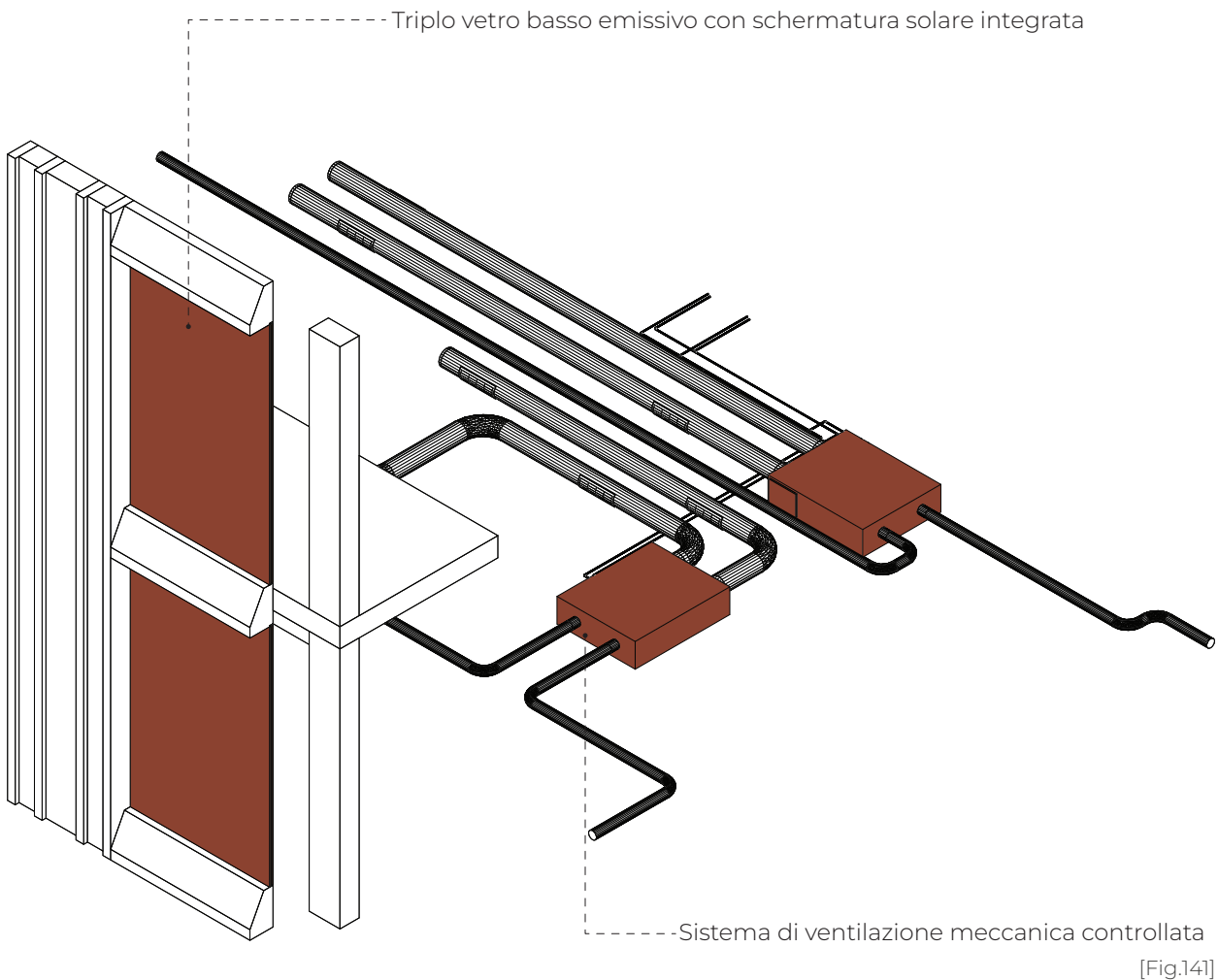
Un ulteriore elemento di miglioramento è costituito dall'introduzione della ventilazione meccanica controllata con recupero di calore ad alta efficienza. Il passaggio da una ventilazione prevalentemente naturale a un sistema controllato consente di ridurre le perdite associate ai ricambi d'aria e di stabilizzare maggiormente le condizioni interne. Questa soluzione assume particolare rilevanza in un edificio ad alto isolamento, dove il controllo dei flussi d'aria diventa determinante per evitare squilibri tra prestazione energetica e qualità ambientale interna.

Il Modello 3 costituisce quindi lo scenario più equilibrato tra quelli analizzati e garantisce un netto avanzamento prestazionale rispetto alle configurazioni precedenti, senza introdurre trasformazioni incompatibili con il progetto architettonico. Per questa ragione viene assunto come riferimento per la fase successiva, nella quale l'ottimizzazione dell'involucro viene integrata con la definizione del sistema impiantistico, completando il passaggio da modello energetico a sistema edificio-impianto.

Volume lordo	7'582.98	[m³]
Superficie lorda disperdente	4'090.01	[m²]
Rapporto di forma S/V	0.54	[l/m]
Volume netto	5'008.83	[m³]
Superficie netta calpestabile	1'792.95	[m²]
Capacità termica totale	220'208.76	[kJ/K]

Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	6.87	[kWh/m ² anno]
Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	8.80	[kWh/m ² anno]

Riscaldamento	Fabbisogno di energia termica utile	12'327.53 [kWh]
Raffrescamento	Fabbisogno di energia frigorifera utile	15'784.37 [kWh]
Acqua calda	Volumi di ACS	1'095.00 [m³]
sanitaria	Fabbisogno di energia termica utile	6'174.03 [kWh]



Proprietà termo-fisiche dell'involucro e ponti termici

Il confronto con gli altri scenari evidenzia come il Modello 3 consenta una riduzione significativa dei consumi, mantenendo al tempo stesso un assetto architettonico invariato. Sebbene configurazioni alternative possano raggiungere prestazioni superiori, esse richiedono trasformazioni più incisive dell'organismo edilizio, risultando meno coerenti con gli obiettivi del progetto. In questo senso, il Modello 3 si configura come la soluzione più equilibrata, nella quale le scelte energetiche non prevalgono sulla qualità architettonica, ma si integrano a essa, definendo un sistema coerente, efficiente e compatibile con il contesto di intervento.

2 Gli apporti solari rappresentano la quota di energia termica dovuta alla radiazione solare incidente sulle superfici trasparenti dell'edificio. Essi possono contribuire alla riduzione del fabbisogno di riscaldamento nella stagione fredda, ma, se non controllati, possono incrementare i carichi di raffrescamento durante il periodo estivo. Per questo motivo la loro gestione costituisce un aspetto centrale nella progettazione energetica dell'involucro.

Impostazione dei parametri per il modello 3

Aggiungi

Duplica

Elimina

Diagnosi

Chiudi

435 Rue McGill

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)

Zona APPARTAMENTI (riscaldamento)

Zona APPARTAMENTI (raffrescamento)

Zona APPARTAMENTI (acqua calda sanitaria)

Zona APPARTAMENTI (ventilazione)

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Aree comuni)

Zona AREE COMUNI (riscaldamento)

Zona AREE COMUNI (raffrescamento)

Zona AREE COMUNI (ventilazione)

E2, subUnità con destinazione d'uso E2 (Ufficio)

Zona UFFICI (riscaldamento)

Zona UFFICI (raffrescamento)

Zona UFFICI (acqua calda sanitaria)

Zona UFFICI (ventilazione)

Zona UFFICI (illuminazione)

E4, subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)

Zona RISTORANTE (riscaldamento)

Zona RISTORANTE (raffrescamento)

Zona RISTORANTE (acqua calda sanitaria)

Zona RISTORANTE (ventilazione)

Zona RISTORANTE (Locali principali)

Zona RISTORANTE (Locali secondari)

E6, subUnità con destinazione d'uso E6(Palestra)

Zona PALESTRA (riscaldamento)

Zona PALESTRA (raffrescamento)

Zona PALESTRA (acqua calda sanitaria)

Zona PALESTRA (ventilazione)

Zona PALESTRA (Palestra)

Zona PALESTRA (Locali secondari)

AMBIENTI DI CONFINO CLIMATIZZATI

AMBIENTI DI CONFINO NON CLIMATIZZATI

Ambiente non climatizzato

SERRE

PERTINENZE

435 Rue McGill

subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione) - Zona APPARTAMENTI (acqua calda sanitaria)

DESCRIZIONE

Valutazione sul progetto o standard

Zona APPARTAMENTI (acqua calda sanitaria)

Vani collegati: APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A

TEMPERATURE E FABBISOGNO

Temperatura di erogazione dell'ACS [°C] 40.0

Fabbisogno giornaliero di ACS [l/G] 1 100.0

GIORNI DI UTILIZZO MENSILI DELL'ACS

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00

CALCOLO PRESTAZIONE ENERGETICA (ORARIA)

Profili di utilizzo orari: Residenziale

[Fig.145]

Aggiungi

Duplica

Elimina

Diagnosi

Chiudi

435 Rue McGill

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)

Zona APPARTAMENTI (riscaldamento)

Zona APPARTAMENTI (raffrescamento)

Zona APPARTAMENTI (acqua calda sanitaria)

Zona APPARTAMENTI (ventilazione)

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Aree comuni)

Zona AREE COMUNI (riscaldamento)

Zona AREE COMUNI (raffrescamento)

Zona AREE COMUNI (ventilazione)

E2, subUnità con destinazione d'uso E2 (Ufficio)

Zona UFFICI (riscaldamento)

Zona UFFICI (raffrescamento)

Zona UFFICI (acqua calda sanitaria)

Zona UFFICI (ventilazione)

Zona UFFICI (illuminazione)

E4, subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)

Zona RISTORANTE (riscaldamento)

Zona RISTORANTE (raffrescamento)

Zona RISTORANTE (acqua calda sanitaria)

Zona RISTORANTE (ventilazione)

Zona RISTORANTE (Locali principali)

Zona RISTORANTE (Locali secondari)

E6, subUnità con destinazione d'uso E6(Palestra)

Zona PALESTRA (riscaldamento)

Zona PALESTRA (raffrescamento)

Zona PALESTRA (acqua calda sanitaria)

Zona PALESTRA (ventilazione)

Zona PALESTRA (Palestra)

Zona PALESTRA (Locali secondari)

AMBIENTI DI CONFINO CLIMATIZZATI

AMBIENTI DI CONFINO NON CLIMATIZZATI

435 Rue McGill

subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione) - Zona APPARTAMENTI (riscaldamento)

DESCRIZIONE

Zona APPARTAMENTI (riscaldamento)

Vani collegati: APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A

EMISSIONE

Valutazione sul progetto o standard

Tipologia di terminali Bocchette in sistemi ad aria

Potenza TOTALE [kW] 54.120

Rendimento CALCOLATO

Correzione 0

Funzionamento Continuo

Potenza elettrica [W] 0

REGOLAZIONE

Valutazione sul progetto o standard

Tipologia di regolazione Per singolo ambiente più climatica

PI o PID

Rendimento CALCOLATO

CALCOLO TEMPERATURA FLUIDO TERMOVETTORE CON "APPENDICE A"

Esponente caratteristico 1.0

Potenza (di riferimento) TOTALE dei terminali della ZONA [kW] 0.000

Differenza di temperatura fra terminali e ambiente [°C] 8.00

[Fig.146]

Aggiungi

Duplica

Elimina

Diagnosi

Chiudi

435 Rue McGill

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)

Zona APPARTAMENTI (riscaldamento)

Zona APPARTAMENTI (raffrescamento)

Zona APPARTAMENTI (acqua calda sanitaria)

Zona APPARTAMENTI (ventilazione)

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Aree comuni)

Zona AREE COMUNI (riscaldamento)

Zona AREE COMUNI (raffrescamento)

Zona AREE COMUNI (ventilazione)

E2, subUnità con destinazione d'uso E2 (Ufficio)

Zona UFFICI (riscaldamento)

Zona UFFICI (raffrescamento)

Zona UFFICI (acqua calda sanitaria)

Zona UFFICI (ventilazione)

Zona UFFICI (illuminazione)

E4, subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)

Zona RISTORANTE (riscaldamento)

Zona RISTORANTE (raffrescamento)

Zona RISTORANTE (acqua calda sanitaria)

Zona RISTORANTE (ventilazione)

Zona RISTORANTE (Locali principali)

Zona RISTORANTE (Locali secondari)

E6, subUnità con destinazione d'uso E6(Palestra)

Zona PALESTRA (riscaldamento)

Zona PALESTRA (raffrescamento)

Zona PALESTRA (acqua calda sanitaria)

Zona PALESTRA (ventilazione)

Zona PALESTRA (Palestra)

Zona PALESTRA (Locali secondari)

AMBIENTI DI CONFINO CLIMATIZZATI

AMBIENTI DI CONFINO NON CLIMATIZZATI

Ambiente non climatizzato

SERRE

PERTINENZE

435 Rue McGill

subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione) - Zona APPARTAMENTI (ventilazione)

DESCRIZIONE

Valutazione sul progetto o standard

Zona APPARTAMENTI (ventilazione)

Vani collegati: APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A

Tipologia di ventilazione solo MECCANICA

VENTILAZIONE NATURALE

Calcolo portata secondo UNI EN ISO 16798-1

Ricambi aria per emissioni umane [m³/(h per persona)] 3.00

Ricambi aria per emissioni dell'edificio [m³/(h m²)] 0.050

Indice di affollamento [persone] 0.01

Fattore di correzione 0.01

Ricambi d'aria per i CARICHI TERMICI estivi e invernali [vol/h] 0.05

VENTILAZIONE MECCANICA

Portata Aria di immissione [m³/h] 350.00

Ricambi con impianto spento [vol/h] 0.01

Efficienza della regolazione 0.90

Ore giornaliere di attivazione periodo ESTIVO [h] 4

Ore giornaliere di attivazione periodo INVERNALE [h] 4

VENTILAZIONE NOTTURNA (FREE COOLING)

[Fig.147]

Aggiungi

Duplica

Elimina

Diagnosi

Chiudi

435 Rue McGill

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)

Zona APPARTAMENTI (riscaldamento)

Zona APPARTAMENTI (raffrescamento)

Zona APPARTAMENTI (acqua calda sanitaria)

Zona APPARTAMENTI (ventilazione)

E1, subUnità con destinazione d'uso E1(Aree comuni)

Zona AREE COMUNI (riscaldamento)

Zona AREE COMUNI (raffrescamento)

Zona AREE COMUNI (ventilazione)

E2, subUnità con destinazione d'uso E2 (Ufficio)

Zona UFFICI (riscaldamento)

Zona UFFICI (raffrescamento)

Zona UFFICI (acqua calda sanitaria)

Zona UFFICI (ventilazione)

Zona UFFICI (illuminazione)

E4, subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)

Zona RISTORANTE (riscaldamento)

Zona RISTORANTE (raffrescamento)

Zona RISTORANTE (acqua calda sanitaria)

Zona RISTORANTE (ventilazione)

Zona RISTORANTE (Locali principali)

Zona RISTORANTE (Locali secondari)

E6, subUnità con destinazione d'uso E6(Palestra)

Zona PALESTRA (riscaldamento)

Zona PALESTRA (raffrescamento)

Zona PALESTRA (acqua calda sanitaria)

Zona PALESTRA (ventilazione)

Zona PALESTRA (Palestra)

Zona PALESTRA (Locali secondari)

AMBIENTI DI CONFINO CLIMATIZZATI

AMBIENTI DI CONFINO NON CLIMATIZZATI

435 Rue McGill

subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione) - Zona APPARTAMENTI (raffrescamento)

DESCRIZIONE

Zona APPARTAMENTI (raffrescamento)

Vani collegati: APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A, APPARTAMENTO B, APPARTAMENTO C, APPARTAMENTO A

EMISSIONE

Valutazione sul progetto o standard

Tipologia di terminali Bocchette in sistemi ad aria

Potenza TOTALE [kW] 33.000

Rendimento CALCOLATO

Funzionamento Continuo

Potenza elettrica [W] 0

REGOLAZIONE

Valutazione sul progetto o standard

Tipologia di regolazione Per singolo ambiente più climatica

PI o PID

Rendimento CALCOLATO

CALCOLO TEMPERATURA FLUIDO TERMOVETTORE CON "APPENDICE A"

Esponente caratteristico 0.0

Potenza (di riferimento) TOTALE dei terminali della ZONA [kW] 33.000

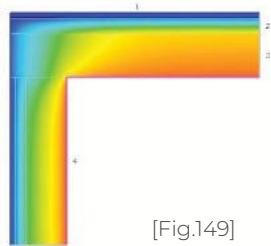
Differenza di temperatura fra terminali e ambiente [°C] -8.00

[Fig.148]

Scheda PT1

Titolo: CODICE: R9 - Giunto parete con isolamento esterno continuo - copertura
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza del giunto tra parete verticale con isolamento esterno continuo e struttura di copertura. Nodo di raccordo involucro opaco verticale-orizzontale.

SCHEMA

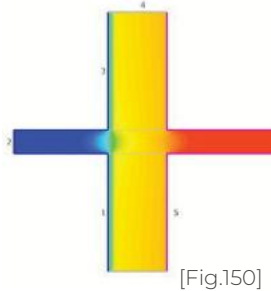


Trasmittanza termica lineare = -0,0473 [W/m K]

Scheda PT2

Titolo: CODICE: B1 - Giunto parete con isolamento esterno - balcone
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza dell'attacco tra parete verticale con isolamento esterno continuo e soletta del balcone. Nodo di raccordo involucro opaco-elemento aggettante.

SCHEMA

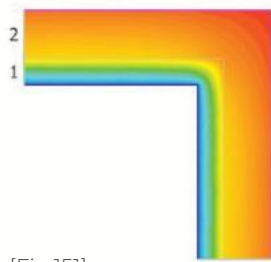


Trasmittanza termica lineare = 0,2000 [W/m K]

Scheda PT3

Titolo: CODICE: C5 - Giunto tra due pareti con isolamento esterno (rientrante)
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza dell'angolo rientrante tra due pareti verticali con isolamento esterno continuo. Nodo di raccordo tra elementi opachi dell'involucro.

SCHEMA

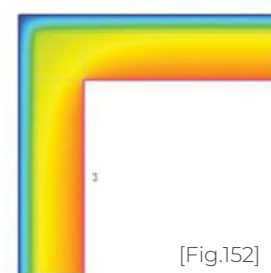


Trasmittanza termica lineare = 0,024 [W/m K]

Scheda PT4

Titolo: CODICE: C14 - Giunto tra due pareti con isolamento esterno continuo con pilastro isolato
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza dell'angolo sporgente tra due pareti verticali con isolamento esterno continuo, in presenza di pilastro strutturale isolato. Nodo di raccordo tra elementi opachi con discontinuità geometrica.

SCHEMA

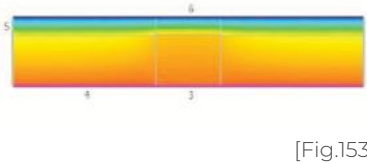


Trasmittanza termica lineare = -0,0664 [W/m K]

Scheda PT5

Titolo: CODICE: P5 - Giunto parete con isolamento esterno - pilastro con isolamento esterno
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza del raccordo tra parete verticale e pilastro strutturale, entrambi dotati di isolamento esterno continuo. Nodo di discontinuità geometrica dell'involucro opaco.

SCHEMA

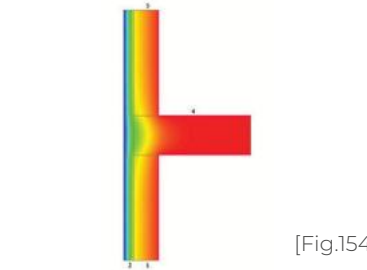


Trasmittanza termica lineare = 0,0123 [W/m K]

Scheda PT6

Titolo: CODICE: IF1 - Giunto parete con isolamento esterno continuo - solaio interpiano
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza del raccordo tra parete verticale con isolamento esterno continuo e solaio interpiano. Nodo di connessione tra elemento opaco verticale e struttura orizzontale interna.

SCHEMA

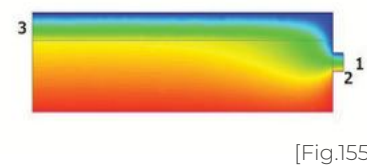


Trasmittanza termica lineare = 0,0345 [W/m K]

Scheda PT7

Titolo: CODICE: W7 - Giunto parete con isolamento esterno - telaio posto in mezzeria
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza dell'attacco tra parete con isolamento esterno continuo e serramento posato in mezzeria della muratura. Nodo di raccordo involucro opaco-trasparente.

SCHEMA

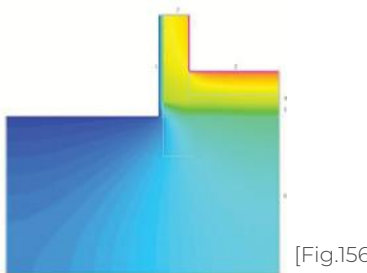


Trasmittanza termica lineare = 0,1545 [W/m K]

Scheda PT8

Titolo: CODICE: GF5 - Giunto parete con isolamento esterno - solaio controterra
 Descrizione: Ponte termico lineare in corrispondenza dell'attacco tra parete verticale con isolamento esterno continuo e solaio controterra isolato all'estradosso. Nodo di raccordo tra involucro opaco verticale e struttura a contatto con il terreno.

SCHEMA



Trasmittanza termica lineare = -0,1086 [W/m K]

Procedura di simulazione energetica e lettura dei risultati

¹ Per profili di utilizzo si intendono le condizioni operative associate alle diverse destinazioni funzionali dell'edificio, quali orari di occupazione, densità di presenza, modalità d'uso degli ambienti e intensità delle attività svolte. La loro definizione consente di simulare in modo più realistico il comportamento energetico delle singole zone.

Tuttavia, il dato numerico assume significato solo se letto alla luce del processo che lo ha generato. La coerenza tra scelte progettuali, modellazione e risultati evidenzia infatti l'efficacia di un approccio integrato, in cui le diverse componenti del sistema edificio-impianto sono state affrontate in modo coordinato. In questo senso, il progetto non si limita a raggiungere una prestazione energetica elevata, ma dimostra come l'integrazione tra involucro, uso e sistemi consenta di operare in modo consapevole anche all'interno di contesti complessi.

2 Le condizioni operative reali descrivono l'insieme dei parametri che regolano l'uso quotidiano dell'edificio, tra cui presenza degli utenti, temperature di set-point, orari di funzionamento degli impianti, livelli di illuminazione e utilizzo delle apparecchiature. La loro corretta impostazione è determinante per evitare simulazioni eccessivamente teoriche o non rappresentative.

DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

Volume lordo	7'582.98 [m³]
Superficie lorda disperdente	4'090.01 [m²]
Rapporto di forma S/V	0.54 [l/m]
Volume netto	5'008.83 [m³]
Superficie netta calpestabile	1'792.95 [m²]
Capacità termica totale	220'208.76 [kJ/K]

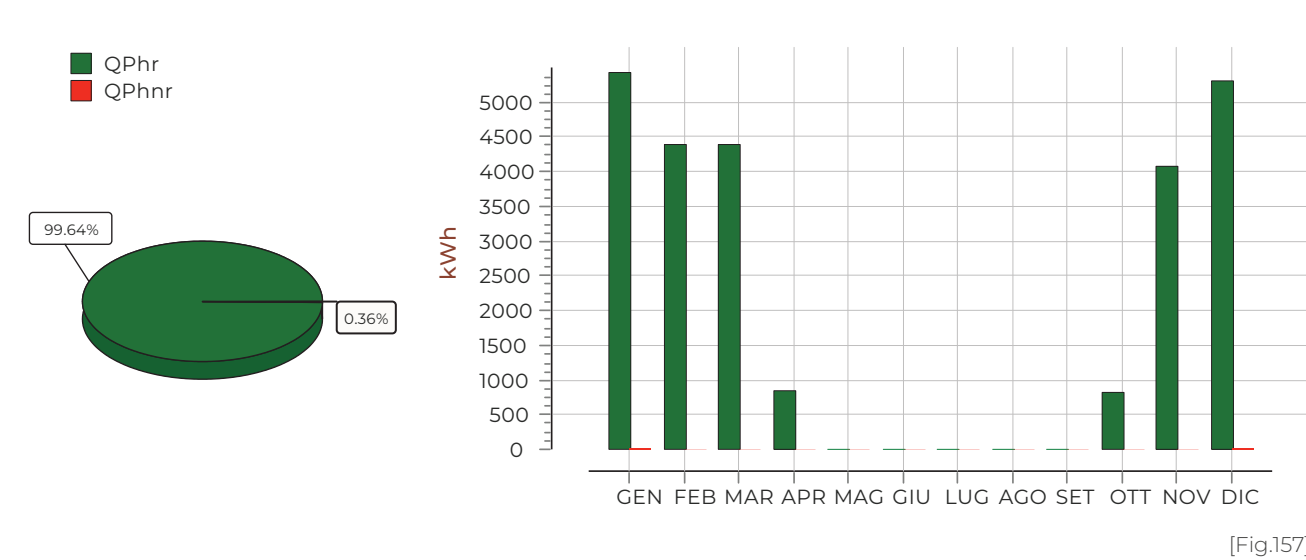
INDICI DI PRESTAZIONE

Classe energetica	A / nZEB
Indice di prestazione energetica globale	32.41 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	1.710 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione termica utile per raffrescamento	12.058 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per riscaldamento	14.11 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per raffrescamento	7.94 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per acs	4.53 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per ventilazione	5.36 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per illuminazione	0.46 [kWh/m² anno]
Indice di prestazione energetica per trasporti	0.00 [kWh/m² anno]

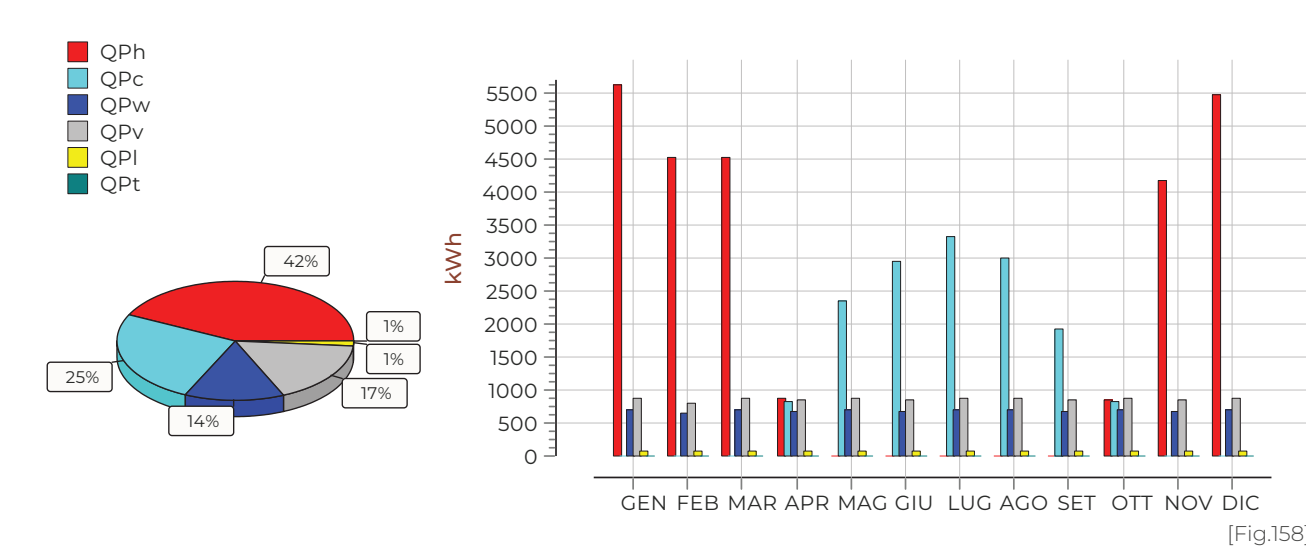
FABBISOGNI

Riscaldamento	Fabbisogno di energia termica utile	16'866.88 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	25'306.52 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	25'249.32 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	57.19 [kWh]
Raffrescamento	Fabbisogno di energia frigorifera utile	18'260.46 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	14'232.05 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	14'154.28 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	77.77 [kWh]
Acqua calda sanitaria	Volumi di ACS	1'095.00 [m³]
	Fabbisogno di energia termica utile	6'174.03 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	8'128.25 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	8'113.21 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	15.04 [kWh]
Ventilazione meccanica	Fabbisogno di energia elettrica	5'256.00 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	9'618.48 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	9'565.92 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	52.56 [kWh]
Illuminazione	Fabbisogno di energia elettrica	450.47 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	824.37 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	819.86 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	4.50 [kWh]
Trasporti	Fabbisogno di energia elettrica	1.44 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria totale	2.63 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria rinnovabile	2.61 [kWh]
	Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile	0.01 [kWh]

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE RINNOVABILE E NON RINNOVABILE

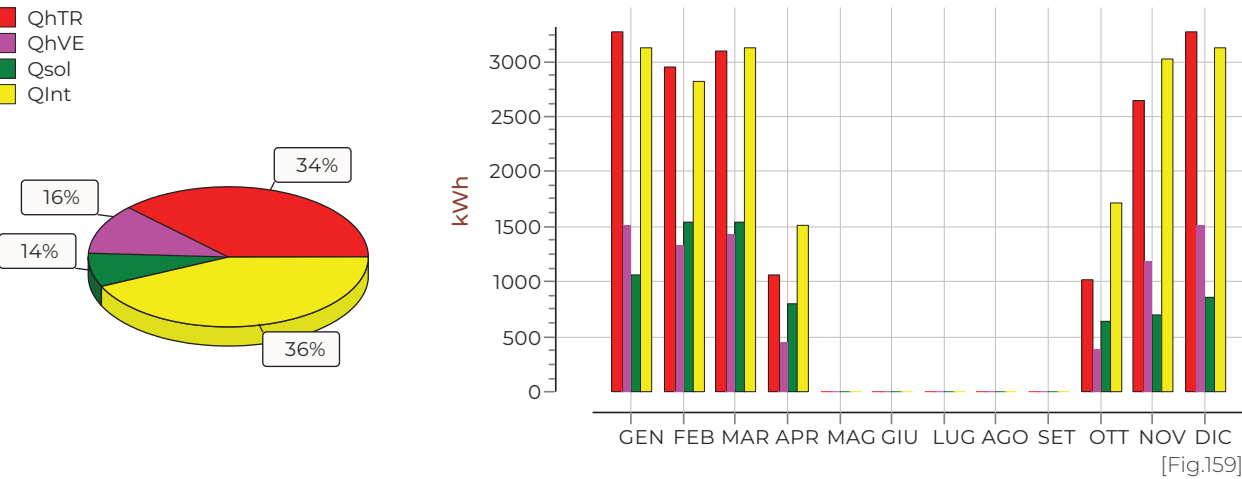


FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER SINGOLO SERVIZIO

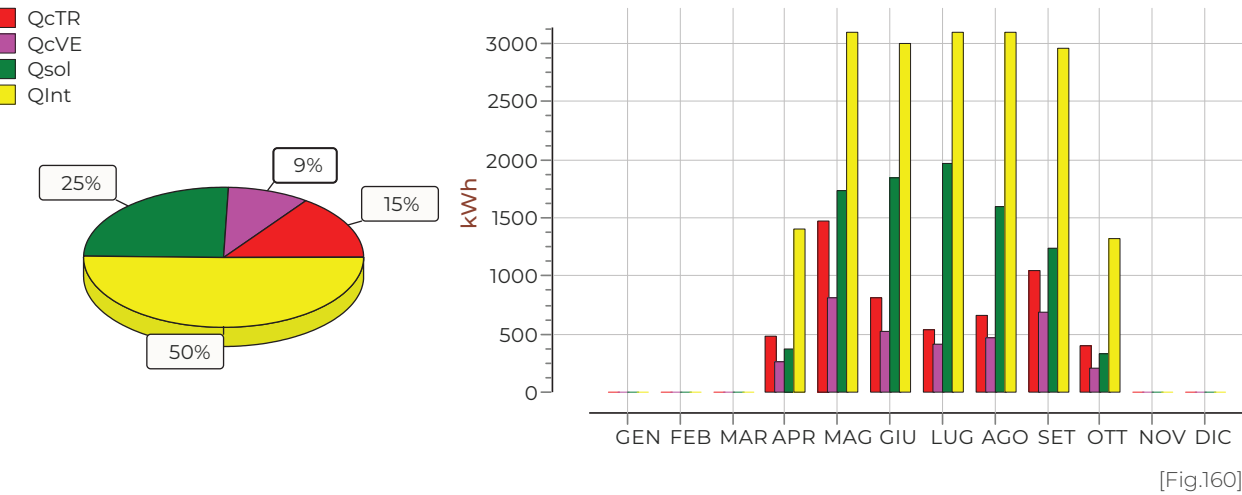


La lettura dei fabbisogni di energia primaria evidenzia un bilancio fortemente orientato verso la componente rinnovabile, prevalente durante l'intero arco annuale, mentre la quota non rinnovabile risulta residuale. Tale andamento conferma l'efficacia dello scenario progettuale adottato, in cui la qualità dell'involucro, il miglioramento delle prestazioni impiantistiche e l'impiego di sistemi elettrificati contribuiscono a contenere il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile e a migliorare l'efficienza complessiva del sistema edificio-impianto. L'analisi per singolo servizio mostra come il riscaldamento rappresenti la voce principale, con un'incidenza pari al 42%, coerentemente con il clima rigido di Montréal e con la concentrazione dei carichi nei mesi invernali. Il raffrescamento costituisce una componente comunque significativa, pari al 25%, concentrata nei mesi estivi e legata agli apporti solari e interni, confermando l'importanza delle strategie passive di controllo solare e ventilazione. Gli altri servizi presentano incidenze più contenute: la ventilazione rappresenta il 17%, l'acqua calda sanitaria il 14%, mentre illuminazione e ausiliari assumono un peso marginale. Nel complesso, la distribuzione dei consumi evidenzia una chiara stagionalità e conferma un assetto energetico coerente con gli obiettivi di riduzione dei consumi e delle emissioni.

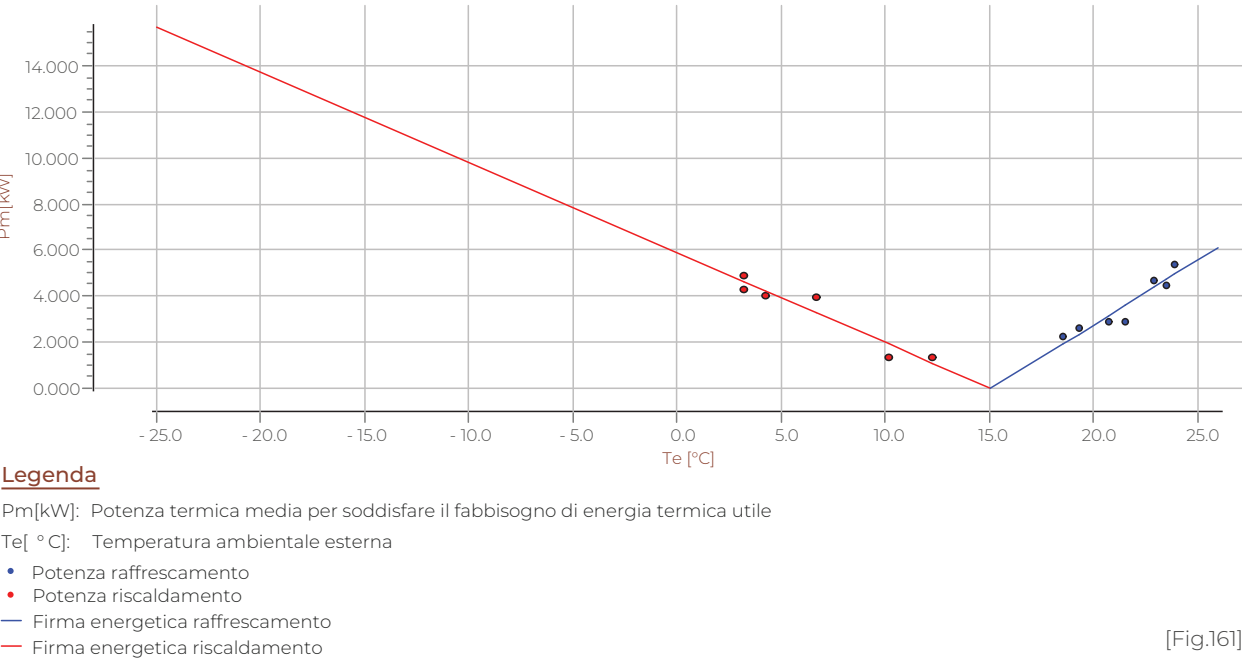
FABBISOGNI DI ENERGIA PER RISCALDAMENTO



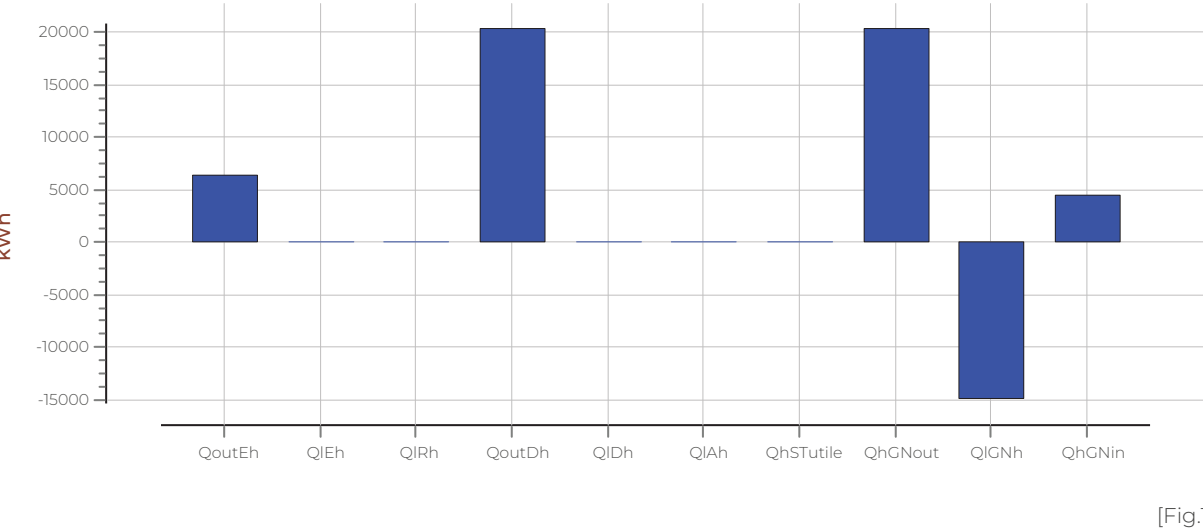
FABBISOGNI DI ENERGIA PER RAFFRESCAMENTO



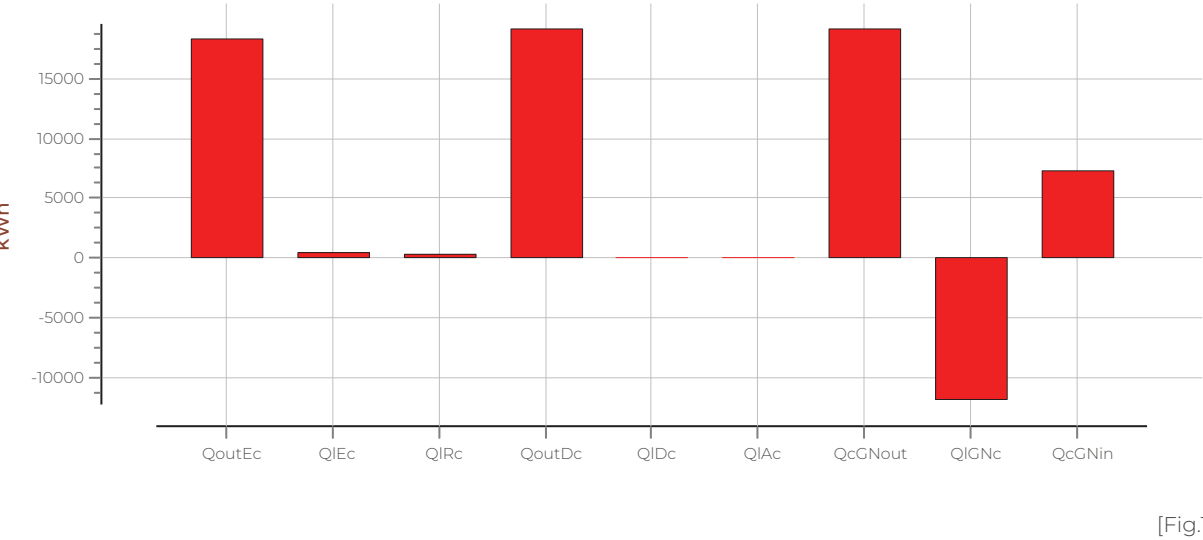
FIRMA ENERGETICA



RISCALDAMENTO - Fabbisogni di impianto



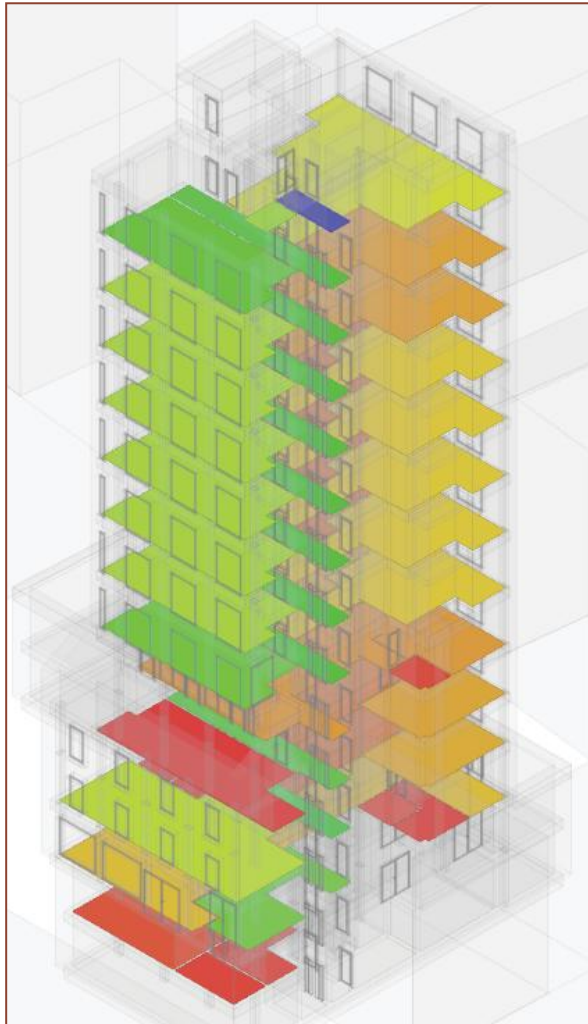
RAFFRESCAMENTO - Fabbisogni di impianto



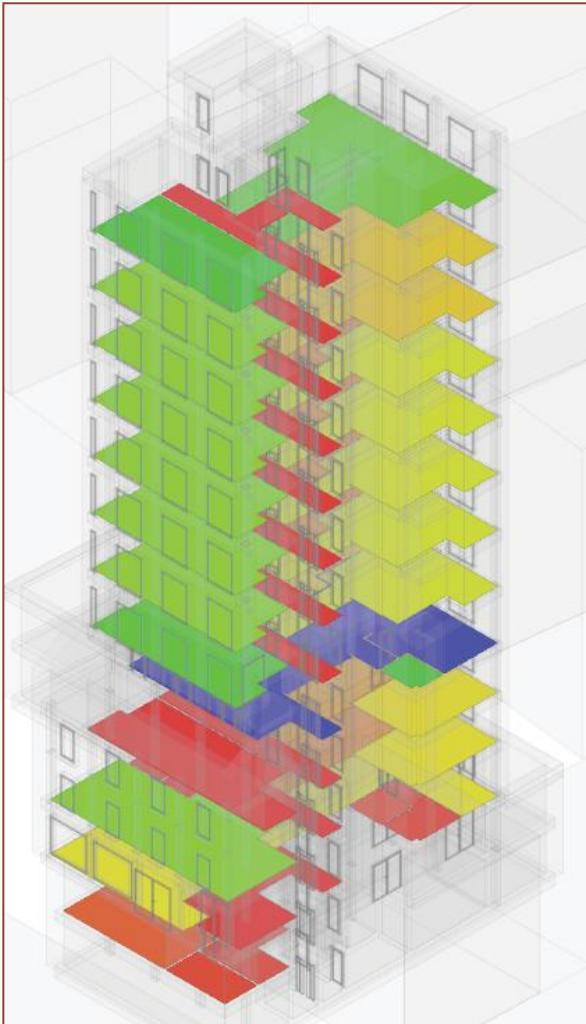
L'analisi dei diagrammi stagionali consente di leggere in modo più puntuale la dinamica dei fabbisogni energetici e il contributo delle diverse componenti al bilancio complessivo dell'edificio.

Nel caso del riscaldamento, il confronto tra le diverse componenti mostra come le perdite per trasmissione attraverso l'involucro rappresentino il contributo prevalente, mentre gli apporti interni e solari svolgono un ruolo compensativo, ma non sufficiente ad annullare il fabbisogno. La lettura combinata del grafico a barre e del diagramma percentuale conferma quindi la predominanza delle dispersioni rispetto ai guadagni, evidenziando come il comportamento invernale sia ancora fortemente guidato dallo scambio termico con l'esterno.

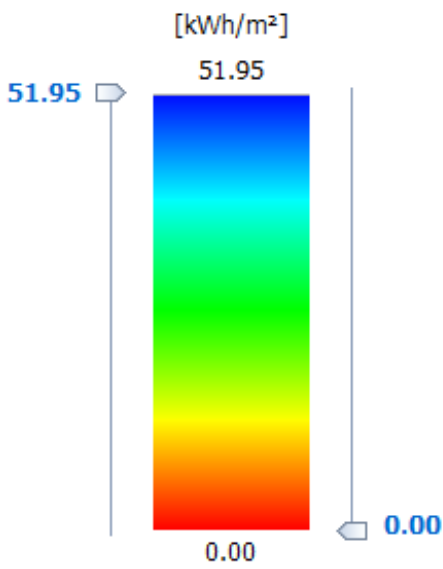
Per il raffrescamento si osserva invece una condizione opposta: gli apporti solari e interni diventano la componente dominante del bilancio energetico. L'andamento mensile evidenzia un incremento significativo dei carichi nei mesi centrali dell'anno, con valori direttamente correlati all'intensità della radiazione solare e all'accumulo termico interno. Questo comportamento è confermato anche dalla distribuzione percentuale, che mette in evidenza il peso rilevante dei guadagni rispetto alle dispersioni.



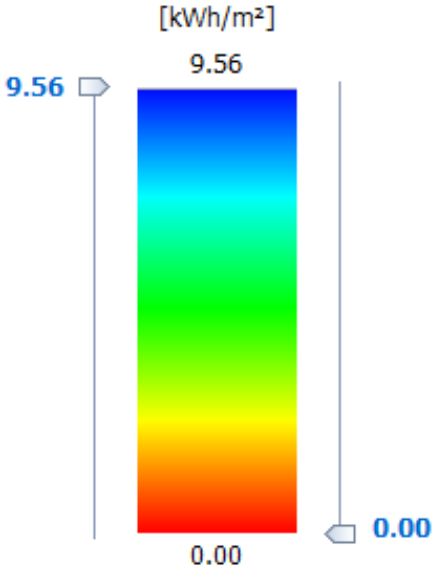
Inverno



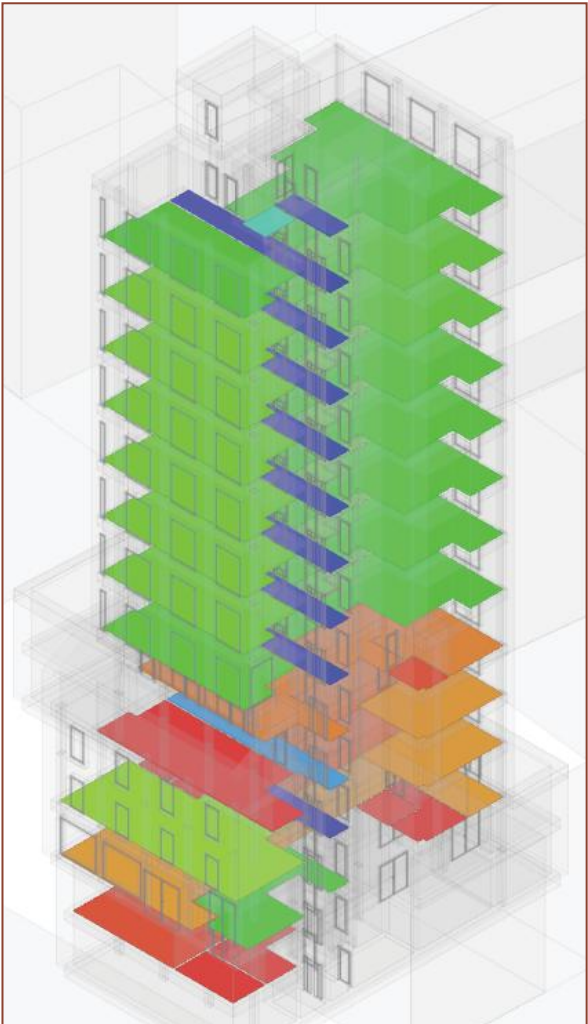
Estate



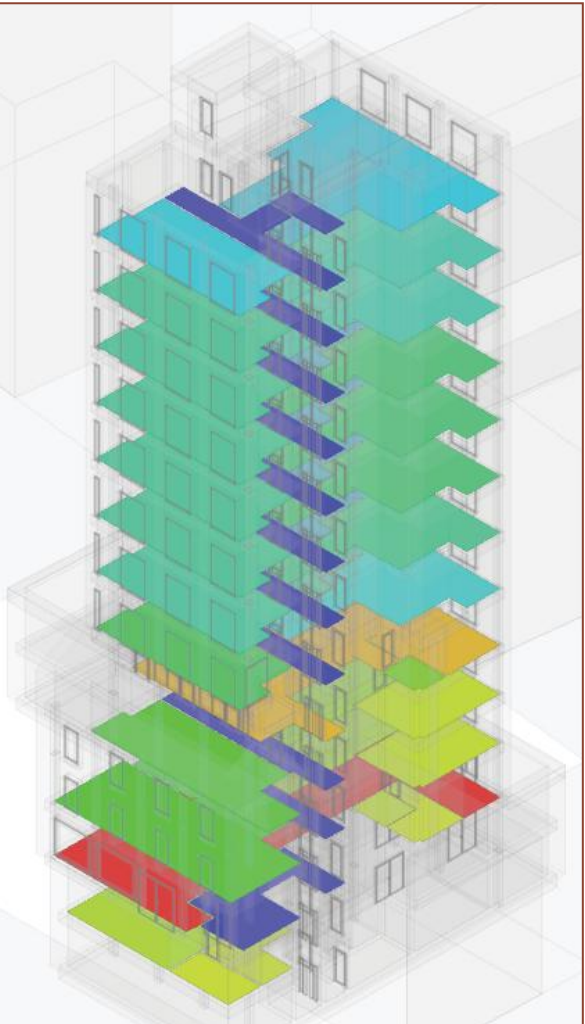
[Fig.164]



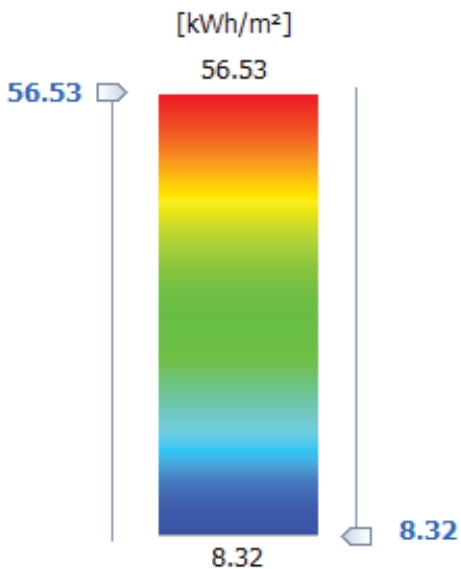
[Fig.165]



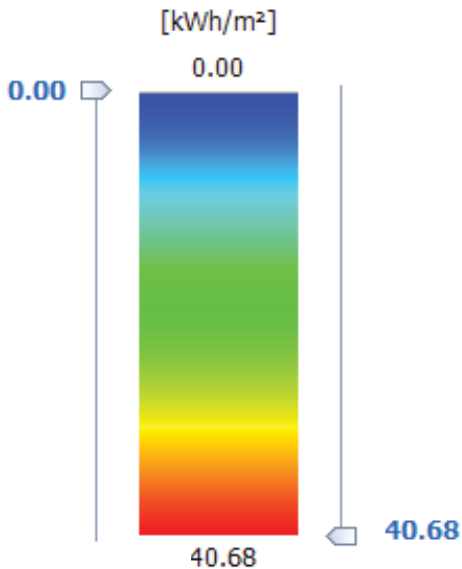
Inverno



Estate



[Fig.166]



[Fig.167]

Dimensionamento e configurazione degli impianti

La configurazione impiantistica del progetto è stata sviluppata a partire da una logica di gestione unitaria dell'edificio, nella quale la centralizzazione non rappresenta soltanto una scelta tecnica, ma anche un principio organizzativo capace di coordinare in modo coerente i diversi servizi energetici. In questo senso, la centrale termica comune assume il ruolo di nodo strategico del sistema: non solo luogo fisico di produzione dell'energia, ma elemento di controllo, regolazione e gestione dell'intero assetto impiantistico.

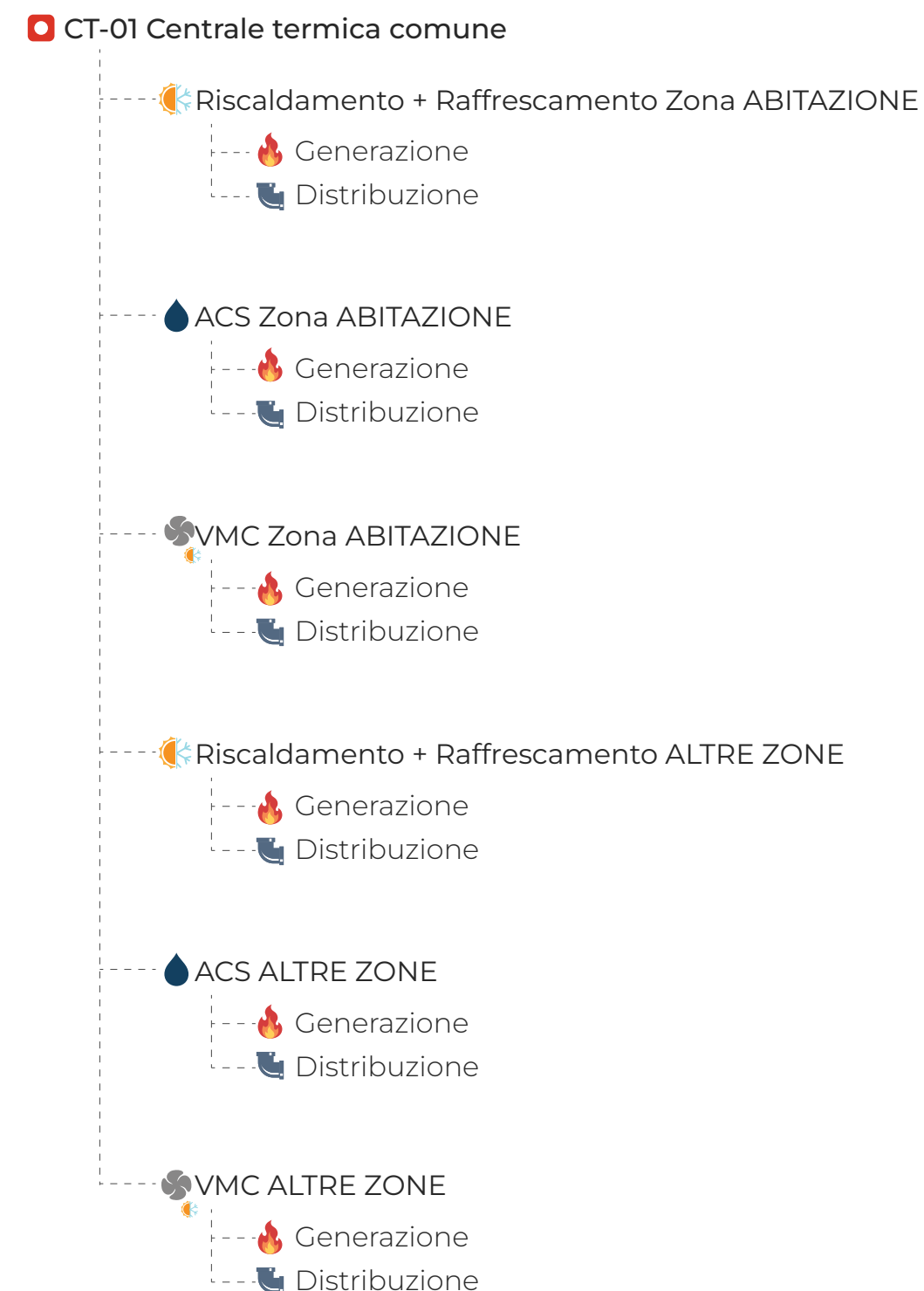
A partire da questa struttura centrale, il sistema si articola in una serie di sottosistemi dipendenti, organizzati per ambiti funzionali e per tipologia di servizio. Tale articolazione non produce una frammentazione dell'impianto, ma una distribuzione controllata delle funzioni, in cui ciascun ramo mantiene una propria specificità operativa pur restando integrato in un sistema complessivo. Questa impostazione consente di rispondere alle diverse esigenze dell'edificio, mantenendo al tempo stesso una gestione coordinata, leggibile e verificabile.

La distinzione tra componente residenziale e altre funzioni deriva dalla necessità di affrontare profili di utilizzo profondamente differenti, sia in termini di carichi energetici sia di modalità di occupazione. La separazione dei rami distributivi permette quindi di adattare il funzionamento dell'impianto alle condizioni reali di esercizio, evitando interferenze tra ambiti con esigenze diverse e migliorando l'efficacia complessiva del sistema.

Dal punto di vista concettuale, l'impianto è organizzato secondo livelli distinti, riconducibili principalmente alla generazione e alla distribuzione. Questi livelli sono caratterizzati da parametri prestazionali differenti, ma strettamente correlati tra loro. Tale distinzione consente di controllare in modo più preciso i flussi energetici, ottimizzare il comportamento dell'impianto nel suo insieme e mantenere una chiara leggibilità del funzionamento complessivo.

L'obiettivo principale di questa configurazione è duplice: da un lato ridurre i consumi energetici attraverso una gestione più efficiente delle risorse, dall'altro semplificare il controllo e l'esercizio del sistema. La centralizzazione della generazione, combinata con una distribuzione articolata, consente infatti di limitare le dispersioni, ottimizzare i rendimenti e garantire una maggiore stabilità operativa.

L'intero sistema è stato inoltre definito in modo da risultare pienamente modellabile e simulabile all'interno del processo BIM. La possibilità di controllare parametri quali portate, caratteristiche dei condotti e prestazioni dei componenti ha permesso di costruire un modello coerente e verificabile, in grado di restituire con maggiore precisione il comportamento energetico dell'edificio. In questo senso, la configurazione impiantistica non rappresenta soltanto una soluzione tecnica, ma anche uno strumento di analisi e di progetto, capace di supportare le scelte progettuali e orientare le strategie prestazionali.

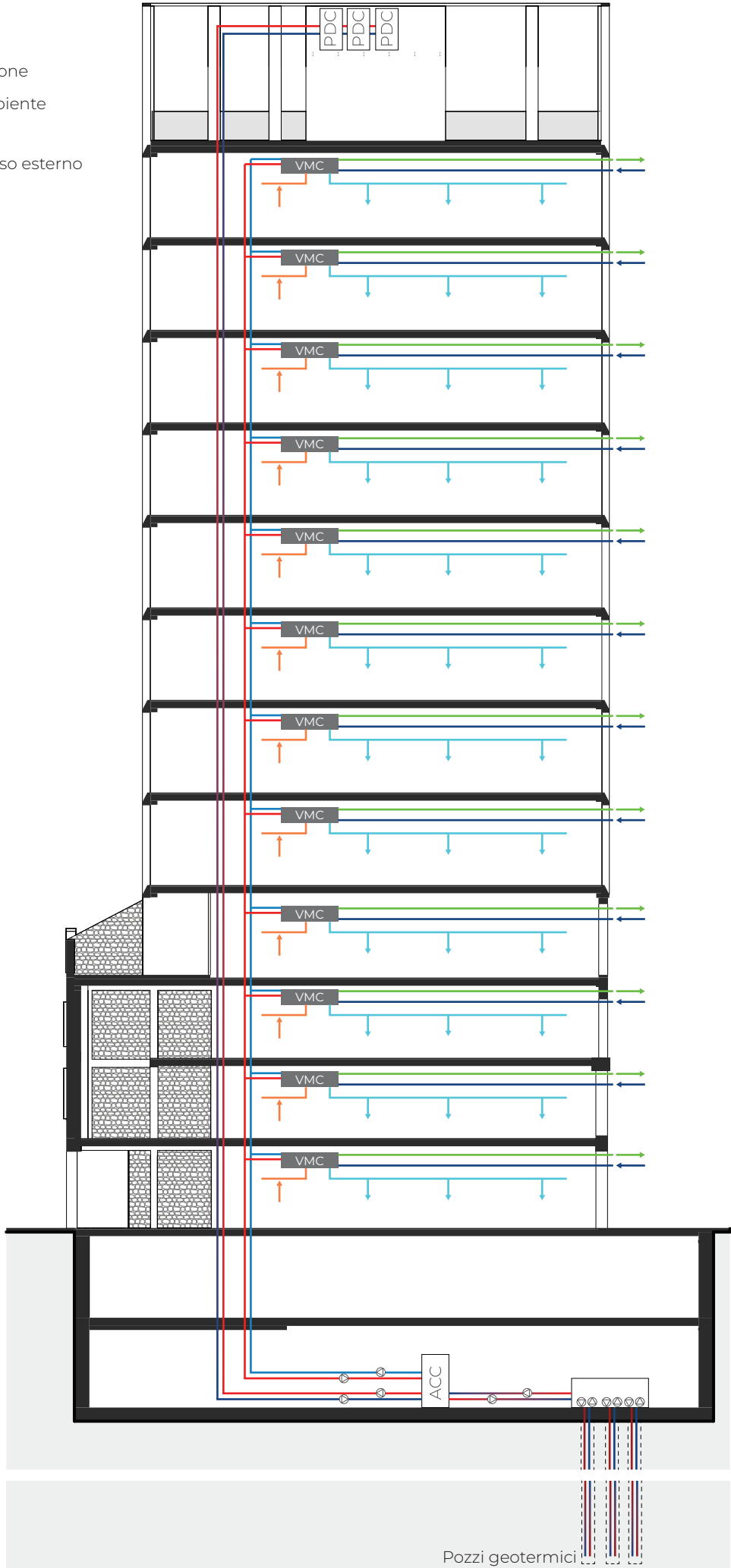


[Fig.168] Schema di articolazione della centrale termica comune.
Il diagramma sintetizza la suddivisione dei principali sottosistemi impiantistici dell'edificio, organizzati in rami funzionali distinti per la zona abitativa e per le altre destinazioni d'uso. Per ciascun ambito sono individuati i circuiti di riscaldamento e raffreddamento, produzione di acqua calda sanitaria e ventilazione meccanica controllata, con distinzione tra fase di generazione e distribuzione.

[illegible]

PARTE IV – Risultati, valutazioni e conclusioni

PDC Pompa di calore
ACC Accumulo termico
Pompe di circolazione
Immissione in ambiente
Estrazione aria
Immissione aria
Espulsione aria verso esterno
Acqua di ritorno
Acqua di mandata



[Fig.172]
[200]

Implementazioni energetiche valutate e non adottate

Compatibilità tra prestazione, clima e tutela del prospetto storico

La definizione del progetto energetico ha incluso una valutazione preliminare di alcune soluzioni tecnologiche alternative, potenzialmente applicabili all'involucro edilizio. Il loro impiego è stato tuttavia escluso in seguito a una verifica basata su tre criteri principali: efficacia climatica, complessità gestionale e compatibilità architettonica. Nel contesto di Rue McGill, l'efficientamento dell'edificio deve integrarsi con interventi capaci di migliorare le prestazioni senza compromettere la leggibilità materica, compositiva e patrimoniale dei prospetti.

01

FOTOVOLTAICO

Principio energetico
L'intervento prevede l'integrazione di pannelli fotovoltaici sulle porzioni verticali opache della facciata esposta a Sud, con l'obiettivo di produrre energia elettrica in sito e contribuire parzialmente alla copertura dei fabbisogni dell'edificio.

Criticità e motivi di esclusione
Nel contesto climatico di Montréal, caratterizzato da inverni lunghi, bassa radiazione solare stagionale e frequenti precipitazioni nevose, l'efficienza del sistema risulta fortemente limitata. La disposizione verticale dei moduli riduce ulteriormente il rendimento rispetto a soluzioni in copertura, mentre l'accumulo di neve, polveri e depositi superficiali comporta maggiori esigenze di manutenzione.

Soluzione non adottata: rendimento stagionale limitato e manutenzione elevata.

02

SCHEMATURE SOLARI ESTERNE

Principio energetico
L'intervento prevede l'installazione di sistemi mobili di schermatura esterna, quali lamelle orientabili o pannelli scorrevoli, finalizzati al controllo della radiazione solare diretta e alla riduzione dei carichi termici estivi.

Criticità e motivi di esclusione
Nel contesto dell'edificio oggetto di intervento, l'inserimento di elementi mobili davanti alle aperture risulta poco compatibile con la composizione dei prospetti. La presenza di schermature esterne altererebbe il rapporto tra pieni e vuoti, interferendo con la lettura originaria della facciata e riducendo la qualità percettiva degli spazi interni attraverso l'ostruzione parziale delle viste.

Soluzione non adottata: ostruzione delle viste, alterazione dei prospetti e manutenzione elevata.

03

COLLETTORI SOLARI TERMICI INTEGRATI IN FACCIATA

Principio energetico
Sistema di microtubi o collettori solari termici integrati nelle porzioni opache della facciata Sud, attraversati da un fluido termovettore. L'energia solare captata viene utilizzata per il preriscaldamento dell'acqua calda sanitaria e per un'integrazione parziale nel sistema di riscaldamento dell'edificio, riducendo teoricamente il fabbisogno energetico invernale.

Criticità e motivi di esclusione
La soluzione presenta forti limiti nel contesto climatico di Montréal. Nei mesi invernali, quando il fabbisogno di riscaldamento è massimo, l'irraggiamento solare disponibile risulta ridotto, discontinuo e spesso condizionato da ombreggiamenti, neve e basse temperature esterne. Il contributo al riscaldamento sarebbe quindi limitato e non sufficiente a sostituire un sistema impiantistico principale.

Soluzione non adottata: ridotta efficacia nei mesi invernali e la necessità di sistemi antigelo.

Ventilazione meccanica controllata e recupero energetico

Il sistema impiantistico integra una ventilazione meccanica controllata distribuita, organizzata attraverso unità decentralizzate installate all'interno dei singoli ambienti. Ogni appartamento e ciascuno spazio comune sono dotati di una propria unità, consentendo una gestione autonoma e puntuale del rinnovo dell'aria in funzione delle specifiche condizioni di utilizzo.

Le unità adottate combinano la funzione di ventilazione con quella di climatizzazione, configurandosi come sistemi a espansione indiretta con aria primaria integrata. In questo modo, oltre a garantire il ricambio d'aria, contribuiscono direttamente al trattamento termico degli ambienti, coprendo una quota dei carichi sia in regime invernale sia estivo. Tale soluzione permette di ridurre il ricorso ai circuiti idronici principali, migliorando l'equilibrio complessivo del sistema.

La ventilazione è realizzata mediante sistemi a doppio flusso con recupero di calore, che consentono di limitare le dispersioni energetiche associate ai ricambi d'aria. La regolazione avviene in modo dinamico, in funzione della presenza degli utenti, adattando le portate alle effettive condizioni di occupazione e contribuendo così al contenimento dei consumi.

Questa configurazione consente di coniugare qualità dell'aria interna ed efficienza energetica, evitando al contempo soluzioni invasive sull'involucro edilizio. L'adozione di unità decentralizzate permette infatti di distribuire le funzioni impiantistiche senza ricorrere a reti di canalizzazione estese, risultando particolarmente adatta nel contesto di un edificio esistente e vincolato.

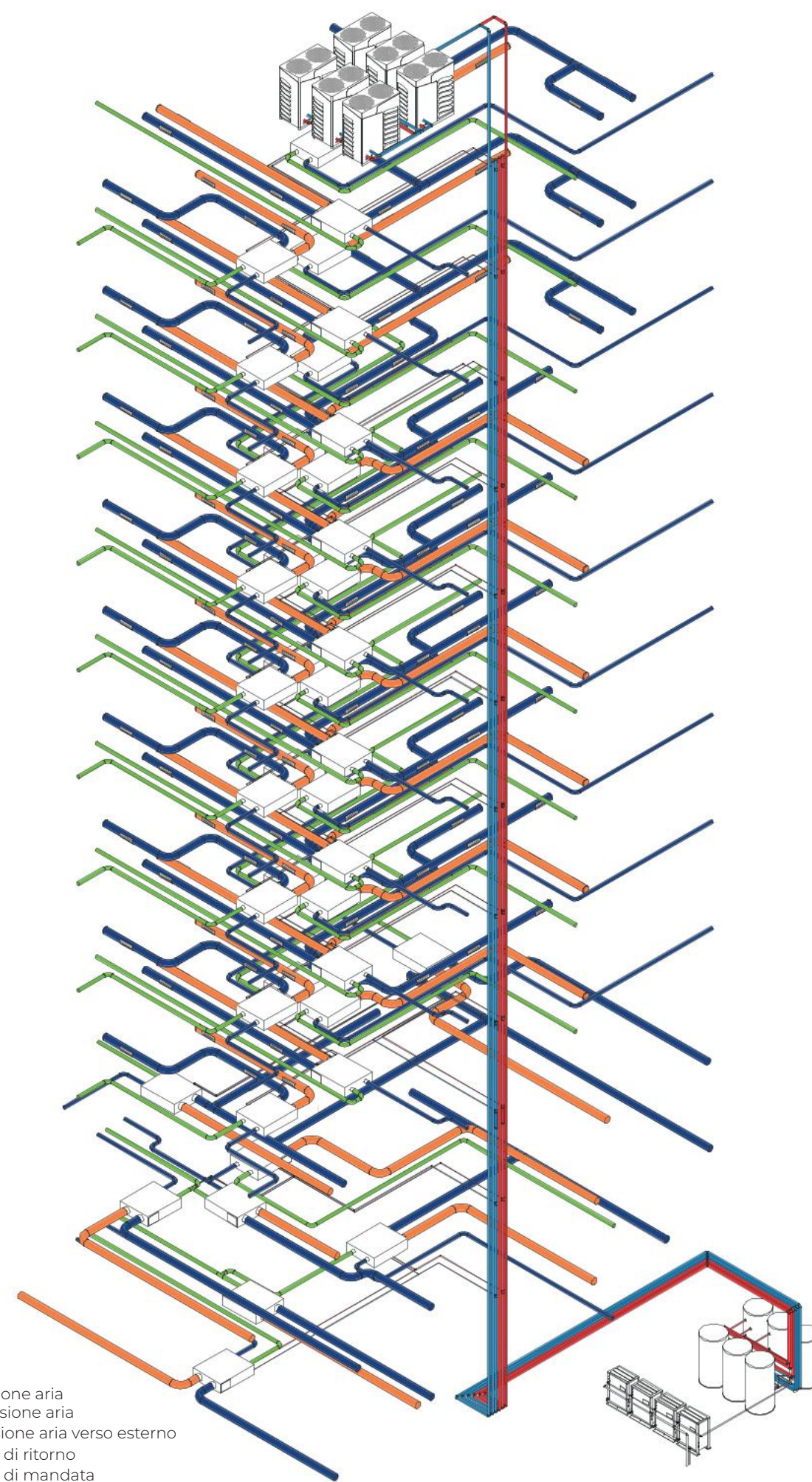
Produzione e distribuzione dell'acqua calda sanitaria

La produzione di acqua calda sanitaria è affidata allo stesso sistema di generazione che alimenta i circuiti di climatizzazione, garantendo un'integrazione completa tra i diversi servizi energetici. Le pompe di calore operano quindi in modo coordinato per soddisfare simultaneamente le esigenze di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda, contribuendo a migliorare l'efficienza globale dell'impianto.

Il sistema è dotato di un accumulo centralizzato, collocato nei piani tecnici interrati, che svolge un ruolo centrale nella gestione dei fabbisogni. L'accumulo consente infatti di stabilizzare la produzione rispetto alla variabilità della domanda, permettendo di disaccoppiare i tempi di generazione da quelli di utilizzo. Questa soluzione garantisce continuità di servizio e riduce le sollecitazioni sulle macchine, ottimizzandone il funzionamento, soprattutto nei momenti di maggiore richiesta.

La centralizzazione della produzione, associata alla presenza dell'accumulo, consente di gestire efficacemente i picchi di domanda, assicurando disponibilità immediata del servizio. Negli altri ambienti, dove i consumi sono più discontinui e concentrati, il sistema è in grado di adattarsi a profili di utilizzo variabili senza compromettere le prestazioni complessive.

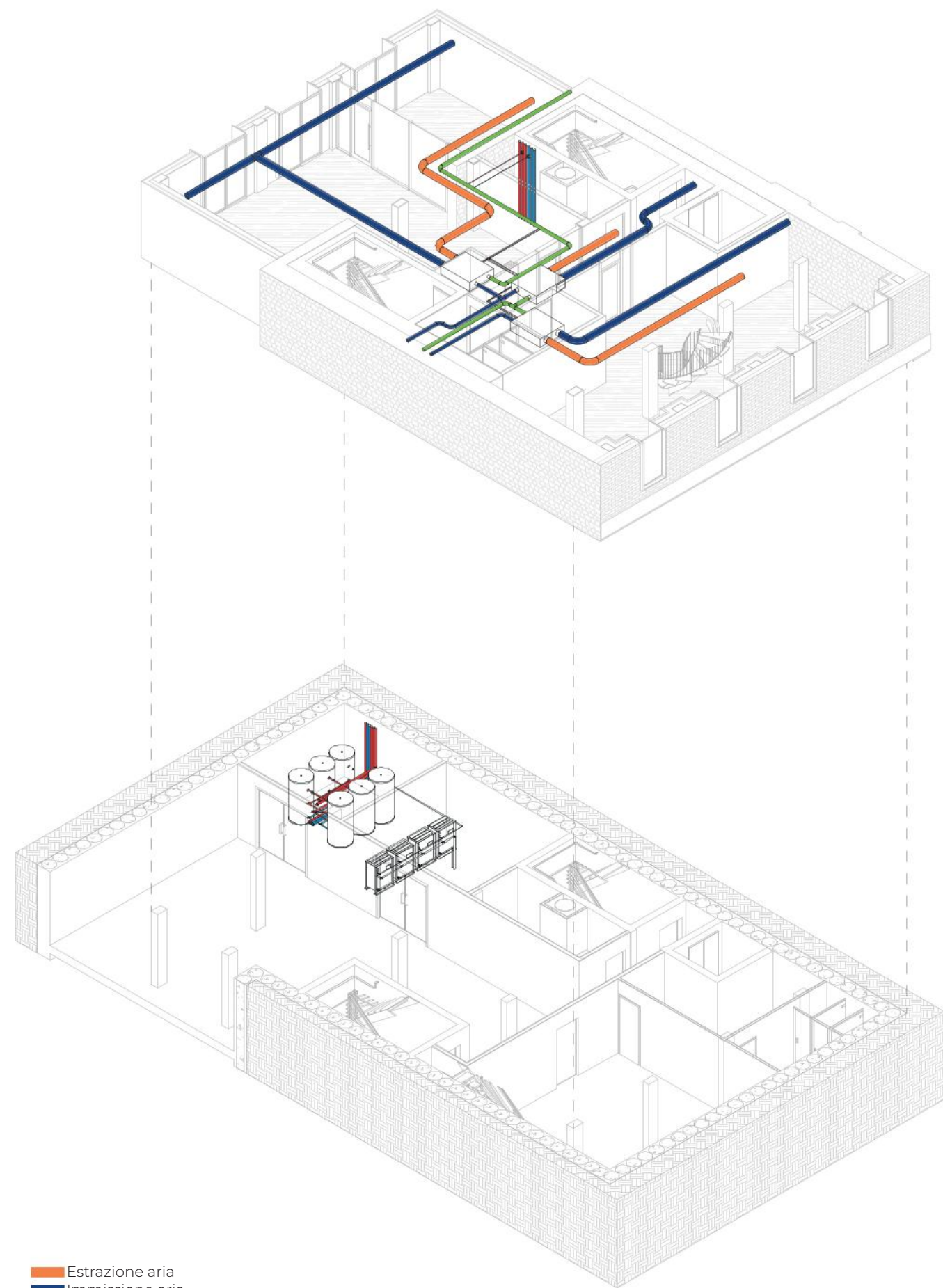
In questo modo, il sistema di acqua calda sanitaria si integra nella strategia energetica generale dell'edificio, contribuendo al raggiungimento di elevati livelli di efficienza e alla gestione coordinata dei servizi impiantistici.



- Estrazione aria
- Immissione aria
- Espulsione aria verso esterno
- Acqua di ritorno
- Acqua di mandata

[Fig.173]

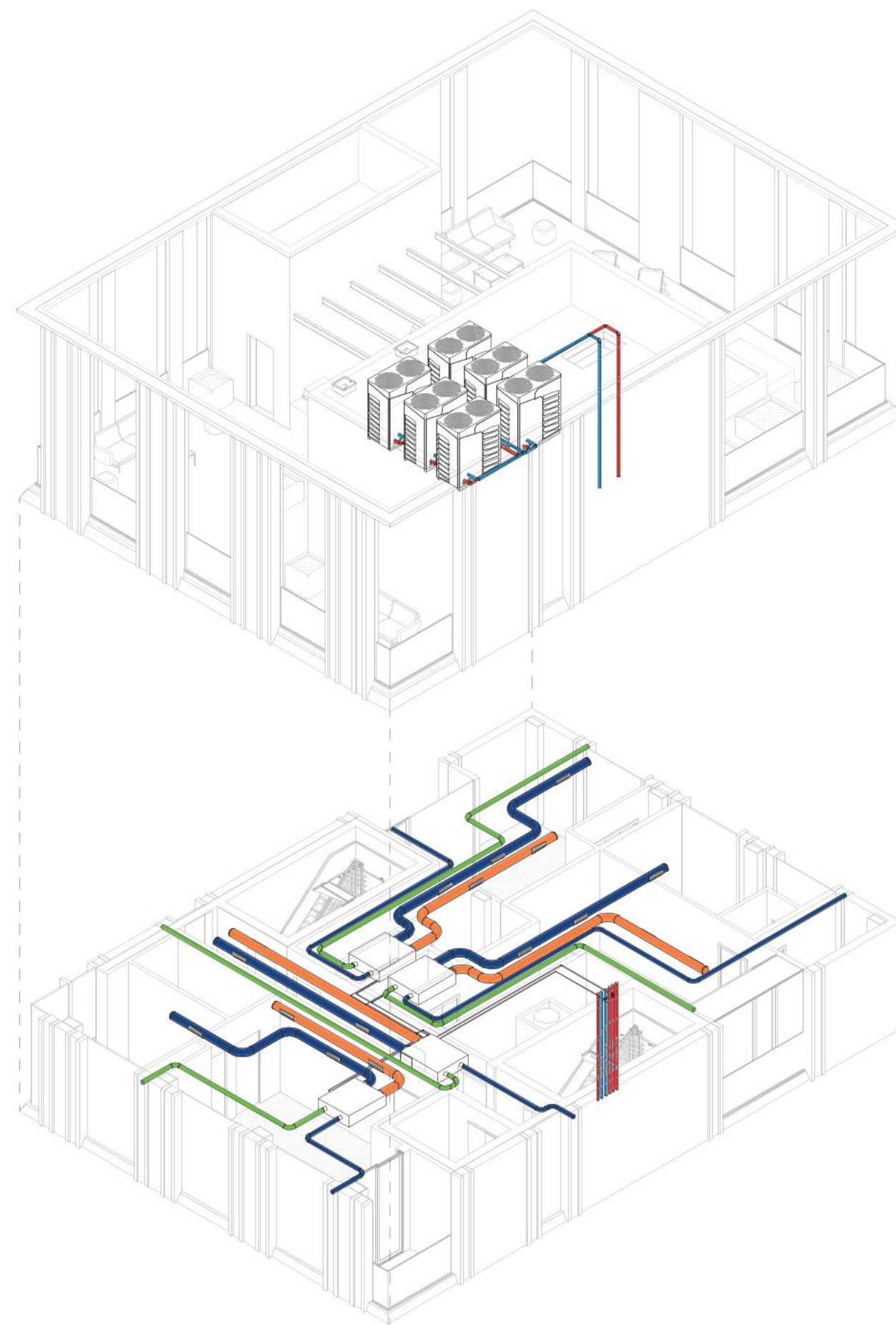
Assonometria del sistema impiantistico e dei principali circuiti di distribuzione.



[Fig.174]

- Estrazione aria
- Immissione aria
- Espulsione aria verso esterno
- Acqua di ritorno
- Acqua di mandata

Assonometria del sistema impiantistico zona uffici e interrato
[204]



[Fig.175]

Assonometria del sistema impiantistico piano tipo e copertura
[205]

Valutazione dell'impatto ambientale e riduzione delle emissioni

Approccio alla valutazione dell'impatto ambientale

La valutazione dell'impatto ambientale del progetto è stata sviluppata come estensione diretta dell'analisi energetica, con l'obiettivo di interpretare le prestazioni dell'edificio non soltanto in termini di fabbisogno, ma anche in relazione alla riduzione dei consumi e delle emissioni operative. In questo senso, la sostenibilità del progetto non deriva da un singolo dispositivo tecnologico, ma da un insieme coordinato di scelte che coinvolgono il riuso dell'esistente, il miglioramento dell'involucro, l'ottimizzazione delle superfici trasparenti, il controllo degli apporti solari e l'integrazione dei sistemi impiantistici efficienti.

L'impatto ambientale è stato quindi valutato attraverso una metodologia comparativa, basata sull'analisi di tre modelli energetici progressivi, così da consentire la verifica dell'influenza delle diverse strategie progettuali sul comportamento termo-fisico dell'edificio e la lettura del rapporto tra miglioramento prestazionale e coerenza architettonica.

La progressiva riduzione dei fabbisogni energetici rappresenta infatti il principale indicatore della diminuzione dell'impatto ambientale operativo, in quanto consente di contenere il ricorso all'energia primaria e, di conseguenza, la quota di emissioni associata alla fase d'uso dell'edificio. All'interno di questo quadro, il progetto assume valore ambientale anche per la scelta di intervenire sull'edificio esistente attraverso una logica di riqualificazione e trasformazione compatibile, piuttosto che mediante una sostituzione integrale del manufatto.

Il riuso del costruito consente infatti di conservare una parte significativa della materia esistente, riducendo l'intensità della trasformazione e limitando l'impatto complessivo dell'intervento. In un contesto storico e urbano sensibile come quello del Vieux-Montréal, la sostenibilità non coincide esclusivamente con il raggiungimento della massima prestazione numerica, ma si misura nella capacità di integrare efficienza energetica, permanenza dell'esistente e qualità architettonica.

La valutazione ambientale è stata pertanto impostata su due livelli tra loro complementari: da un lato, la misurazione della riduzione dei fabbisogni energetici e dell'energia primaria assunti come indicatori dell'impatto operativo; dall'altro, la lettura critica delle scelte progettuali, finalizzata a individuare lo scenario più equilibrato tra prestazione, compatibilità con l'edificio esistente e coerenza con il concept architettonico.

Sequenza delle strategie di riduzione dell'impatto operativo

Dal riuso dell'esistente alla diminuzione dei fabbisogni energetici e delle emissioni di CO₂ equivalente



Schema di sintesi delle strategie adottate nel Modello 3 e dei relativi effetti sulla riduzione dei fabbisogni energetici e delle emissioni operative.

Confronto tra i modelli energetici e l'impatto ambientale

La valutazione comparativa dei modelli energetici ha permesso di misurare in modo progressivo l'efficacia delle strategie adottate. Il Modello 1 costituisce lo scenario di riferimento, impostato secondo una logica di riqualificazione conforme ai requisiti minimi normativi e privo di strategie avanzate di ottimizzazione. In questa configurazione, il comportamento energetico risulta ancora fortemente condizionato dai carichi invernali, con un fabbisogno utile per il riscaldamento pari a 67,11 kWh/m²-anno e un fabbisogno utile per il raffrescamento pari a 20,81 kWh/m²-anno.

Il Modello 2 introduce un primo miglioramento selettivo, concentrato sull'involucro opaco. L'aumento delle prestazioni dell'isolamento consente una riduzione significativa del fabbisogno di riscaldamento, che scende a 13,16 kWh/m²-anno, mentre il fabbisogno di raffrescamento si riduce in misura più contenuta, attestandosi a 17,75 kWh/m²-anno. Questo risultato evidenzia come il solo incremento dell'isolamento, pur risultando molto efficace nel regime invernale, non sia sufficiente a garantire un equilibrio complessivo del comportamento energetico, soprattutto rispetto alle condizioni estive.

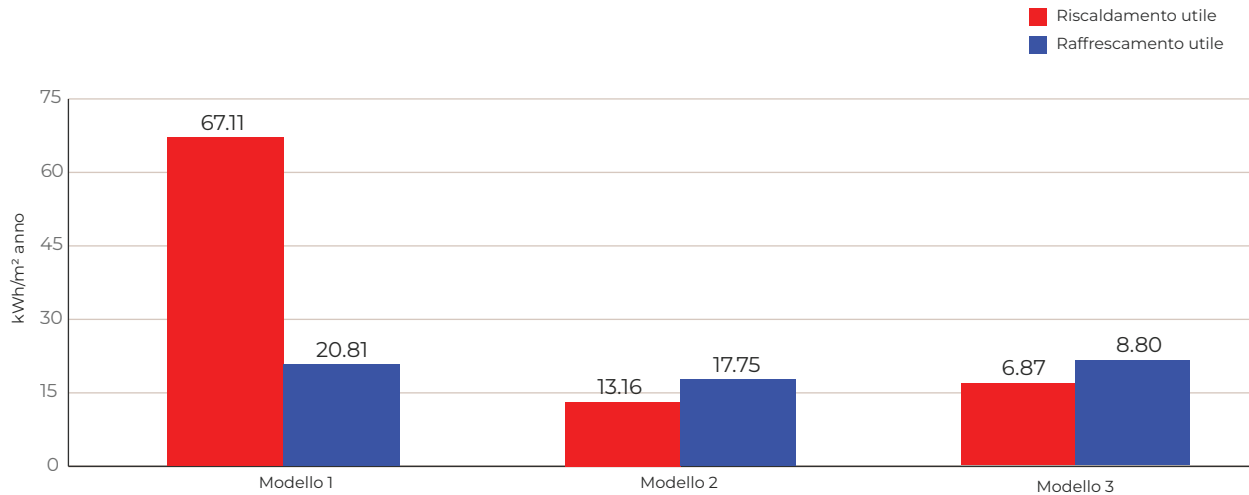
Il Modello 3 rappresenta lo scenario più equilibrato del processo di ottimizzazione. A partire dalle prestazioni dell'involucro opaco, vengono introdotti serramenti a triplo vetro basso emissivo, schermature calibrate in funzione dell'orientamento e ventilazione meccanica controllata con recupero di calore. In questa configurazione, il fabbisogno utile per il riscaldamento si riduce a 6,87 kWh/m²-anno, mentre quello per il raffrescamento scende a 8,80 kWh/m²-anno.

Rispetto al Modello 1, ciò corrisponde a una riduzione di circa l'89,8% del fabbisogno di riscaldamento e del 57,7% del fabbisogno di raffrescamento. Dal punto di vista ambientale, il confronto tra gli scenari dimostra che la riduzione dell'impatto operativo non dipende necessariamente dalla soluzione più estrema, ma dalla capacità di individuare un equilibrio tra prestazione energetica, compatibilità architettonica e coerenza progettuale.

Per questa ragione, il Modello 3 viene assunto come scenario finale di riferimento: esso consente un netto abbattimento dei fabbisogni energetici rispetto alla baseline, senza introdurre trasformazioni incompatibili con il concept architettonico e con il carattere storico del contesto di intervento.

Confronto dei fabbisogni utili di riscaldamento e raffrescamento

Valori espressi in kWh/m² anno nei quattro scenari di simulazione energetica.



[Fig.176]

[208]

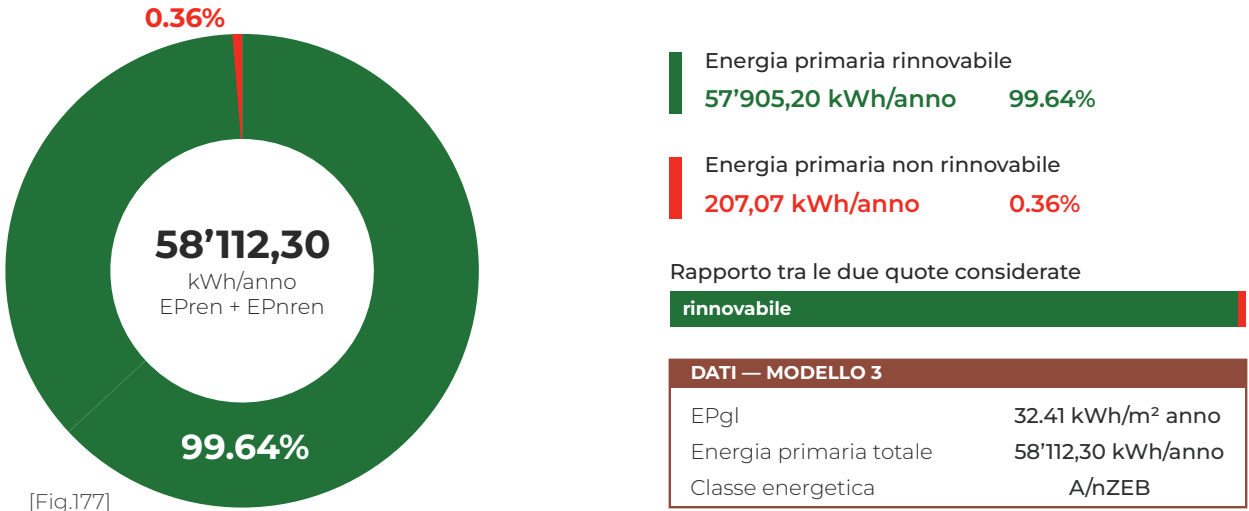
Energia primaria ed emissioni operative del modello finale

La valutazione finale del Modello 3 evidenzia l'efficacia delle strategie adottate sull'involucro e sugli impianti. Il fabbisogno di energia primaria totale è pari a 58'112,30 kWh/anno, con una quota rinnovabile del 99,64%, confermando il peso determinante dell'elettrificazione nel bilancio energetico complessivo. Le emissioni operative di CO2 equivalente, calcolate applicando il fattore emissivo dell'elettricità del Québec indicato dall'ECCC¹ per il 2026, risultano pari a 39,35 kgCO2e/anno, ovvero 0,022 kgCO2e/m²-anno.

1 Environment and Climate Change Canada (ECCC). (2025). Emission factors and reference values, Version 3.0. Government of Canada, October 2025. Section 4.2, Grid electricity consumption, Table 5.3, Electricity consumption intensities (gCO2e/kWh electricity consumed) for 2026. Québec: 1.9 gCO2e/kWh.

Quota rinnovabile e non rinnovabile dell'energia primaria

Modello 3 — rapporto tra EP rinnovabile ed EP non rinnovabile nello scenario finale selezionato



Calcolo delle emissioni operative di CO2 equivalente

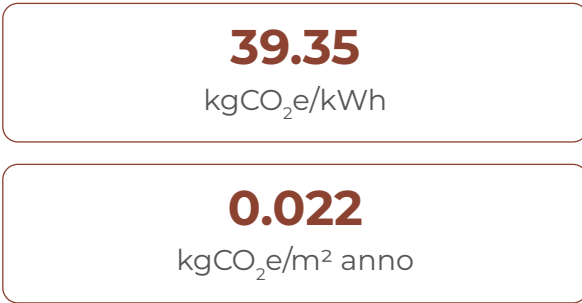
Stima delle emissioni annue associate ai consumi elettrici del modello finale, secondo il fattore emissivo ECCC per il Québec.

Calcolo della CO2

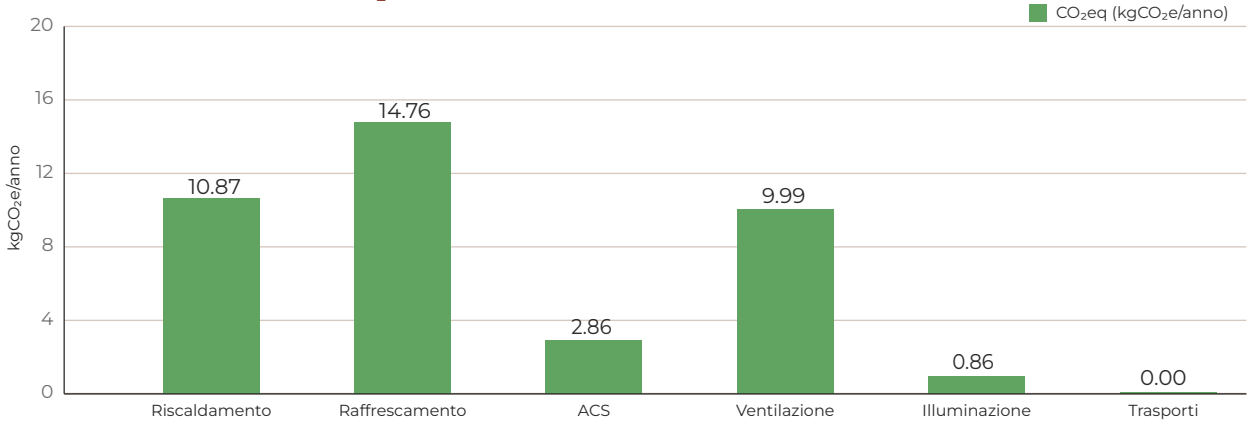
CO2eq = Eel x FEel

Le emissioni operative sono ottenute moltiplicando il fabbisogno elettrico annuo per il fattore di emissione dell'elettricità.

- CO2eq Emissioni operative annue di CO2 kgCO2e/anno
- Eel Fabbisogno elettrico annuo dell'edificio kWh/anno
- FEel Fattore di emissione dell'elettricità kgCO



Emissioni operative di CO2 per servizio



[Fig.178]

[209]

CAPITOLO 7

Valutazioni e riflessioni conclusive

P4.07.01

Dal quadro conoscitivo alla proposta di riqualificazione architettonica

La ricerca si è sviluppata come un processo progressivo di conoscenza, interpretazione, progetto e verifica, assumendo il riuso del patrimonio architettonico non come operazione di conservazione, ma come strumento di trasformazione della città esistente. Il caso studio di Rue McGill ha permesso di indagare un contesto urbano complesso, collocato tra il nucleo storico del Vieux-Montréal, il waterfront portuale e il settore direzionale del downtown, dove la stratificazione storica degli edifici convive con nuove esigenze funzionali, ambientali e abitative. Fin dall'inizio, il lavoro ha cercato di superare una lettura puramente descrittiva dell'esistente, costruendo invece un quadro operativo capace di mettere in relazione valori patrimoniali, condizioni materiali, vincoli normativi e possibilità di trasformazione. Il percorso seguito dalla tesi può essere letto attraverso cinque passaggi principali.

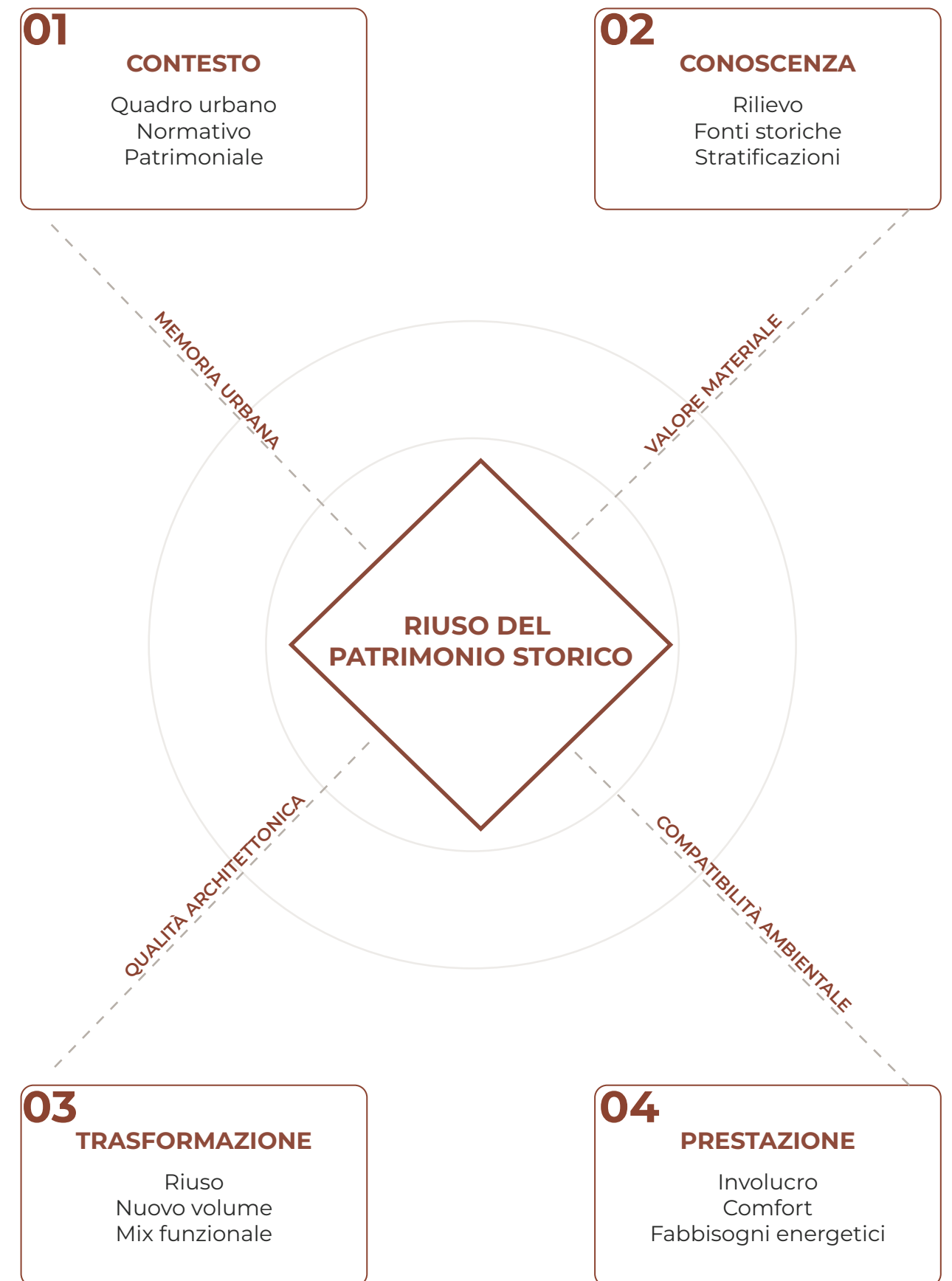
Il **primo** riguarda l'inquadramento urbano e normativo, attraverso cui Rue McGill è stata interpretata come soglia tra città storica e città contemporanea.

Il **secondo** passaggio riguarda la conoscenza dell'edificio, fondata sullo studio delle fonti storiche, sul rilievo diretto, sulla documentazione fotografica e sulla restituzione digitale. Questa fase ha consentito di riconoscere non solo le permanenze fisiche del manufatto, ma anche le sue criticità, le trasformazioni subite nel tempo e il suo potenziale.

Il **terzo** passaggio coincide con la definizione del progetto architettonico: il recupero delle preesistenze, la riorganizzazione degli spazi interni e l'inserimento del nuovo volume non sono stati considerati come azioni autonome, ma come parti di una strategia unitaria orientata a restituire continuità urbana, qualità abitativa e riconoscibilità contemporanea all'intervento.

Il **quarto** passaggio riguarda la modellazione energetica, attraverso cui le scelte progettuali sono state verificate mediante scenari progressivi di simulazione. Il progetto è stato valutato non solo dal punto di vista formale o distributivo, ma anche rispetto alla capacità di ridurre i fabbisogni energetici, migliorare il comportamento dell'involucro e integrare sistemi impiantistici coerenti con gli obiettivi ambientali della ricerca.

Il **quinto** passaggio riguarda gli esiti di questo percorso e li interpreta in una prospettiva critica. La tesi dimostra che, in un contesto storico vincolato, la sostenibilità non coincide con la ricerca della massima prestazione tecnica in senso assoluto, ma con la costruzione di un equilibrio tra tutela del patrimonio, qualità architettonica, efficienza energetica e fattibilità dell'intervento. Il valore del progetto risiede proprio in questa capacità di trasformare la memoria materiale dell'edificio in una risorsa attiva, capace di orientare nuove forme di abitare e di contribuire alla rigenerazione della città esistente.



[Fig.179]

Dati assunti per la stima parametrica

Valutazione economica preliminare fondata su superfici, volumi e criteri di stima comparativa.

Dato assunto	Valore	Origine
Superficie netta calpestabile	1.792,95 m ²	Output modello energetico
Volume lordo	7.582,98 m ³	Output modello energetico
Superficie lorda economica stimata m ²	circa 2.300 m ²	Volume lordo/altezza media
Superficie lorda economica stimata sq.ft	circa 24.700 sq.ft	conversione m ² → sq.ft
Metodo di stima	Parametrico	Fase preliminare
Orizzonte LCCA suggerito	50 anni	Ciclo di vita operativo dell'intervento

Nota metodologica

La stima ha carattere indicativo e serve al confronto tra scenari alternativi.

[Fig.181]

Confronto preliminare dei costi iniziali

Stima parametrica indicativa basata su superfici lorde, costi unitari e coefficienti di complessità.

Voce	Quantità	Costo unitario indicativo	Valore stimato
Edificio fuori terra mixed-use	24.700 sq.ft	260-320 CAD/sq.ft	6,4–7,9 M CAD
Parcheggi Locali interrati	4.500 sq.ft	145-195 CAD/sq.ft	0,65–0,88 M CAD
Complessità urbana/ patri- monio/contingenza	10–15%	coefficiente	0,71–1,32 M CAD

Totale base comune ai due scenari	7,8–10,1 M CAD
-----------------------------------	----------------

Extra-costo involucro + sistemi	8-12% del costo fuori terra	+0,5-0,9 M CAD
---------------------------------	-----------------------------	----------------

Scenario tradizionale	Scenario avanzato	Differenza scenario avanzato – tradizionale
7,8–10,1 M CAD	8,3–11,1 M CAD	+0,5–0,9 M CAD

Metodo di calcolo

Costo iniziale indicativo: $C_0 = \text{superficie lorda} \times \text{costo unitario parametrico}$

Extra-costo scenario avanzato: $\Delta C_0 = C_0 \text{ avanzato} - C_0 \text{ tradizionale}$

Risparmio operativo annuo: $S_a = \text{costo energia scenario tradizionale} - \text{costo energia scenario avanzato}$

Tempo di ritorno semplice: $\text{Payback} = \Delta C_0 / S_a$

$$LCC = C_0 + C_{\text{gestione}} + C_{\text{manutenzione}} + C_{\text{sostituzioni}} - \text{valore residuo}$$

[Fig.182]

Dati assunti per la stima parametrica

Valutazione economica preliminare fondata su superfici, volumi e criteri di stima comparativa.

Voce	Modello 1 scenario tradizionale	Modello 3 scenario avanzato	Riduzione
Riscaldamento	120.326,95 kWh/anno	12.327,53 kWh/anno	-107.999,42 kWh/anno
Raffrescamento	37.312,45 kWh/anno	15.784,37 kWh/anno	-21.528,08 kWh/anno
Acqua calda sanitaria	42.423,60 kWh/anno	6.174,03 kWh/anno	-36.249,57 kWh/anno
Fabbisogno utile complessivo	200.063,00 kWh/anno	34.285,93 kWh/anno	-165.777,07 kWh/anno

Tempo di ritorno dell'extra-investimento energetico netto

Valutazione economica preliminare fondata su superfici, volumi e criteri di stima comparativa.

Ipotesi	Extra-investimento energetico netto	Risparmio annuo stimato	Tempo di ritorno semplice
Scenario avanzato	550.000 CAD	24.867 CAD/anno	circa 22 anni

Nota metodologica

Il tempo di ritorno è calcolato sulla sola quota energetica direttamente recuperabile dell'extra-investimento. La parte restante dell'incremento di costo dello scenario avanzato viene interpretata come valore prestazionale non immediatamente monetizzabile, legato a comfort, durabilità, qualità ambientale interna, riduzione dell'obsolescenza tecnica e maggiore coerenza con gli obiettivi di decarbonizzazione.

Metodo di calcolo del tempo di ritorno

$$\Delta Q = Q_{\text{tradizionale}} - Q_{\text{avanzato}}$$

$$\Delta Q = 200.063,00 - 34.285,93 = 165.777,07 \text{ kWh/anno}$$

$$S_g = \Delta Q \times p_e$$

$$S_g = 165.777,07 \times 0,15 = 24.866,56 \text{ CAD/anno}$$

$$T_R = \Delta C_{0,netto} / S_a$$

ΔQ riduzione annua del fabbisogno utile equivalente

p_e il costo energetico equivalente assunto

S_q il risparmio economico annuo stimato

 ΔC_{netto} la quota dell'extra-investimento

[Fig.183]

La verifica mostra che, considerando la sola quota energetica direttamente recuperabile, lo scenario avanzato presenta un tempo di ritorno di circa 22 anni. Tale risultato consente di collocare l'investimento entro l'orizzonte di valutazione LCCA di 50 anni, confermando la sostenibilità economica della strategia avanzata nel medio-lungo periodo.

In questo senso, lo scenario avanzato risulta economicamente più leggibile se valutato come investimento selettivo sul ciclo di vita dell'edificio: una quota viene recuperata direttamente attraverso la riduzione dei consumi, mentre la parte restante consolida il valore tecnico, ambientale e patrimoniale dell'intervento.

P4.07.05

Considerazioni conclusive

Il percorso sviluppato dalla tesi ha consentito di verificare il riuso del patrimonio architettonico come processo progettuale, capace di integrare memoria urbana, trasformazione funzionale, qualità dello spazio e prestazione ambientale. Attraverso il caso studio di Rue McGill, la ricerca ha affrontato il tema della riqualificazione del costruito storico all'interno di un contesto urbano stratificato, in cui gli edifici esistenti partecipano alla continuità evolutiva del Vieux-Montréal e alla definizione della sua identità contemporanea.

Il lavoro ha evidenziato come l'intervento sull'edificio storico richieda una conoscenza approfondita delle sue trasformazioni, dei suoi caratteri materiali, delle sue permanenze e delle sue potenzialità. In questa prospettiva, il progetto diventa una nuova fase nella vita dell'edificio: un passaggio che si fonda sull'interpretazione critica della preesistenza e sulla capacità di trasformare la memoria costruita in risorsa attiva. L'analisi delle fonti storiche e patrimoniali, il rilievo diretto, la restituzione digitale, la modellazione BIM, lo studio dei vincoli normativi e la valutazione energetica hanno costituito gli strumenti attraverso cui costruire una base conoscitiva solida, orientata alla definizione delle scelte progettuali.

La proposta di riqualificazione sviluppata nella tesi assume il patrimonio come matrice dell'intervento. La conservazione delle parti storiche, la riorganizzazione degli spazi interni, la riattivazione del sistema delle corti e l'inserimento di un nuovo volume contemporaneo concorrono alla costruzione di un equilibrio tra continuità e trasformazione. Il progetto introduce nuovi usi e nuove prestazioni, rafforzando al tempo stesso la leggibilità della preesistenza e il suo ruolo all'interno del tessuto urbano.

Il nuovo intervento stabilisce un rapporto di compatibilità attraverso la distinzione. L'arretramento della sopraelevazione, la differenziazione materica, la continuità degli allineamenti e la reinterpretazione delle regole compositive esistenti diventano strumenti progettuali attraverso cui la nuova architettura si inserisce nel contesto storico in modo riconoscibile e coerente. La sopraelevazione viene quindi intesa come parte di una strategia più ampia di densificazione controllata, in cui il valore urbano dell'intervento deriva dalla capacità di completare l'organismo edilizio e di proseguirne il racconto stratificato.





[Fig.185]

[220]

Parallelamente alla definizione architettonica, la simulazione energetica ha permesso di verificare il ruolo delle scelte progettuali nella riduzione dei fabbisogni e dell'impatto operativo dell'edificio. Il confronto tra i diversi scenari ha evidenziato come il miglioramento prestazionale derivi dalla combinazione coordinata di più strategie: incremento delle prestazioni dell'involucro opaco, impiego di serramenti ad alte prestazioni, controllo degli apporti solari, ventilazione meccanica con recupero di calore e integrazione impiantistica. In questo modo, la valutazione energetica diventa parte integrante del processo progettuale e consente di misurare gli effetti delle scelte architettoniche in termini di comfort, efficienza e sostenibilità ambientale.

Il Modello 3, assunto come scenario finale di riferimento, rappresenta il punto di equilibrio più coerente tra prestazione energetica, compatibilità architettonica e rispetto del contesto storico-patrimoniale. Il raggiungimento della classe A/nZEB, con un indice di prestazione energetica globale pari a 32,41 kWh/m²-anno, conferma la possibilità di conseguire livelli elevati di efficienza anche in un edificio caratterizzato da condizioni morfologiche, climatiche e conservative complesse. Il risultato ottenuto dimostra che l'intervento sul patrimonio costruito può rispondere alle esigenze contemporanee di riduzione dei consumi mantenendo una relazione attenta con i caratteri storici e materiali della preesistenza.

La riduzione dell'impatto ambientale deriva da una progettazione selettiva e calibrata, capace di riconoscere il valore delle parti storiche e di concentrare gli interventi più incisivi negli ambiti compatibili con la trasformazione. In questo quadro, conservazione e miglioramento energetico diventano componenti complementari di una stessa strategia. La riqualificazione dell'edificio si configura come un processo in cui la tutela della memoria costruita e l'aggiornamento prestazionale concorrono alla definizione di un nuovo equilibrio tra permanenza, adattamento e qualità ambientale.

Anche la valutazione economica preliminare conferma questa impostazione. Il confronto tra uno scenario tradizionale e uno scenario avanzato ha mostrato come le soluzioni ad alte prestazioni comportino un incremento del costo iniziale, accompagnato da una maggiore capacità dell'edificio di ridurre i fabbisogni operativi, contenere l'esposizione ai futuri adeguamenti normativi e mantenere nel tempo un più alto livello di qualità ambientale e funzionale. Nel caso di Rue McGill, il valore dell'intervento deve quindi essere letto in una prospettiva di lungo periodo, considerando non solo il costo di costruzione, ma anche la durata, l'adattabilità e il contributo dell'edificio alla transizione low-carbon della città.

La tesi definisce un metodo di lavoro fondato su una sequenza precisa: conoscere, interpretare, progettare, verificare e valutare. La conoscenza del contesto e della preesistenza orienta le scelte architettoniche; la modellazione energetica ne misura gli effetti; la valutazione economica introduce una lettura di fattibilità, durata e sostenibilità nel tempo. L'integrazione di questi passaggi costituisce uno dei principali contributi della ricerca, delineando un approccio critico e operativo per futuri interventi sul patrimonio costruito, in cui progetto architettonico, prestazione energetica e valore urbano concorrono alla rigenerazione della città esistente.

[221]

Il progetto assume così un ruolo critico e operativo: interpreta il passato, risponde alle necessità del presente e orienta scenari futuri più sostenibili, consapevoli e durevoli. Nel contesto del Vieux-Montréal, dove ogni edificio partecipa alla costruzione di una memoria collettiva stratificata, intervenire sull'esistente significa aggiungere un nuovo capitolo alla storia urbana. La continuità diventa quindi una forma attiva di trasformazione, capace di restituire valore al patrimonio costruito e di contribuire alla rigenerazione della città contemporanea.



[APPENDICI]

Scheda MRI

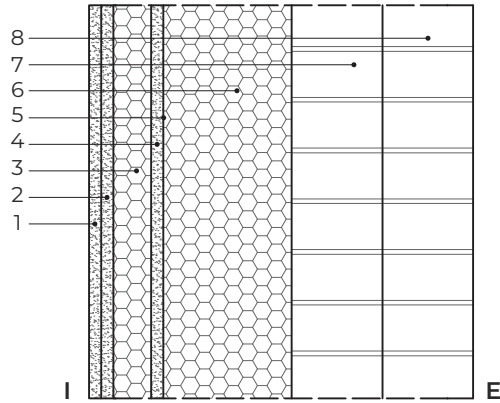
Titolo: M1 - Parete opaca esterna multistrato con isolamento naturale e rivestimento in mattoni faccia a vista
Descrizione: Stratigrafia multistrato con doppio rivestimento interno in gesso, isolamento in fibra di canapa con barriera al vapore e doppio paramento esterno in mattoni faccia a vista.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
3	*Nature Fibres Profib® Mat	100	0.0400	0.4000	4.00	1.0000	1 ' 800	2.5000
4	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	16	0.2500	15.6250	15.76	19.3000	835	0.0640
5	Barriera al vapore Riwega DS 1500 SYN	1	0.2200	220.0000	0.29	barriera	1 ' 700	0.0045
6	*Nature Fibres Profib® Mat	170	0.0400	0.2353	6.80	1.0000	1 ' 800	4.2500
7	Mattone faccia a vista esistente	120		3.2258	144.00	9.3826	1 ' 000	0.3100
8	Mattone faccia a vista esistente	120		3.2258	144.00	9.3826	1 ' 000	0.3100
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 559 [mm]
 Trasmittanza termica globale = 0.1289 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 7.7608 [m²K/W]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 337.89 [kg/m²]
 Massa superficiale totale = 337.89 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 23.484 [kJ/m2K]
 Trasmittanza termica periodica = 0.0056 [W/m2K]
 Fattore di attenuazione = 0.04 [-]
 Sfasamento = 19.19 [h]



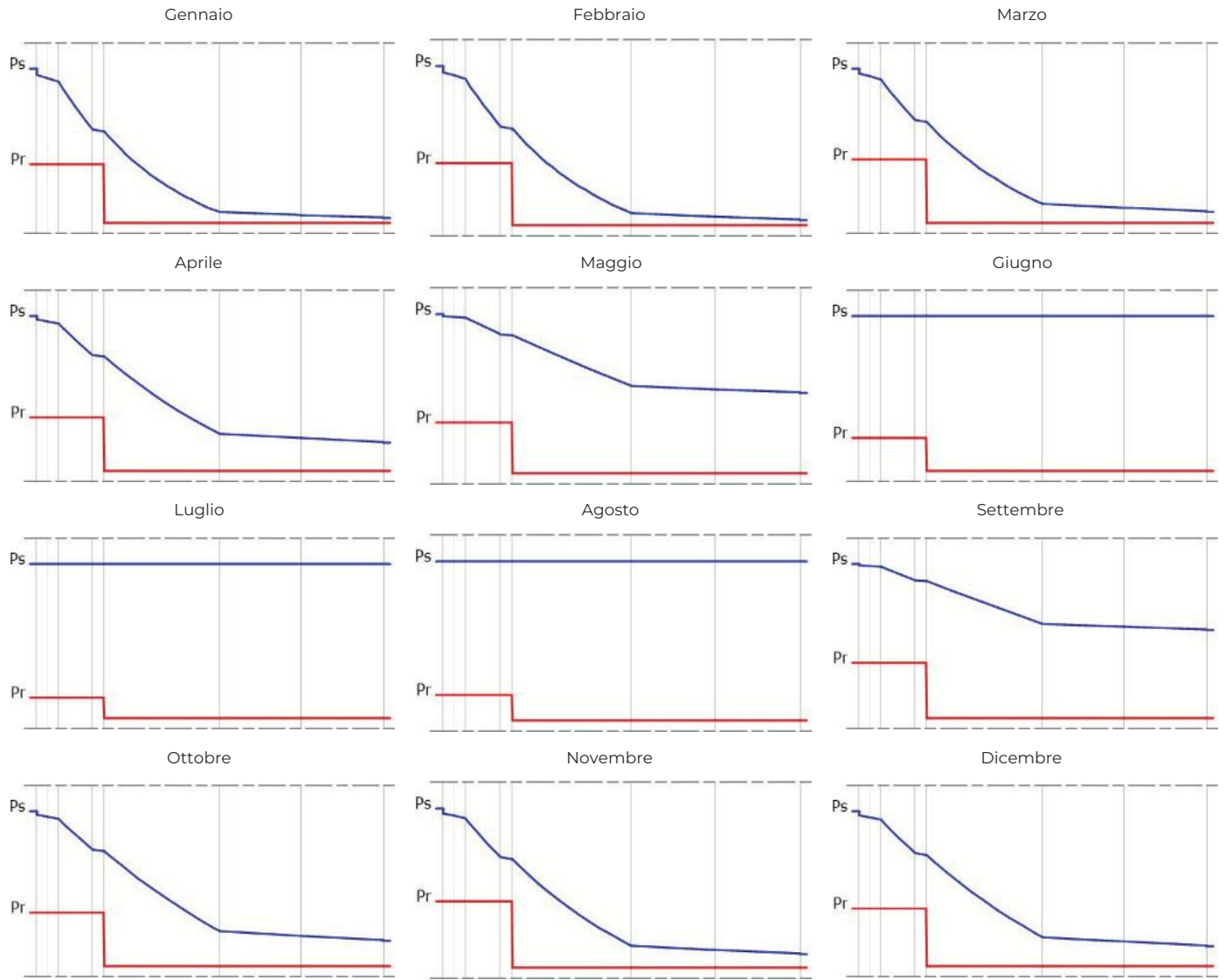
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 062.8	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	2 ' 062.8	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 ' 009.6	1 ' 056.3	1 ' 184.8	1 ' 236.2	1 ' 351.2	1 ' 612.2	1 ' 839.3	1 ' 817.7	1 ' 592.5	1 ' 371.8	1 ' 297.0	1 ' 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 ' 262.0	1 ' 320.4	1 ' 481.0	1 ' 545.3	1 ' 688.9	2 ' 015.3	2 ' 299.2	2 ' 272.1	1 ' 990.6	1 ' 714.7	1 ' 621.3	1 ' 656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno SUD												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 ' 546.6	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	1 ' 748.8	1 ' 101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 ' 020.8	1 ' 465.7	1 ' 739.9	1 ' 716.6	1 ' 329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.3219
4	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Barriera al vapore Riwega DS 1500 SYN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
7	Mattone faccia a vista	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
8	Mattone faccia a vista	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9616, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Titolo: M2 - Muratura portante massiva in blocchi di pietra naturale
Descrizione: Parete opaca monostrato costituita da blocchi in pietra naturale con spessore di 700 mm, avente funzione strutturale e portante.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Blocchi in pietra	700	2.4000	3.4286	1 '750.00	10 '000.0000	1 '000	0.2917
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

Spessore totale = 700 [mm]

Trasmittanza termica globale = 2.1667 [W/m²K]

Resistenza termica globale = 0.4615 [m²K/W]

Massa superficiale (netto intonaci) = 1 '750.00 [kg/m²]

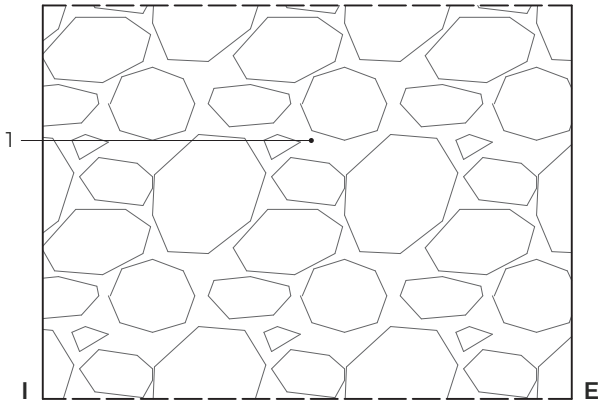
Massa superficiale totale = 1 '750.00 [kg/m²]

Capacità termica areica = 82.323 [kJ/m2K]

Trasmittanza termica periodica = 0.0949 [W/m2K]

Fattore di attenuazione = 0.04 [-]

Sfasamento = 17.04 [h]



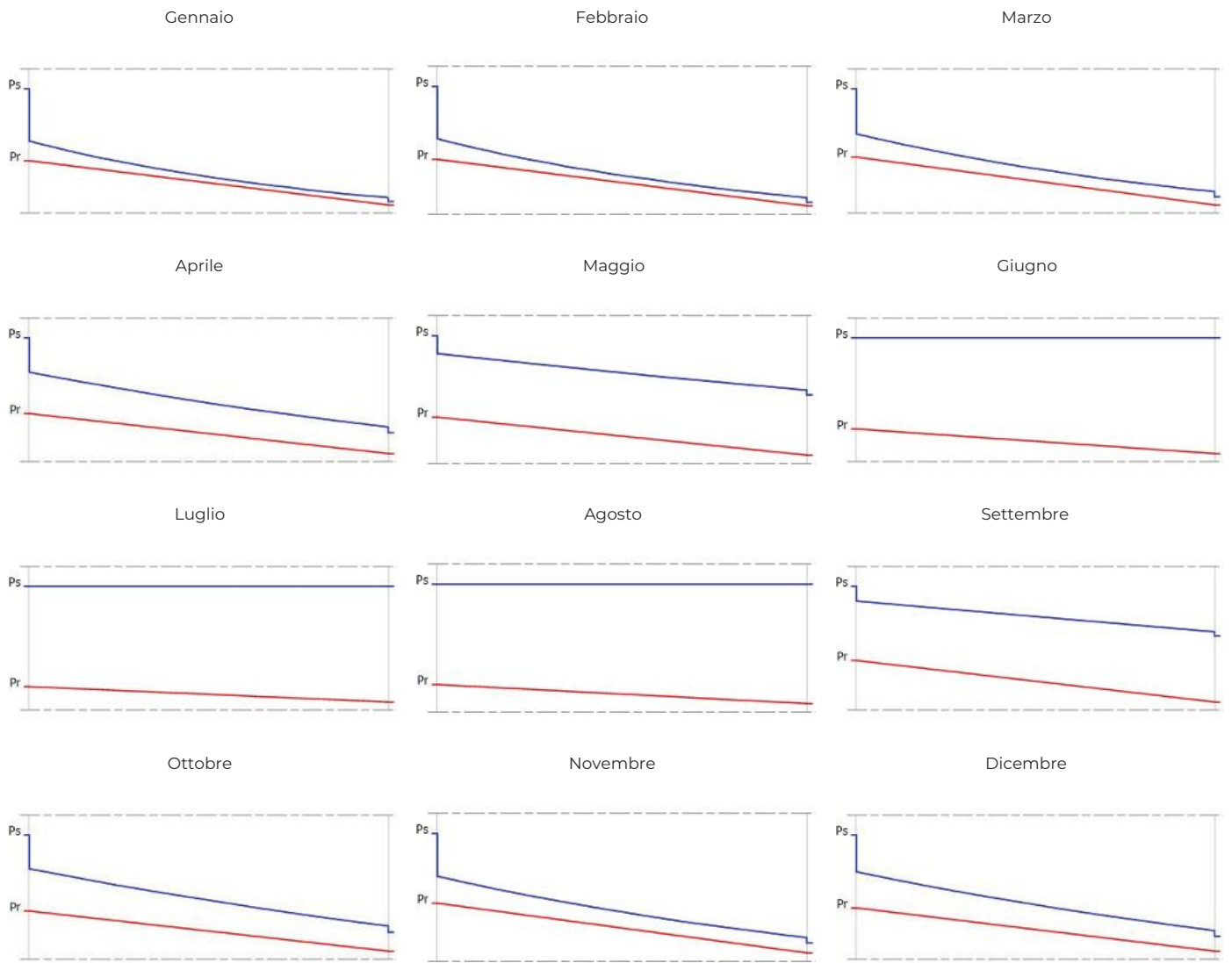
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '062.8	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	2 '062.8	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0
Pressione relativa [Pa]	1 '009.6	1 '056.3	1 '184.8	1 '236.2	1 '351.2	1 '612.2	1 '839.3	1 '817.7	1 '592.5	1 '371.8	1 '297.0	1 '325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fattore di temperatura	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FACCIA ESTERNA - Esterno OVEST												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 '546.6	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	1 '748.8	1 '101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 '020.8	1 '465.7	1 '739.9	1 '716.6	1 '329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Blocchi in pietra	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.0000, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.0000, mese critico = Annuale, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.0000 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Scheda MR3

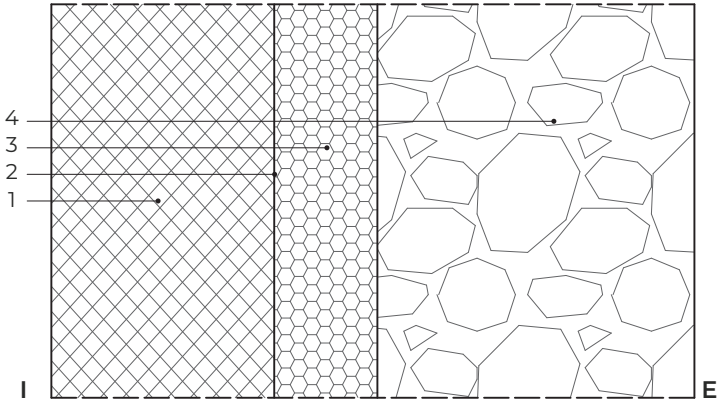
Titolo: M3 - Parete composita in calcestruzzo armato con isolamento interno e muratura storica in pietra
Descrizione: Stratigrafia composta da nuova struttura portante in calcestruzzo armato (450 mm), freno al vapore lato caldo, isolamento in pannelli di fibra di canapa e muratura esistente in blocchi di pietra (650 mm). L'intervento migliora significativamente le prestazioni energetiche dell'involucro mantenendo la massa e il carattere costruttivo storico.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mk]	Conduttanza [W/m² K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m² K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Calcestruzzo armato	450	0.8500	1.8889	1 '080.00	148.4615	1 '000	0.5294
2	Freno al vapore	0	0.2200	2 '200.0000	0.02	barriera	1 '700	0.0005
3	*Nature Fibres Profib® Mat	200	0.0400	0.2001	8.00	1.0000	1 '800	4.9975
4	Blocchi in pietra	650	2.4000	3.6923	1 '625.00	10 '000.0000	1 '000	0.2708
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 1 '300 [mm]
 Trasmissanza termica globale = 0.1676 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 5.9681 [m²K/W]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 2 '713.02 [kg/m²]
 Massa superficiale totale = 2 '713.02 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 69.919 [kJ/m2K]
 Trasmissanza termica periodica = 0.0000 [W/m2K]
 Fattore di attenuazione = 0.00 [-]
 Sfasamento = 15.08 [h]



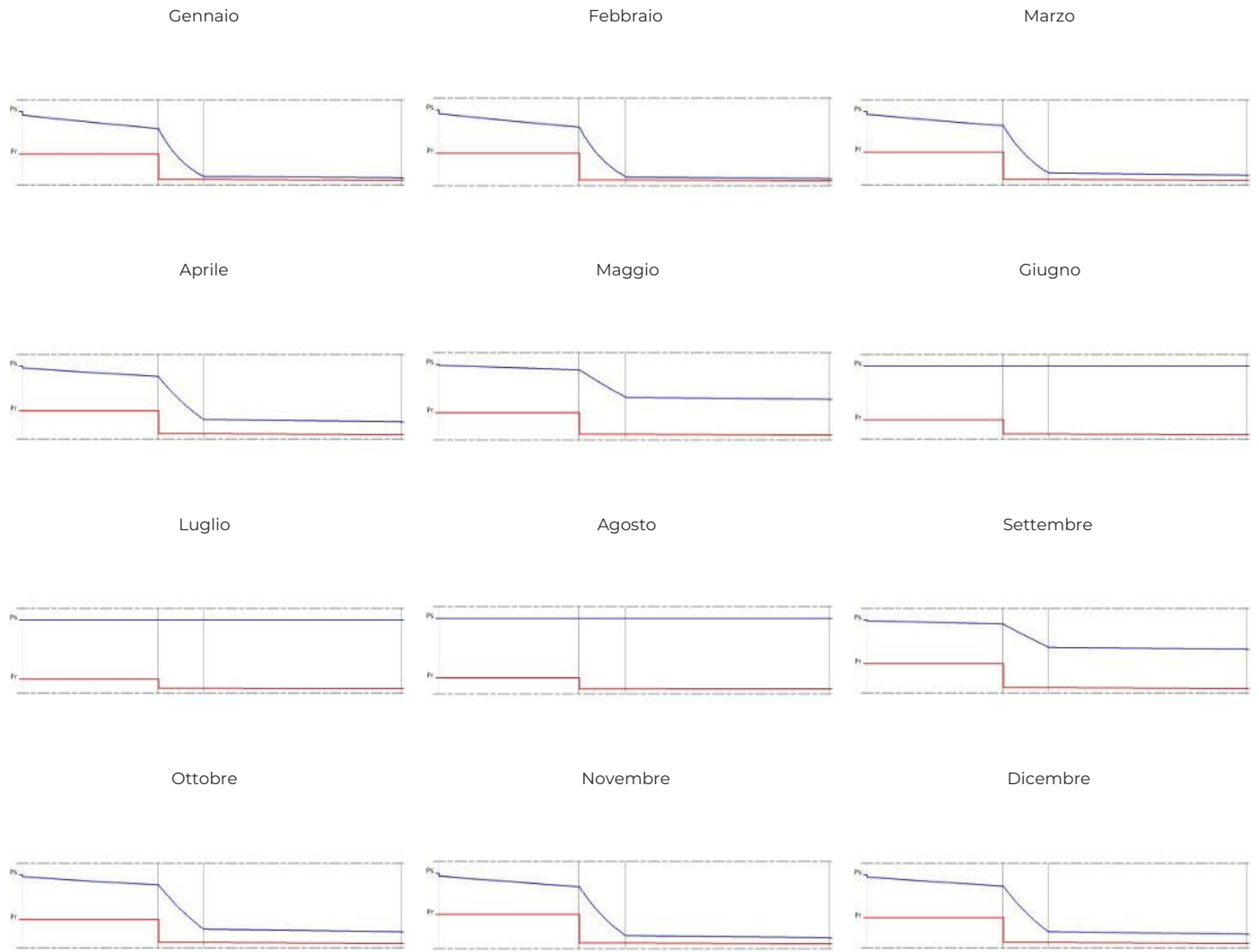
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '062.8	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	2 '062.8	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0
Pressione relativa [Pa]	1 '009.6	1 '056.3	1 '184.8	1 '236.2	1 '351.2	1 '612.2	1 '839.3	1 '817.7	1 '592.5	1 '371.8	1 '297.0	1 '325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 '262.0	1 '320.4	1 '481.0	1 '545.3	1 '688.9	2 '015.3	2 '299.2	2 '272.1	1 '990.6	1 '714.7	1 '621.3	1 '656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno OVEST												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 '546.6	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	1 '748.8	1 '101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 '020.8	1 '465.7	1 '739.9	1 '716.6	1 '329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Calcestruzzo armato	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
2	Freno al vapore	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
4	Blocchi in pietra	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9470, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Scheda MR4

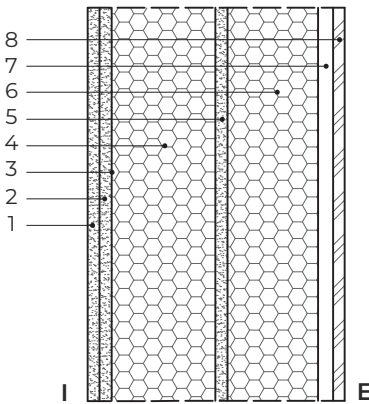
Titolo: M4 - Parete leggera con isolamento in fibra di canapa e rivestimento in pannelli di alluminio composito
Descrizione: Stratigrafia leggera con doppia lastra in gesso rivestito interna, freno al vapore lato caldo, isolamento in fibra di canapa, intercapedine ventilata e rivestimento esterno in pannelli di alluminio composito. Sistema a secco ad alte prestazioni termo-igrometriche.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mk]	Conduttanza [W/m² K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m² K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 '000	0.0762
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 '000	0.0762
3	Freno al vapore	0	0.2200	2 '200.0000	0.02	barriera	1 '700	0.0005
4	*Nature Fibres Profib® Mat	137	0.0400	0.2922	4.11	193.0000	2 '000	3.4225
5	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 '000	0.0762
6	*Nature Fibres Profib® Mat	170	0.0400	0.2353	6.80	1.0000	1 '800	4.2500
7	Strato d'aria verticale da 2 cm	20		5.7143	0.03	1.0000	1 '008	0.1750
8	Pannello di rivestimento in alluminio composito	15	0.0230	1.5333	0.60	60.0000	1 '400	0.6522
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 390 [mm]
 Trasmittanza termica globale = 0.1124 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 8.8986 [m²K/W]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 47.48 [kg/m²]
 Massa superficiale totale = 47.48 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 24.092 [kJ/m2K]
 Trasmittanza termica periodica = 0.0270 [W/m2K]
 Fattore di attenuazione = 0.24 [-]
 Sfasamento = 10.59 [h]

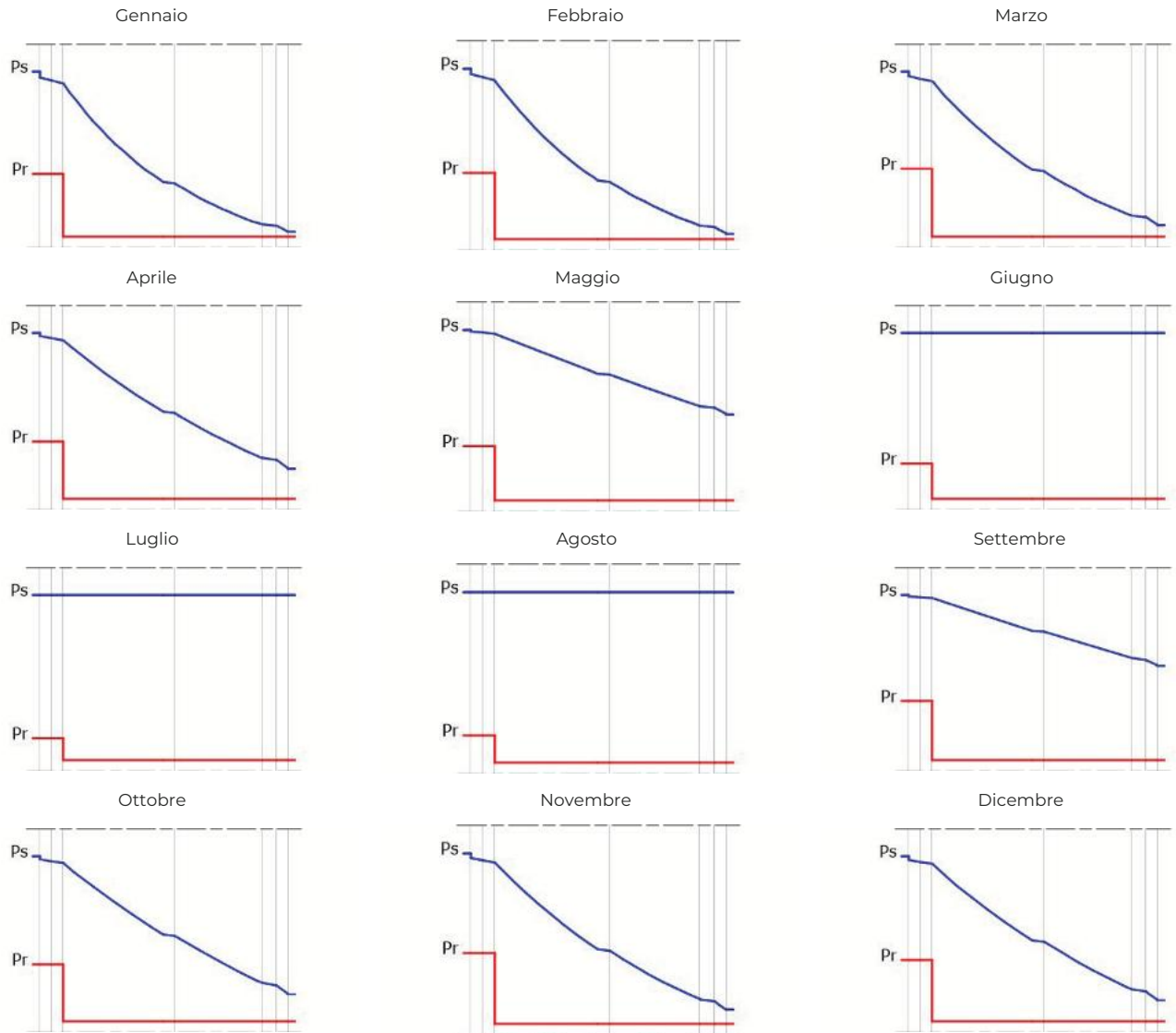


Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)												
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '062.8	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	2 '062.8	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0
Pressione relativa [Pa]	1 '009.6	1 '056.3	1 '184.8	1 '236.2	1 '351.2	1 '612.2	1 '839.3	1 '817.7	1 '592.5	1 '371.8	1 '297.0	1 '325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 '262.0	1 '320.4	1 '481.0	1 '545.3	1 '688.9	2 '015.3	2 '299.2	2 '272.1	1 '990.6	1 '714.7	1 '621.3	1 '656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno OVEST												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 '546.6	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	1 '748.8	1 '101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 '020.8	1 '465.7	1 '739.9	1 '716.6	1 '329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Freno al vapore	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
5	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
7	Strato d'aria verticale da 2 cm	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	Pannello di rivestimento in alluminio composito	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
TOTALE		0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9673, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Scheda MR5

Titolo: M5 - Parete leggera con isolamento in fibra di canapa e rivestimento in pannelli esterno in pietra naturale ricostituita _ sistema STONEO.

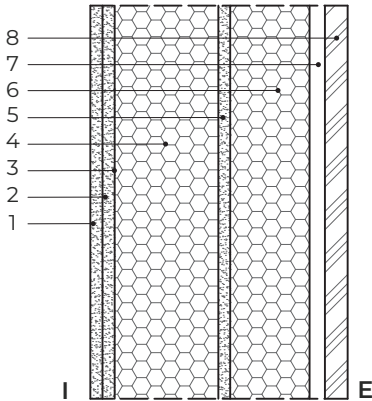
Descrizione: Stratigrafia leggera composta da doppia lastra interna in gesso rivestito, freno al vapore lato caldo, isolamento in pannelli di fibra di canapa, intercapedine d_aria ventilata e rivestimento esterno in pietra naturale ricostituita _ sistema STONEO.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m² K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m² K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
3	Freno al vapore	0	0.2200	2 ' 200.0000	0.02	barriera	1 ' 700	0.0005
4	*Nature Fibres Profib® Mat	137	0.0400	0.2922	4.11	193.0000	2 ' 000	3.4225
5	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
6	*Nature Fibres Profib® Mat	155	0.0400	0.2581	6.20	1.0000	1 ' 800	3.8750
7	Strato d'aria verticale da 2 cm	20		5.7143	0.03	1.0000	1 ' 008	0.1750
8	Pannello di finitura esterna in pietra naturale – STONEO	30	1.1000	36.6667	54.00	40.0000	1 ' 000	0.0273
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 390 [mm]
 Trasmittanza termica globale = 0.1266 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 7.8987 [m²K/W]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 100.28 [kg/m²]
 Massa superficiale totale = 100.28 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 24.221 [kJ/m2K]
 Trasmittanza termica periodica = 0.0361 [W/m2K]
 Fattore di attenuazione = 0.29 [-]
 Sfasamento = 10.36 [h]



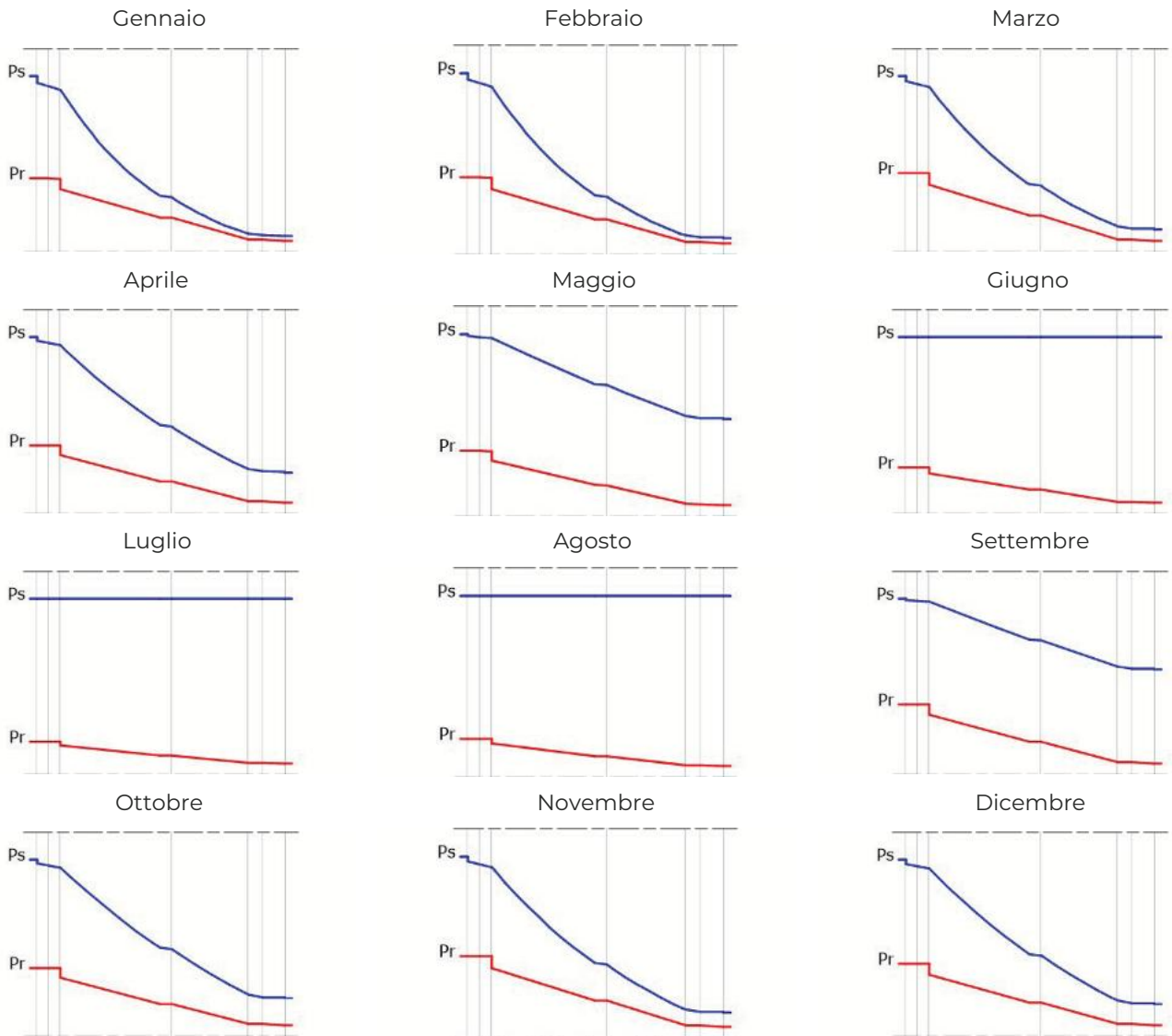
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 062.8	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	2 ' 062.8	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 ' 009.6	1 ' 056.3	1 ' 184.8	1 ' 236.2	1 ' 351.2	1 ' 612.2	1 ' 839.3	1 ' 817.7	1 ' 592.5	1 ' 371.8	1 ' 297.0	1 ' 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 ' 262.0	1 ' 320.4	1 ' 481.0	1 ' 545.3	1 ' 688.9	2 ' 015.3	2 ' 299.2	2 ' 272.1	1 ' 990.6	1 ' 714.7	1 ' 621.3	1 ' 656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno SUD												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 ' 546.6	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	1 ' 748.8	1 ' 101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 ' 020.8	1 ' 465.7	1 ' 739.9	1 ' 716.6	1 ' 329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Freno al vapore	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
5	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
7	Strato d'aria verticale da 2 cm	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	Pannello di finitura esterna in pietra naturale – STONEO	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9624, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

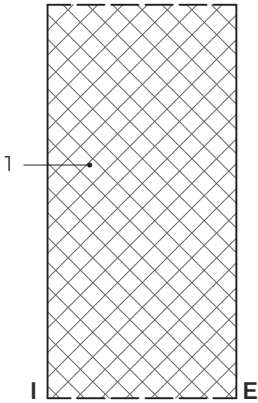
Scheda MR6

Titolo: M6 - Setto strutturale in calcestruzzo armato
Descrizione: Parete monostrato in calcestruzzo armato di spessore 250 mm con funzione portante e strutturale. Elemento ad elevata massa termica ma con prestazioni energetiche limitate in assenza di isolamento

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Calcestruzzo armato	250	0.8500	3.4000	600.00	148.4615	1 ' 000	0.2941
	Adduttanza esterna	0		7.7000				0.1299

Spessore totale = 250 [mm]
Trasmittanza termica globale = 1.8055 [W/m²K]
Resistenza termica globale = 0.5539 [m²K/W]
Massa superficiale (netto intonaci) = 600.00 [kg/m²]
Massa superficiale totale = 600.00 [kg/m²]
Capacità termica areica = 74.532 [kJ/m2K]
Trasmittanza termica periodica = 0.3366 [W/m2K]
Fattore di attenuazione = 0.19 [-]
Sfasamento = 10.39 [h]

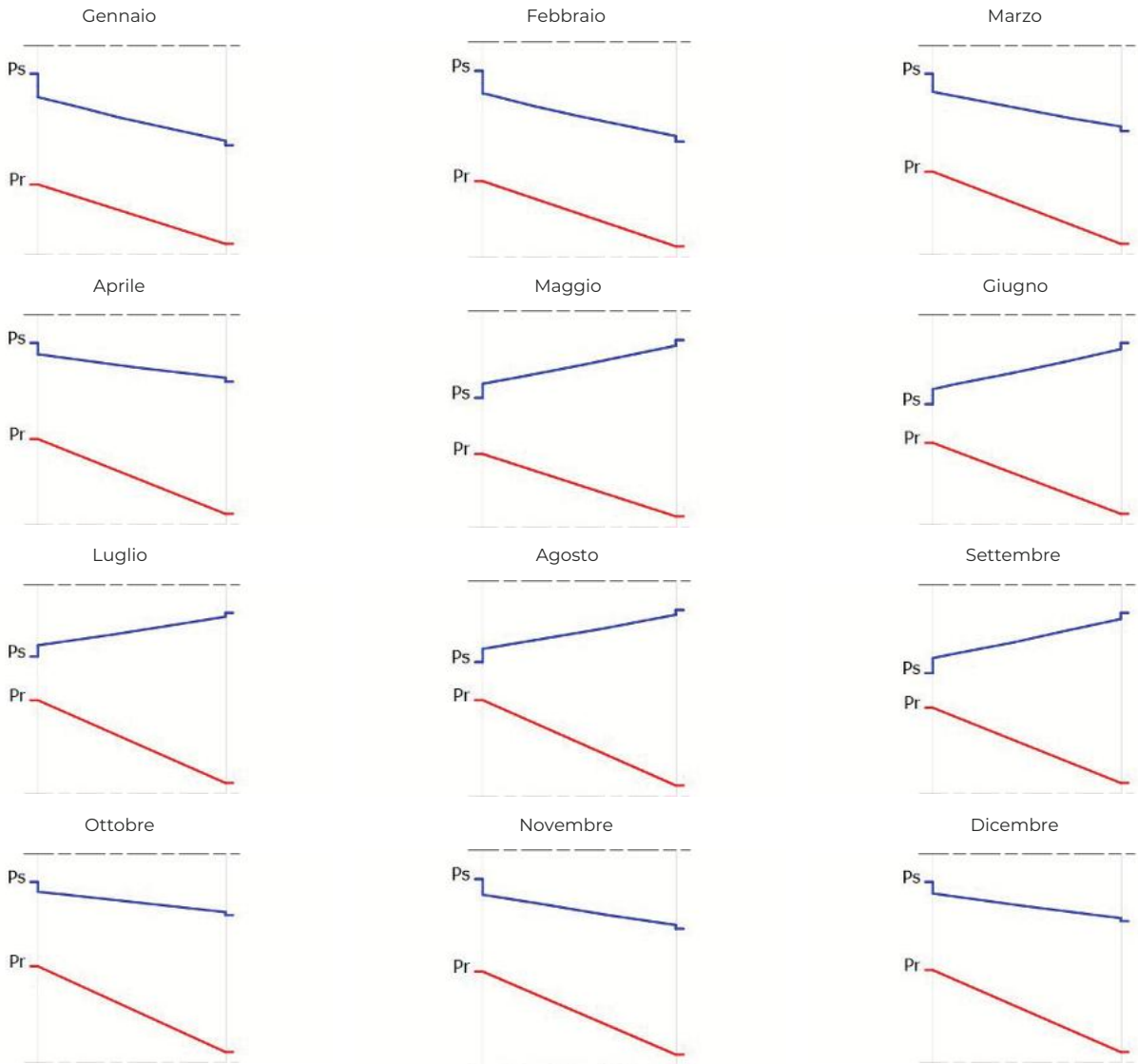


Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)												
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 062.8	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	2 ' 062.8	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 ' 009.6	1 ' 056.3	1 ' 184.8	1 ' 236.2	1 ' 351.2	1 ' 612.2	1 ' 839.3	1 ' 817.7	1 ' 592.5	1 ' 371.8	1 ' 297.0	1 ' 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fattore di temperatura	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FACCIA ESTERNA - Ambiente non climatizzato												
Temperatura [°C]	12.8	13.2	14.6	16.7	23.0	24.2	24.8	24.6	23.4	17.2	15.6	16.6
Pressione saturazione [Pa]	1 ' 476.0	1 ' 521.2	1 ' 664.3	1 ' 899.6	2 ' 801.6	3 ' 023.0	3 ' 125.7	3 ' 085.1	2 ' 880.8	1 ' 959.1	1 ' 774.4	1 ' 888.0
Pressione relativa [Pa]	295.2	304.2	332.9	379.9	560.3	604.6	625.1	617.0	576.2	391.8	354.9	377.6
Umidità relativa [%]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Calcestruzzo armato	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	NON RICHIESTA	

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Scheda MR7

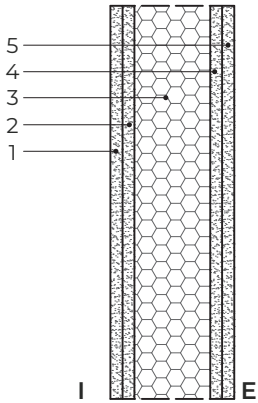
Titolo: M7 - Parete interna leggera isolata in fibra di canapa con doppia lastra in gesso rivestito
Descrizione: Parete divisoria composta da doppia lastra in gesso rivestito su entrambi i lati e isolamento centrale in pannelli di fibra di canapa (100 mm).

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mk]	Conduttanza [W/m² K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m² K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	13	0.2100	16.1538	9.36	4.0000	1 '000	0.0619
2	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	13	0.2500	19.2308	12.81	19.3000	835	0.0520
3	*Nature Fibres Profib® Mat	100	0.0400	0.4000	3.00	193.0000	2 '000	2.5000
4	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	13	0.2500	19.2308	12.81	19.3000	835	0.0520
5	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	13	0.2500	19.2308	12.81	19.3000	835	0.0520
	Adduttanza esterna	0		7.7000				0.1299

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 152 [mm]
Trasmittanza termica globale = 0.3358 [W/m²K]
Resistenza termica globale = 2.9776 [m²K/W]
Massa superficiale (netto intonaci) = 50.78 [kg/m²]
Massa superficiale totale = 50.78 [kg/m²]
Capacità termica areica = 21.966 [kJ/m2K]
Trasmittanza termica periodica = 0.3095 [W/m2K]
Fattore di attenuazione = 0.92 [-]
Sfasamento = 2.90 [h]

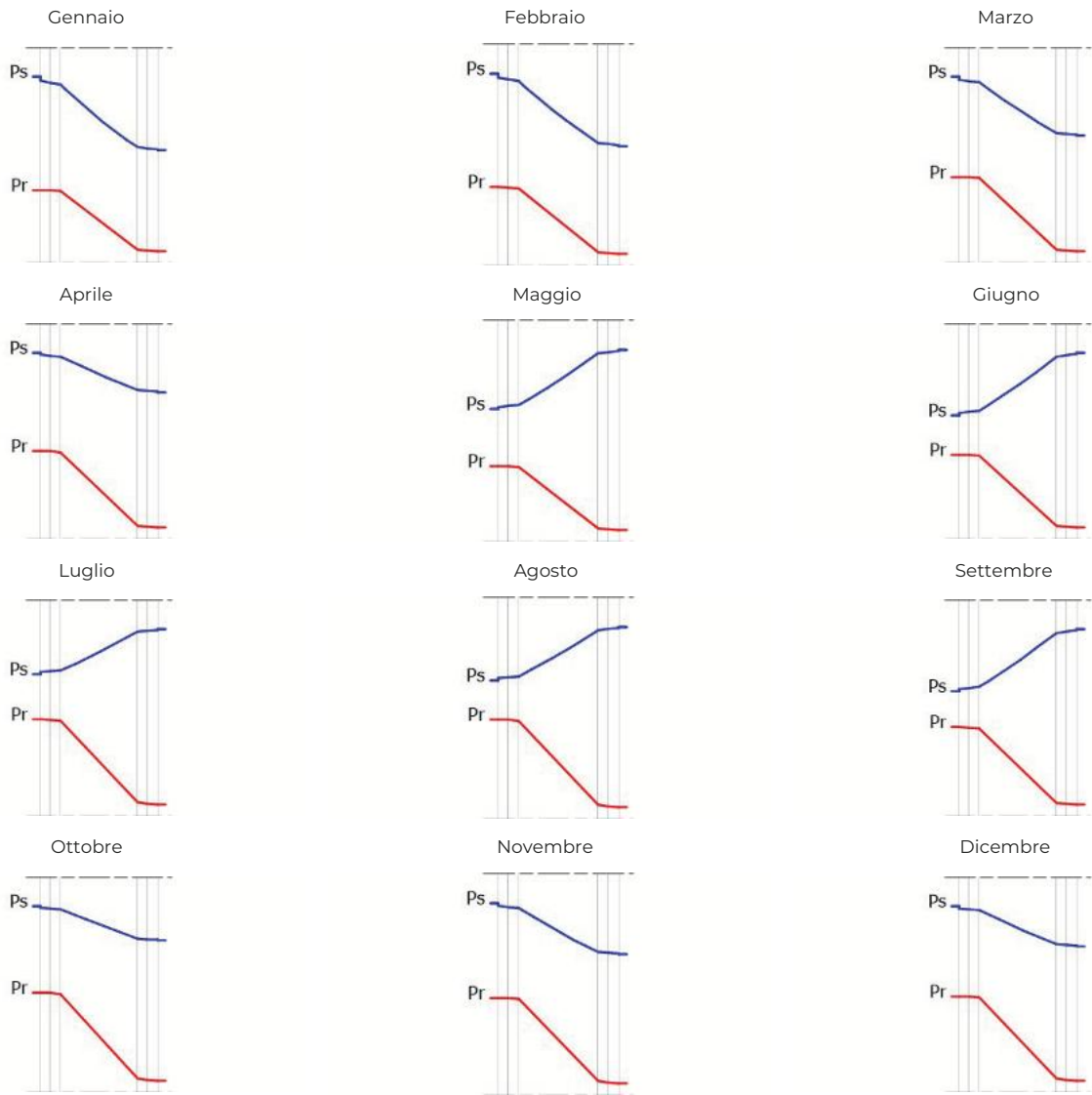


Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)												
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0	2 '062.8	2 '155.4	2 '485.6	2 '351.5	2 '062.8	2 '337.0	2 '337.0	2 '337.0
Pressione relativa [Pa]	1 '009.6	1 '056.3	1 '184.8	1 '236.2	1 '351.2	1 '612.2	1 '839.3	1 '817.7	1 '592.5	1 '371.8	1 '297.0	1 '325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fattore di temperatura	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
FACCIA ESTERNA - Ambiente non climatizzato												
Temperatura [°C]	12.8	13.2	14.6	16.7	23.0	24.2	24.8	24.6	23.4	17.2	15.6	16.6
Pressione saturazione [Pa]	1 '476.0	1 '521.2	1 '664.3	1 '899.6	2 '801.6	3 '023.0	3 '125.7	3 '085.1	2 '880.8	1 '959.1	1 '774.4	1 '888.0
Pressione relativa [Pa]	295.2	304.2	332.9	379.9	560.3	604.6	625.1	617.0	576.2	391.8	354.9	377.6
Umidità relativa [%]	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
4	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Lastra di gesso rivestito fibrato tipo Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	NON RICHIESTA	

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

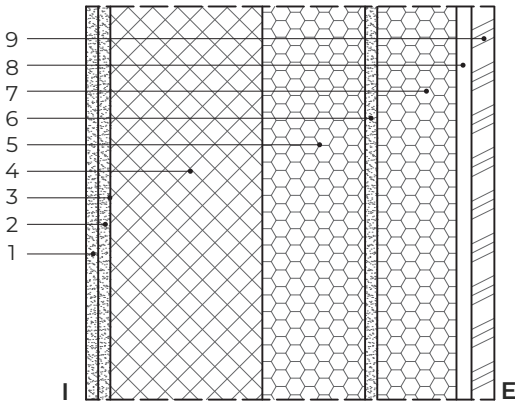
Titolo: M8 - Parete in calcestruzzo armato con isolamento in canapa e facciata ventilata
Descrizione: Struttura in c.a., doppio isolamento in fibra di canapa con freno al vapore lato caldo, intercapedine ventilata e rivestimento in alluminio composito.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
3	Barriera al vapore Riwega DS 1500 SYN	1	0.2200	220.0000	0.29	barriera	1 ' 700	0.0045
4	Calcestruzzo armato	201	0.8500	4.2289	482.40	148.4615	1 ' 000	0.2365
5	*Nature Fibres Profib® Mat	136	0.0400	0.2941	4.08	193.0000	2 ' 000	3.4000
6	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
7	*Nature Fibres Profib® Mat	120	0.0400	0.3333	3.60	193.0000	2 ' 000	3.0000
8	Strato d'aria verticale da 2 cm	20		5.7143	0.03	1.0000	1 ' 008	0.1750
9	Pannello di finitura esterna in pietra naturale – STONEO	30	1.1000	36.6667	54.00	40.0000	1 ' 000	0.0273
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 541 [mm]
 Trasmissanza termica globale = 0.1456 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 6.8667 [m²K/W]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 578.51 [kg/m²]
 Massa superficiale totale = 578.51 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 42.082 [kJ/m2K]
 Trasmissanza termica periodica = 0.0039 [W/m2K]
 Fattore di attenuazione = 0.03 [-]
 Sfasamento = 17.65 [h]



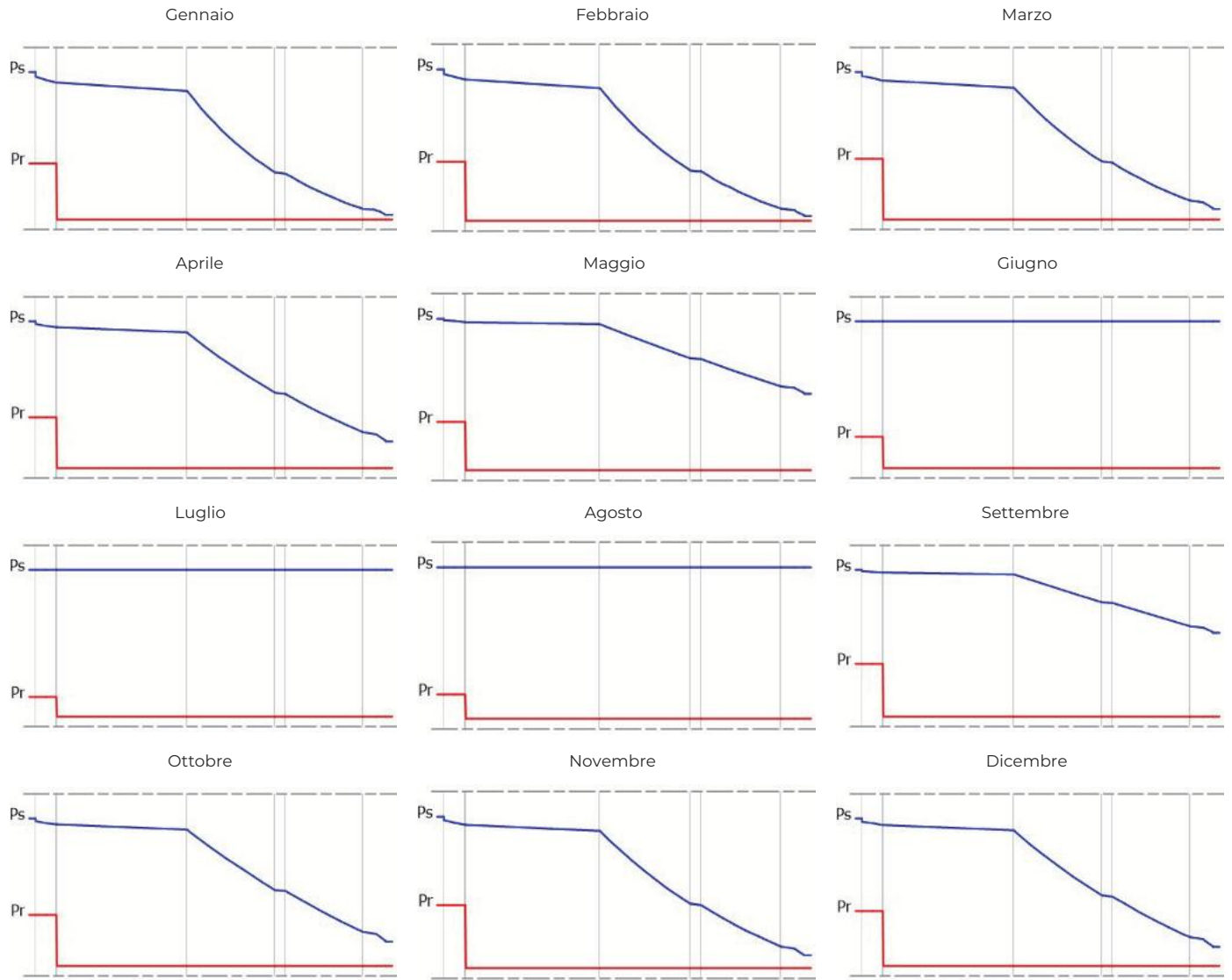
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso EI(Aree comuni)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 062.8	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	2 ' 062.8	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 ' 009.6	1 ' 056.3	1 ' 184.8	1 ' 236.2	1 ' 351.2	1 ' 612.2	1 ' 839.3	1 ' 817.7	1 ' 592.5	1 ' 371.8	1 ' 297.0	1 ' 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 ' 262.0	1 ' 320.4	1 ' 481.0	1 ' 545.3	1 ' 688.9	2 ' 015.3	2 ' 299.2	2 ' 272.1	1 ' 990.6	1 ' 714.7	1 ' 621.3	1 ' 656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno OVEST												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 ' 546.6	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	1 ' 748.8	1 ' 101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 ' 020.8	1 ' 465.7	1 ' 739.9	1 ' 716.6	1 ' 329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Barriera al vapore Riwega DS 1500 SYN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	Calcestruzzo armato	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
5	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
6	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
8	Strato d'aria verticale da 2 cm	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	Pannello di rivestimento in alluminio composito	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9682, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

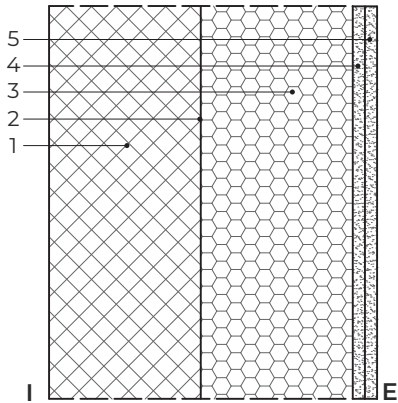
Titolo: M9 - Parete massiva in calcestruzzo armato isolata internamente
Descrizione: Parete portante in calcestruzzo armato (30 cm) con isolamento interno in fibra di canapa e finitura in doppia lastra in gesso rivestito.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza interna	0		7.7000				0.1299
1	Calcestruzzo armato	316	0.8500	2.6899	758.40	148.4615	1´000	0.3718
2	Barriera al vapore Riwega DS 1500 SYN	1	0.2200	220.0000	0.29	barriera	1´700	0.0045
3	*Nature Fibres Profib® Mat	201	0.0400	0.1990	6.03	193.0000	2´000	5.0250
4	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1´000	0.0762
5	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1´000	0.0762
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 550 [mm]
 Trasmittanza termica globale = 0.1747 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 5.7236 [m²K/W]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 787.76 [kg/m²]
 Massa superficiale totale = 787.76 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 69.822 [kJ/m2K]
 Trasmittanza termica periodica = 0.0055 [W/m2K]
 Fattore di attenuazione = 0.03 [-]
 Sfasamento = 17.69 [h]

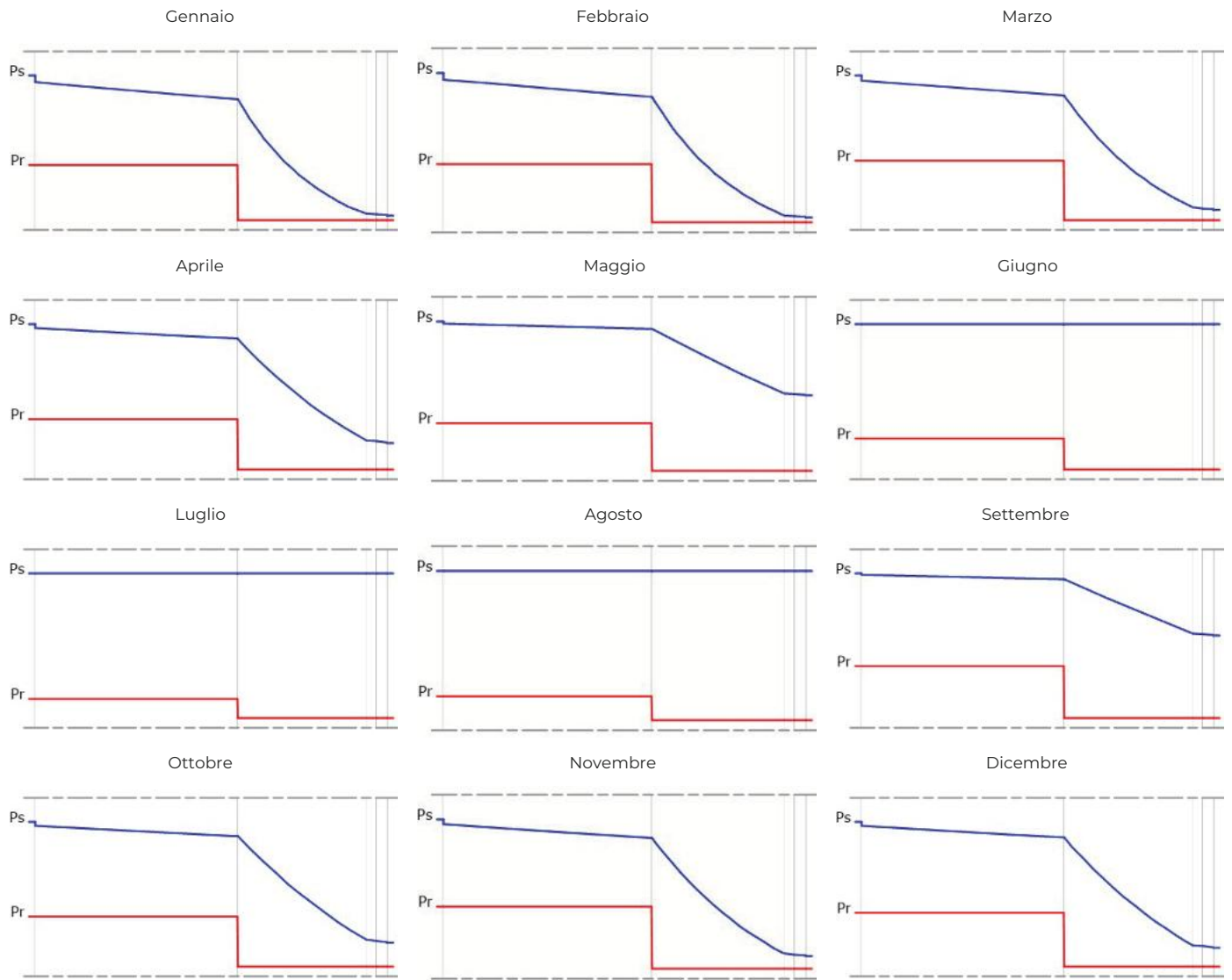


Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)												
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2´337.0	2´337.0	2´337.0	2´337.0	2´062.8	2´155.4	2´485.6	2´351.5	2´062.8	2´337.0	2´337.0	2´337.0
Pressione relativa [Pa]	1´009.6	1´056.3	1´184.8	1´236.2	1´351.2	1´612.2	1´839.3	1´817.7	1´592.5	1´371.8	1´297.0	1´325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1´262.0	1´320.4	1´481.0	1´545.3	1´688.9	2´015.3	2´299.2	2´272.1	1´990.6	1´714.7	1´621.3	1´656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno SUD												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1´546.6	2´155.4	2´485.6	2´351.5	1´748.8	1´101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1´020.8	1´465.7	1´739.9	1´716.6	1´329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Calcestruzzo armato	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
2	Barriera al vapore Riwega DS 1500 SYN	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
4	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TOTALE		0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9563, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Scheda SSI

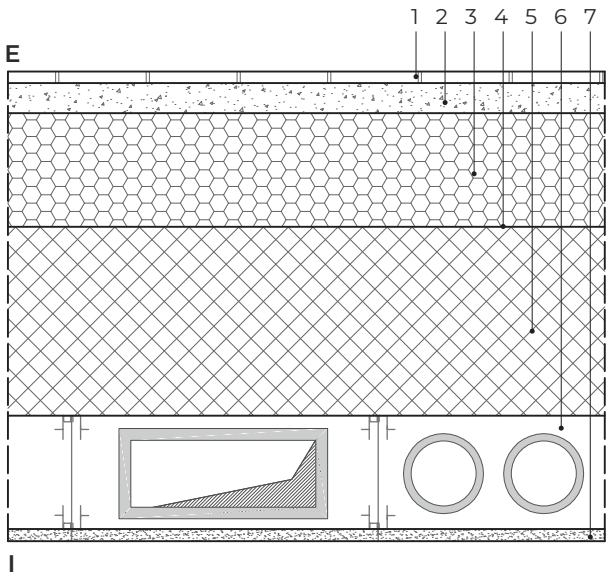
Titolo: S1 - Copertura piana isolata su solaio in c.a. con intercapedine ventilata e isolamento in fibre naturali
Descrizione: Copertura piana composta da solaio in calcestruzzo armato, isolamento termo-acustico in pannelli di fibra di canapa, freno al vapore e intercapedine d'aria. All'intradosso controsoffitto in lastre di gesso rivestito; all'estradosso massetto alleggerito e pavimentazione in clinker.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m² K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m² K/W]
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400
1	Pavimentazione esterna	15	0.7000	46.6667	22.50	205.3191	1 ' 000	0.0214
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito	40	0.5800	14.5000	36.00	74.2308	1 ' 000	0.0690
3	*Nature Fibres Profib® Mat	300	0.0400	0.1333	12.00	1.0000	1 ' 800	7.5000
4	Freno al vapore	0	0.2200	2 ' 200.0000	0.02	barriera	1 ' 700	0.0005
5	Calcestruzzo armato	250	0.8500	3.4000	600.00	148.4615	1 ' 000	0.2941
6	Strato d'aria orizzontale da 15 cm - ascendente	150		6.2500	0.20	1.0000	1 ' 008	0.1600
7	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
	Adduttanza interna	0		10.0000				0.1000

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
 Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 771 [mm]
 Trasmittanza termica globale = 0.1210 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 8.2612 [m²K/W]
 Massa superficiale globale = 682.24 [kg/m²]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 682.24 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 36.503 [kJ/m²K]
 Trasmittanza termica periodica = 0.00 [W/m²K]
 Fattore di attenuazione = 0.02 [-]
 Sfasamento = 20.00 [h]



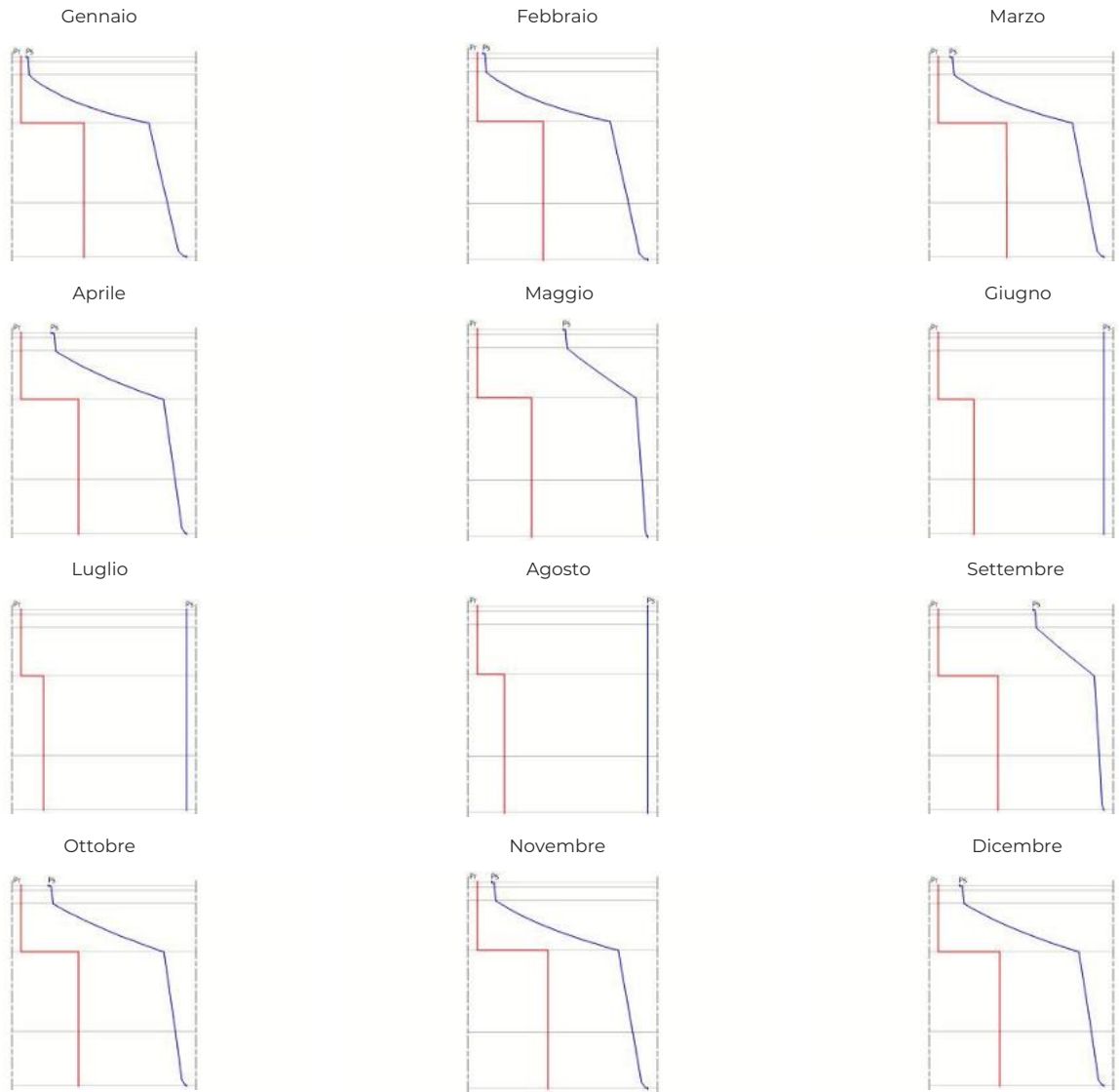
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E1(Abitazione)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 062.8	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	2 ' 062.8	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 ' 009.6	1 ' 056.3	1 ' 184.8	1 ' 236.2	1 ' 351.2	1 ' 612.2	1 ' 839.3	1 ' 817.7	1 ' 592.5	1 ' 371.8	1 ' 297.0	1 ' 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 ' 262.0	1 ' 320.4	1 ' 481.0	1 ' 545.3	1 ' 688.9	2 ' 015.3	2 ' 299.2	2 ' 272.1	1 ' 990.6	1 ' 714.7	1 ' 621.3	1 ' 656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno ORIZZONTALE												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 ' 546.6	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	1 ' 748.8	1 ' 101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 ' 020.8	1 ' 465.7	1 ' 739.9	1 ' 716.6	1 ' 329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Pavimentazione esterna	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
4	Freno al vapore	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Calcestruzzo armato	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
6	Strato d'aria orizzontale da 15 cm - ascendente	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.9446, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Titolo: S2 - Solaio interpiano in c.a. con isolamento all'intradosso in fibre naturali

Descrizione: Solaio interpiano costituito da soletta in calcestruzzo armato con isolamento termico applicato all'intradosso mediante pannelli in fibra di canapa, massetto alleggerito e pavimentazione superiore, intercapedine d'aria e controsoffitto in lastre di gesso rivestito.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400
1	Pavimentazione interna	15	1.4700	98.0000	25.50	205.3191	1 ' 000	0.0102
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito	40	0.5800	14.5000	36.00	74.2308	1 ' 000	0.0690
3	*Nature Fibres Profib® Mat	90	0.0400	0.4444	3.60	1.0000	1 ' 800	2.2500
4	Calcestruzzo armato	250	0.8500	3.4000	600.00	148.4615	1 ' 000	0.2941
5	Strato d'aria orizzontale da 15 cm - ascendente	150		6.2500	0.20	1.0000	1 ' 008	0.1600
6	Lastra di gesso rivestito Gyproc	16	0.2100	13.1250	11.52	4.0000	1 ' 000	0.0762
	Adduttanza interna	0		10.0000				0.1000

*Nature Fibres Profib® Mat – Pannello in fibra di canapa
Pannello isolante flessibile in fibre di canapa industriale

Spessore totale = 561 [mm]

Trasmittanza termica globale = 0.3206 [W/m²K]

Resistenza termica globale = 3.1192 [m²K/W]

Massa superficiale globale = 676.82 [kg/m²]

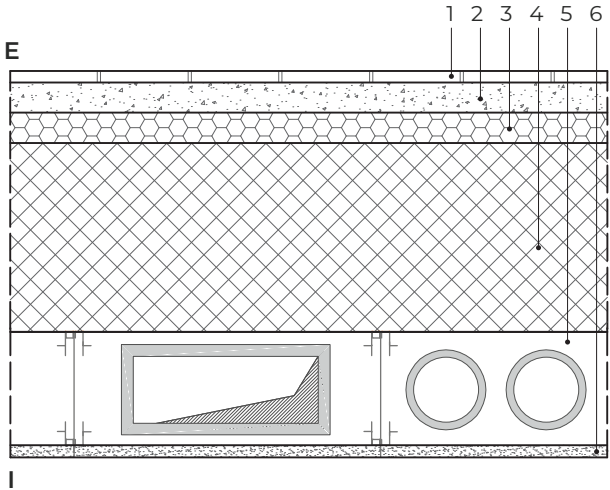
Massa superficiale (netto intonaci) = 676.82 [kg/m²]

Capacità termica areica = 33.982 [kJ/m²K]

Trasmittanza termica periodica = 0.01 [W/m²K]

Fattore di attenuazione = 0.03 [-]

Sfasamento = 15.47 [h]



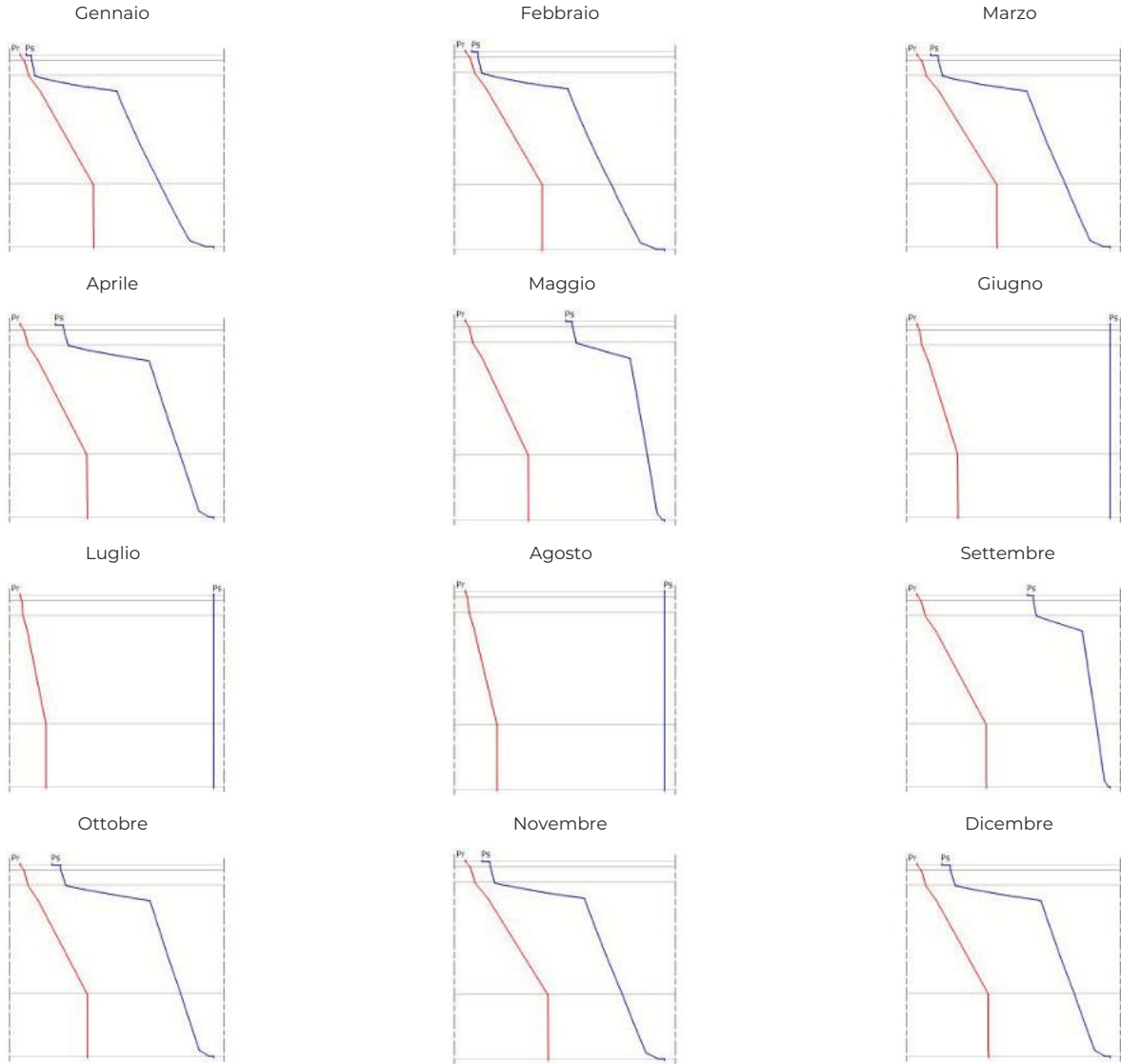
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E4(Ristorante)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 062.8	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	2 ' 062.8	2 ' 337.0	2 ' 337.0	2 ' 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 ' 009.6	1 ' 056.3	1 ' 184.8	1 ' 236.2	1 ' 351.2	1 ' 612.2	1 ' 839.3	1 ' 817.7	1 ' 592.5	1 ' 371.8	1 ' 297.0	1 ' 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 ' 262.0	1 ' 320.4	1 ' 481.0	1 ' 545.3	1 ' 688.9	2 ' 015.3	2 ' 299.2	2 ' 272.1	1 ' 990.6	1 ' 714.7	1 ' 621.3	1 ' 656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno ORIZZONTALE												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 ' 546.6	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	1 ' 748.8	1 ' 101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 ' 020.8	1 ' 465.7	1 ' 739.9	1 ' 716.6	1 ' 329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Pavimentazione interna	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	*Nature Fibres Profib® Mat	0.0000	0.0000	0.0000	0.2575
4	Calcestruzzo armato	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
5	Strato d'aria orizzontale da 15 cm - ascendente	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	Lastra di gesso rivestito Gyproc	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
TOTALE		0.0000	0.0000	0.0000	

Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.8571, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



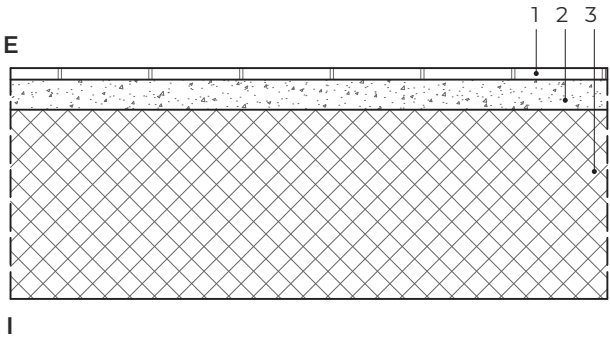
Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Titolo: S3 – Solaio balcone in calcestruzzo armato con finitura ceramica
Descrizione: Solaio balcone costituito da soletta piena in calcestruzzo armato con massetto di regolarizzazione e finitura superficiale in piastrelle ceramiche.

STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400
1	Piastrelle in ceramica	25	1.3000	52.0000	57.50	barriera	840	0.0192
2	Massetto ordinario	25	1.0600	42.4000	50.00	74.2308	1 000	0.0236
3	Calcestruzzo armato	250	0.8500	3.4000	600.00	148.4615	1 000	0.2941
	Adduttanza interna	0		10.0000				0.1000

Spessore totale = 300 [mm]
 Trasmittanza termica globale = 2.0967 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 0.4769 [m²K/W]
 Massa superficiale globale = 707.50 [kg/m²]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 707.50 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 88.159 [kJ/m²K]
 Trasmittanza termica periodica = 0.47 [W/m²K]
 Fattore di attenuazione = 0.22 [-]
 Sfasamento = 10.80 [h]



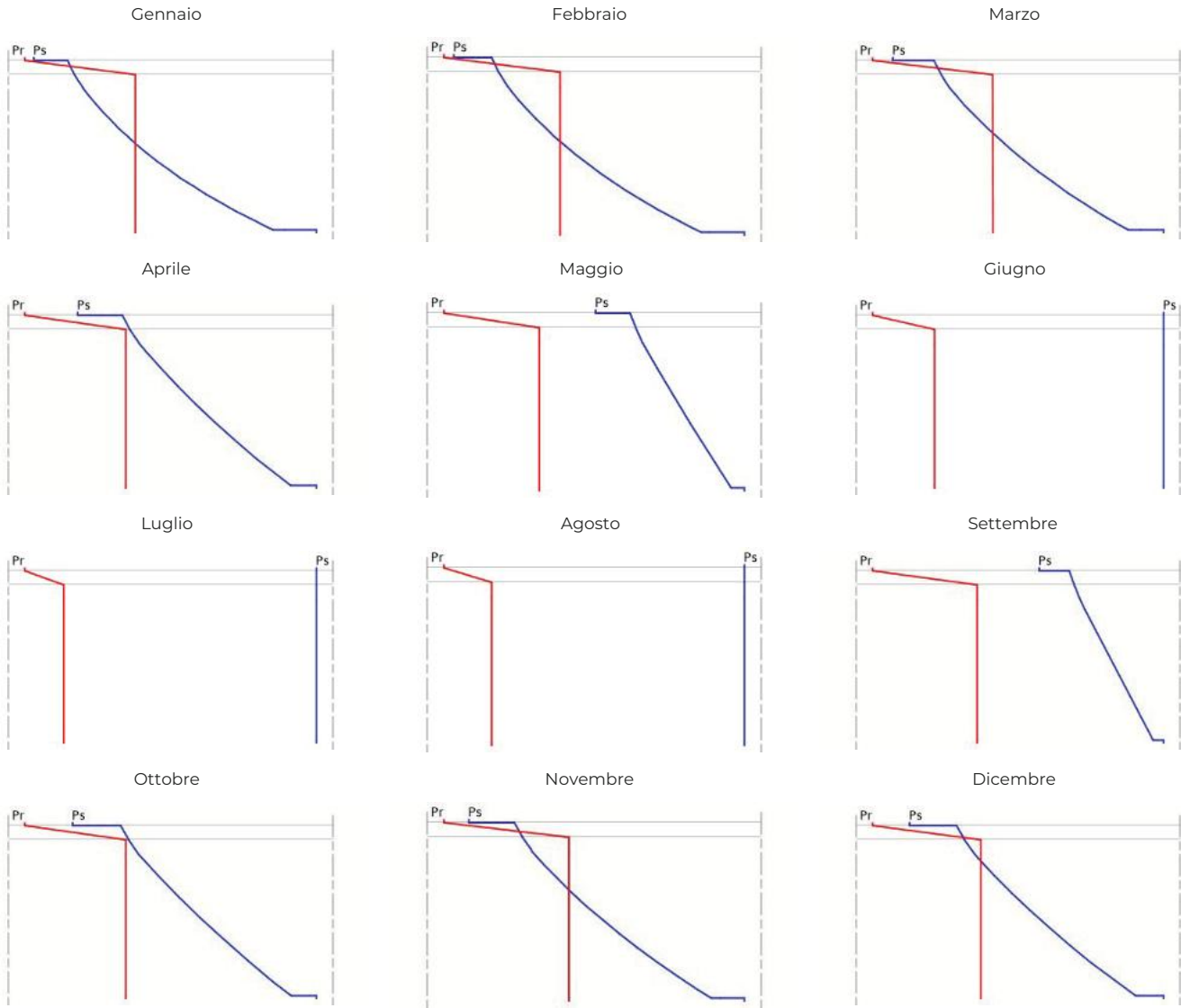
Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
FACCIA INTERNA - subUnità con destinazione d'uso E6(Palestra)												
Temperatura [°C]	20.0	20.0	20.0	20.0	18.0	18.7	21.0	20.1	18.0	20.0	20.0	20.0
Pressione saturazione [Pa]	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 337.0	2 062.8	2 155.4	2 485.6	2 351.5	2 062.8	2 337.0	2 337.0	2 337.0
Pressione relativa [Pa]	1 009.6	1 056.3	1 184.8	1 236.2	1 351.2	1 612.2	1 839.3	1 817.7	1 592.5	1 371.8	1 297.0	1 325.1
Umidità relativa [%]	43.2	45.2	50.7	52.9	65.5	74.8	74.0	77.3	77.2	58.7	55.5	56.7
Pressione min accett. [Pa]	1 262.0	1 320.4	1 481.0	1 545.3	1 688.9	2 015.3	2 299.2	2 272.1	1 990.6	1 714.7	1 621.3	1 656.3
Fattore di temperatura	0.677	0.679	0.676	0.520	0.300	0.000	0.000	0.000	0.778	0.576	0.679	0.611
FACCIA ESTERNA - Esterno ORIZZONTALE												
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 546.6	2 155.4	2 485.6	2 351.5	1 748.8	1 101.8	705.3	934.6
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 020.8	1 465.7	1 739.9	1 716.6	1 329.1	859.4	557.2	729.0
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Piastrelle in ceramica	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
2	Massetto ordinario	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Calcestruzzo armato	0.0341	-0.0304	0.0037	0.5000
	TOTALE	0.0341	-0.0304	0.0037	

Verifica rischio condensa interstiziale	NON VERIFICATA	La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale. La quantità stagionale di condensato è pari a 0.0341 kg/m² e non evapora durante la stagione estiva: la quantità residua di condensato è pari a 0.0037.
Verifica rischio formazione muffe	NON VERIFICATA	Fattore di temperatura minima fRsi = 0.4758, fattore di temperatura mese critico, fRsi,max = 0.7784, mese critico = settembre, classe di concentrazione del vapore = Media, valore massimo ammissibile di U = 0.8865 W/m²K.

Diagrammi delle pressioni mensili



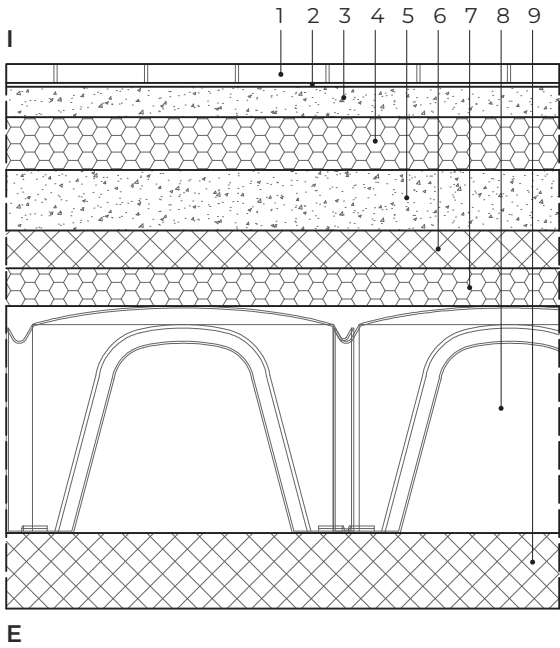
Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

Scheda SII

Titolo: SCT – Solaio controterra aerato con isolamento ad alte prestazioni e riscaldamento radiante
Descrizione: Solaio controterra costituito da pacchetto stratigrafico su vespaio aerato con strato di ventilazione, barriera al vapore in PVC e sottofondo in calcestruzzo. Isolamento termico ad alte prestazioni in pannelli rigidi (Stiferite GTE) con impianto di riscaldamento a pavimento integrato nel massetto superiore.
STRATIGRAFIA

Strato	Descrizione	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Conduttanza [W/m²K]	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza al vapore [-]	Calore specifico [J/kgK]	Resistenza [m²K/W]
	Adduttanza interna	0		5.9000				0.1695
1	Piastrelle in Cotto	25	0.9000	36.0000	40.75	40.0000	1 ' 000	0.0278
2	Collante in pasta - Bonding II	5	0.7000	140.0000	7.75	153.0000	837	0.0071
3	Massetto in calcestruzzo alleggerito	40	1.0800	27.0000	64.00	132.1918	1 ' 000	0.0370
4	STIFERITE GTE	70	0.0220	0.3143	2.49	89 ' 900.0000	1 ' 442	3.1818
5	Massetto ordinario	80	1.0600	13.2500	160.00	74.2308	1 ' 000	0.0755
6	Calcestruzzo struttura chiusa di argilla espansa - densità 1600	50	0.6480	12.9600	80.00	129.5302	1 ' 000	0.0772
7	Policloruro di vinile (PVC)	50	0.1600	3.2000	70.00	barriera	920	0.3125
8	Strato d'aria orizzontale da 30 cm - ascendente	300		6.2500	0.39	1.0000	1 ' 008	0.1600
9	Sottofondo in calcestruzzo	100	1.4000	14.0000	200.00	74.2308	1 ' 000	0.0714
	Adduttanza esterna	0		25.0000				0.0400

Spessore totale = 720 [mm]
 Trasmissanza termica globale = 0.2404 [W/m²K]
 Resistenza termica globale = 4.1598 [m²K/W]
 Massa superficiale globale = 625.38 [kg/m²]
 Massa superficiale (netto intonaci) = 625.38 [kg/m²]
 Capacità termica areica = 58.431 [kJ/m²K]
 Trasmissanza termica periodica = 0.01 [W/m²K]
 Fattore di attenuazione = 0.03 [-]
 Sfasamento = 16.94 [h]

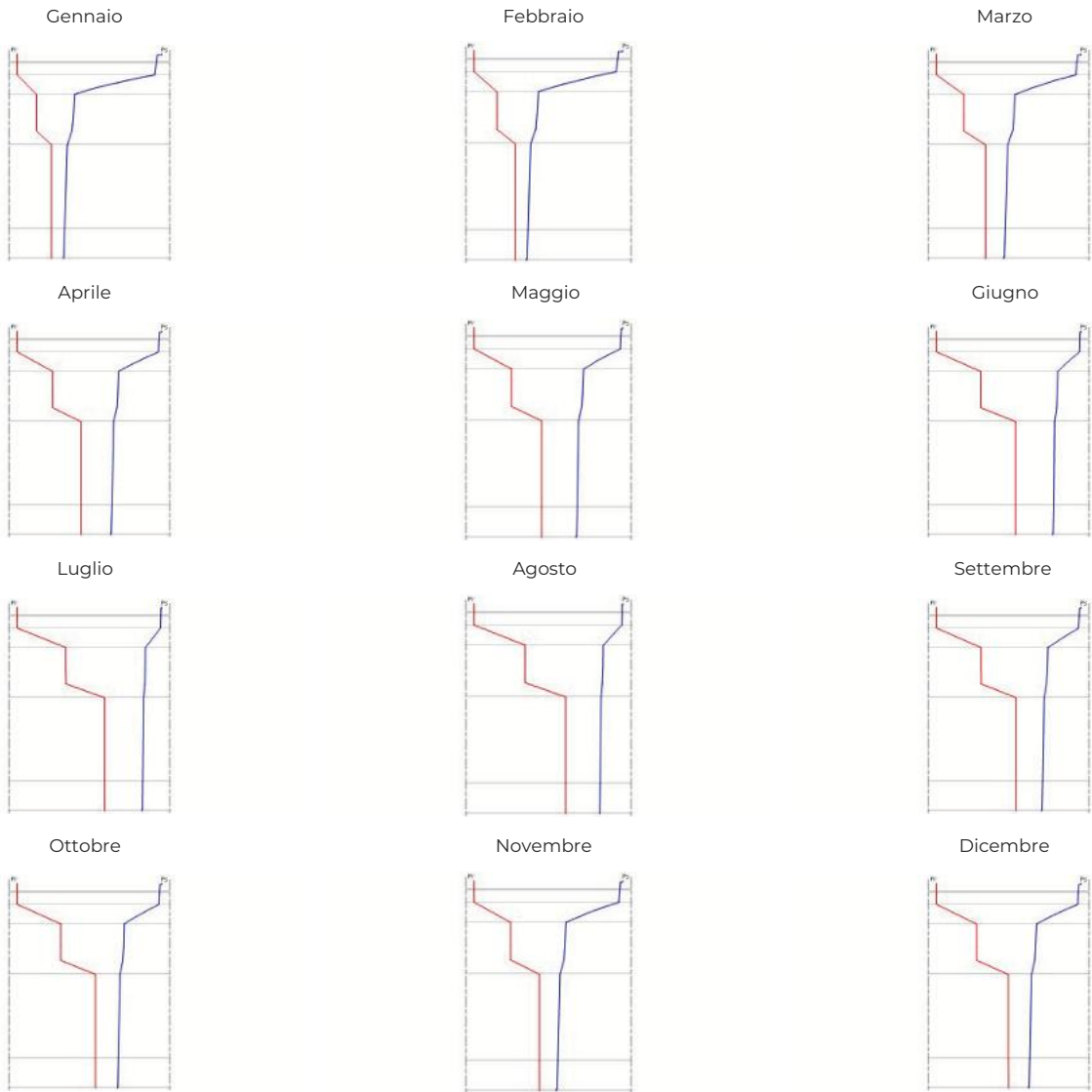


Verifica igrometrica (UNI EN ISO 13788)													
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
FACCIA INTERNA - Ambiente non climatizzato													
Temperatura [°C]	4.4	5.4	8.4	12.9	19.4	22.2	23.4	22.9	20.4	13.9	10.5	12.6	
Pressione saturazione [Pa]	836.4	896.7	1 ' 101.5	1 ' 483.2	2 ' 256.7	2 ' 669.4	2 ' 872.1	2 ' 791.2	2 ' 400.5	1 ' 588.4	1 ' 273.2	1 ' 462.9	
Pressione relativa [Pa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Umidità relativa [%]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Pressione min accett. [Pa]	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Fattore di temperatura	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
FACCIA ESTERNA - Esterno ORIZZONTALE													
Temperatura [°C]	-9.7	-7.8	-2.1	6.4	13.5	18.7	21.0	20.1	15.4	8.4	2.0	6.0	
Pressione saturazione [Pa]	266.3	314.9	512.8	960.8	1 ' 546.6	2 ' 155.4	2 ' 485.6	2 ' 351.5	1 ' 748.8	1 ' 101.8	705.3	934.6	
Pressione relativa [Pa]	199.8	245.6	374.3	653.4	1 ' 020.8	1 ' 465.7	1 ' 739.9	1 ' 716.6	1 ' 329.1	859.4	557.2	729.0	
Umidità relativa [%]	75.0	78.0	73.0	68.0	66.0	68.0	70.0	73.0	76.0	78.0	79.0	78.0	

Strato	Descrizione	Condensa formata [kg/m²]	Condensa evaporata [kg/m²]	Condensa accumulata [kg/m²]	Massima condensa ammissibile [kg/m²]
1	Piastrelle in Cotto	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
2	Collante in pasta - Bonding II	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	Massetto in calcestruzzo alleggerito	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
4	STIFERITE GTE	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	Massetto ordinario	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	Calcestruzzo struttura chiusa di argilla espansa - densità 1600	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
7	Policloruro di vinile (PVC)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	Strato d'aria orizzontale da 30 cm - ascendente	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	Sottofondo in calcestruzzo	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
	TOTALE	0.0000	0.0000	0.0000	

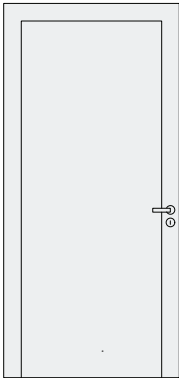
Verifica rischio condensa interstiziale	VERIFICATA	La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
Verifica rischio formazione muffe	NON RICHIESTA	

Diagrammi delle pressioni mensili

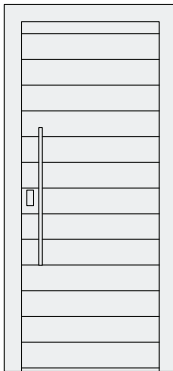


Pr = Pressione relativa [Pa] - Ps = Pressione di saturazione [Pa]

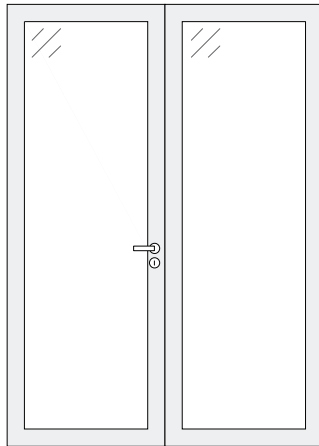
Scheda PR1

PORTA INTERNA			
Titolo	PI – Porta interna a battente 1 anta		
Descrizione	Porta interna a battente con anta cieca in legno/MDF e telaio in PVC. Finitura effetto legno, uso residenziale.		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = -	Tipo telaio = PVC	
	Area - Ag = 0.00 m²	Area - Af = 0.79 m²	
	Perimetro - Lg = 0.00 m	Trasmittanza - Uf = 1.00 W/m² K	
	Trasmittanza - Ug = - W/m² K	Area - A p = 1.10 m²	
	Fattore solare normale - fg = -	Trasmittanza - Up = 0.60 W/m² K	
	Area totale - A w = 1.89 m²		
Resistenza superficiale interna		0.13	m²K/W
Resistenza superficiale esterna		0.13	m²K/W
Resistenza intercapedine		-	m²K/W
Coefficiente riduzione area telaio		1.00	
Trasmittanza totale porta - Uw		0.7152	W/m²K
Trasmittanza totale porta con resistenza chiusura Oscurante - UwDR		0.7152	W/m²K
Resistenza totale porta - Rw		1.40	m²K/W

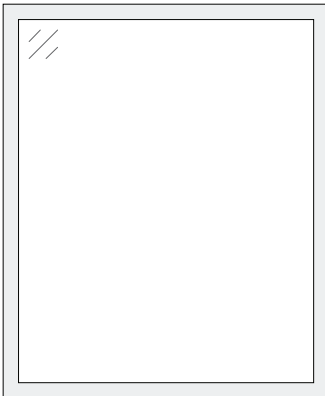
Scheda PR2

PORTA ESTERNA			
Titolo	PE – Porta esterna a battente 1 anta		
Descrizione	Porta esterna a battente per uscita di emergenza, in alluminio ad alte prestazioni con anta cieca isolata.		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = -	Tipo telaio = PVC	
	Area - Ag = 0.00 m²	Area - Af = 0.79 m²	
	Perimetro - Lg = 0.00 m	Trasmittanza - Uf = 1.00 W/m² K	
	Trasmittanza - Ug = - W/m² K	Area - Ap = 1.10 m²	
	Fattore solare normale - fg = -	Trasmittanza - Up = 0.60 W/m² K	
	Area totale - A _w = 1.89 m²		
Resistenza superficiale interna		0.13	m²K/W
Resistenza superficiale esterna		0.04	m²K/W
Resistenza intercapedine		-	m²K/W
Coefficiente riduzione area telaio		1.00	
Trasmittanza totale porta - U _w		0.7676	W/m²K
Trasmittanza totale porta con resistenza chiusura Oscurante - UwDR		0.7676	W/m²K
Resistenza totale porta - R _w		1.30	m²K/W

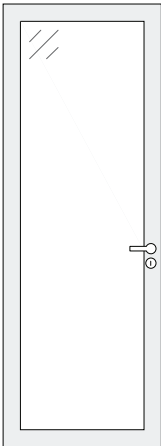
Scheda PF1

PORTA FINESTRA ESTERNA			
Titolo	Porta finestra esterna a 2 ante simmetriche in alluminio		
Descrizione	Porta finestra esterna a due ante battenti simmetriche, telaio metallico con taglio termico e triplo vetro basso-emissivo.		
	VETRO		TELAIO
	Tipo vetro = Triplo (doppio rivestimento basso-emissivo)		Tipo telaio = Metallo con taglio termico
	Area - Ag = 5.42 m²		Area - Af = 1.11 m²
	Perimetro - Lg = 14.23 m		Trasmittanza - Uf = 1.10 W/m² K
	Trasmittanza - Ug = 0.60 W/m² K		Area - A p = 0.00 m²
	Fattore solare normale - fg = 0.50		Trasmittanza - Up = - W/m² K
	Tipo distanziatori = METALLO		
	Trasmittanza distanziatori = 0.06 W/mK		
	Area totale - A w= 6.54 m²		
Resistenza superficiale interna			0.13 m²K/W
Resistenza superficiale esterna			0.04 m²K/W
Resistenza intercapedine			- m²K/W
Coefficiente riduzione area telaio			0.17
Trasmittanza totale porta - Uw			0.8157 W/m²K
Trasmittanza totale porta con resistenza chiusura Oscurante - UwDR			0.8157 W/m²K
Resistenza totale porta - Rw			1.23 m²K/W

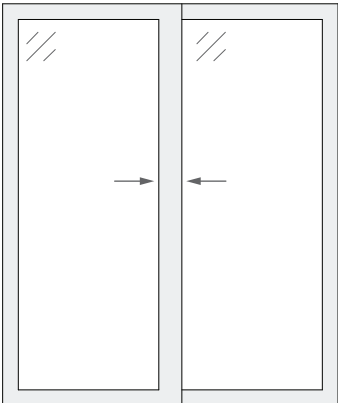
Scheda FN1

INFISSO ESTERNO			
Titolo	Infisso esterno fisso in alluminio a taglio termico		
Descrizione	Serramento esterno fisso con telaio metallico a taglio termico e triplo vetro basso-emissivo.		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = Triplo (doppio rivestimento basso-emissivo)	Tipo telaio = Metallo con taglio termico	
	Area - Ag = 4.32 m²	Area - Af = 0.88 m²	
	Perimetro - Lg = 8.35 m	Trasmittanza - Uf = 1.10 W/m² K	
	Trasmittanza - Ug = 0.60 W/m² K	Area - A _p = 0.00 m²	
	Fattore solare normale - fg = 0.50	Trasmittanza - Up = - W/m² K	
	Tipo distanziatori = METALLO		
	Trasmittanza distanziatori = 0.06 W/mK		
	Area totale - A _w = 5.19 m²		
Resistenza superficiale interna		0.13	m²K/W
Resistenza superficiale esterna		0.04	m²K/W
Resistenza intercapedine		-	m²K/W
Coefficiente riduzione area telaio		0.17	
Trasmittanza totale infisso - Uw		0.7809	W/m²K
Trasmittanza totale infisso con resistenza chiusura Oscurante - UwDR		0.7809	W/m²K
Resistenza totale infisso - Rw		1.28	m²K/W

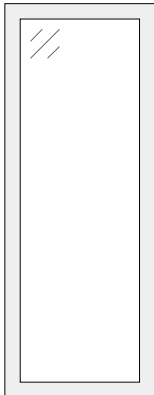
Scheda PF2

INFISSO ESTERNO			
Titolo	Finestra rettangolare a 1 anta battente		
Descrizione	Serramento esterno rettangolare ad un'anta battente con vetro isolante		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = Triplo (doppio rivestimento basso-emissivo)	Tipo telaio = Metallo con taglio termico	
	Area - $A_g = 1.27 \text{ m}^2$	Area - $A_f = 0.73 \text{ m}^2$	
	Perimetro - $L_g = 5.64 \text{ m}$	Trasmittanza - $U_f = 1.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	
	Trasmittanza - $U_g = 0.60 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	Area - $A_p = 0.00 \text{ m}^2$	
	Fattore solare normale - $f_g = 0.50$	Trasmittanza - $U_p = - \text{W/m}^2 \text{ K}$	
	Tipo distanziatori = METALLO		
	Trasmittanza distanziatori = 0.06 W/mK		
	Area totale - $A_w = 2.00 \text{ m}^2$		
Resistenza superficiale interna		0.13	$\text{m}^2\text{K/W}$
Resistenza superficiale esterna		0.04	$\text{m}^2\text{K/W}$
Resistenza intercapedine		-	$\text{m}^2\text{K/W}$
Coefficiente riduzione area telaio		0.37	
Trasmittanza totale infisso - U_w		0.9528	$\text{W/m}^2\text{K}$
Trasmittanza totale infisso con resistenza chiusura Oscurante - U_{wDR}		0.9528	$\text{W/m}^2\text{K}$
Resistenza totale infisso - R_w		1.05	$\text{m}^2\text{K/W}$

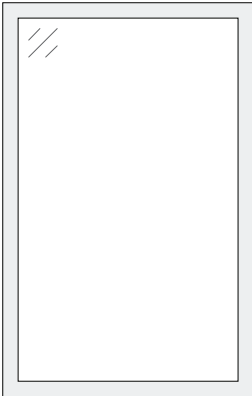
Scheda PF3

INFISSO ESTERNO			
Titolo	Infisso esterno scorrevole alzante a 2 ante (Lift-Slide)		
Descrizione	Serramento interno scorrevole alzante a due ante con telaio metallico a taglio termico e triplo vetro basso-emissivo.		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = Triplo (doppio rivestimento basso-emissivo) Area - Ag = 2.60 m² Perimetro - Lg = 11.22 m Trasmittanza - Ug = 0.60 W/m² K Fattore solare normale - fg = 0.50 Tipo distanziatori = METALLO Trasmittanza distanziatori = 0.03 W/mK	Tipo telaio = Metallo con taglio termico Area - Af = 1.45 m ² Trasmittanza - Uf = 1.10 W/m² K Area - Ap = 0.00 m² Trasmittanza - Up = - W/m² K	
	Area totale - A w= 4.53 m²		
Resistenza superficiale interna		0.13	m²K/W
Resistenza superficiale esterna		0.04	m²K/W
Resistenza intercapedine		-	m²K/W
Coefficiente riduzione area telaio		0.36	
Trasmittanza totale infisso - Uw		0.8624	W/m²K
Trasmittanza totale infisso con resistenza chiusura Oscurante - UwDR		0.8624	W/m²K
Resistenza totale infisso - Rw		1.16	m²K/W

Scheda FN2

INFISSO ESTERNO			
Titolo	Infisso esterno fisso in alluminio a taglio termico		
Descrizione	Serramento esterno fisso con telaio metallico a taglio termico e triplo vetro basso-emissivo.		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = Triplo (doppio rivestimento basso-emissivo) Area - Ag = 1.63 m² Perimetro - Lg = 6.01 m Trasmittanza - Ug = 0.60 W/m² K Fattore solare normale - fg = 0.50 Tipo distanziatori = METALLO Trasmittanza distanziatori = 0.06 W/mK	Tipo telaio = Metallo con taglio termico Area - Af = 0.64 m² Trasmittanza - Uf = 1.10 W/m² K Area - A _p = 0.00 m² Trasmittanza - Up = - W/m² K	
	Area totale - A _w = 2.27 m²		
Resistenza superficiale interna		0.13	m²K/W
Resistenza superficiale esterna		0.04	m²K/W
Resistenza intercapedine		-	m²K/W
Coefficiente riduzione area telaio		0.28	
Trasmittanza totale infisso - Uw		0.9005	W/m²K
Trasmittanza totale infisso con resistenza chiusura Oscurante - UwDR		0.9005	W/m²K
Resistenza totale infisso - Rw		1.11	m²K/W

Scheda FN3

INFISSO ESTERNO			
Titolo	Infisso esterno fisso in alluminio a taglio termico		
Descrizione	Serramento esterno fisso con telaio metallico a taglio termico e triplo vetro basso-emissivo.		
	VETRO	TELAIO	
	Tipo vetro = Triplo (doppio rivestimento basso-emissivo) Area - Ag = 3.70 m² Perimetro - Lg = 7.82 m Trasmittanza - Ug = 0.60 W/m² K Fattore solare normale - fg = 0.50 Tipo distanziatori = METALLO Trasmittanza distanziatori = 0.06 W/mK	Tipo telaio = Metallo con taglio termico Area - Af = 0.82 m² Trasmittanza - Uf = 1.10 W/m² K Area - Ap = 0.00 m² Trasmittanza - Up = - W/m² K	
	Area totale - A w= 4.53 m²		
Resistenza superficiale interna		0.13	m² K/W
Resistenza superficiale esterna		0.04	m² K/W
Resistenza intercapedine		-	m² K/W
Coefficiente riduzione area telaio		0.18	
Trasmittanza totale infisso - Uw		0.7945	W/m²K
Trasmittanza totale infisso con resistenza chiusura Oscurante - UwDR		0.7945	W/m²K
Resistenza totale infisso - Rw		1.26	m²K/W

B.01

Bibliografia generale, storico-urbana e patrimoniale

MORIN, P.-L., *Le Vieux Montréal, 1611-1803, Montréal, publié par H. Beaugrand, directeur du journal La Patrie*, 1884.
https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/2244205?docref=6OW4o9n-jl_z3ybVaeAcOg
Consultato il: 18/09/2025

LA COMPAGNIE DE PUBLICATION MAISONNEUVE, *Souvenir Maisonneuve. Esquisse historique de la ville de Montréal, avec portraits et biographies de quelques-uns de nos Canadiens-Français distingués*, Montréal, La Compagnie de publication Maisonneuve, [1894].

MONTREAL BOARD OF TRADE, *A Souvenir of the Opening of the New Building, One Thousand Eight Hundred and Ninety-Three*, Montréal, Sabiston Lithographic & Publishing Co., 1893.

HINSHELWOOD, N. M., *Montreal and Vicinity: Being a History of the Old Town, a Pictorial Record of the Modern City, Its Sports and Pastimes, and an Illustrated Description of Many Charming Summer Resorts Around*, Montréal, Desbarats & Company, 1903.

LECLAIRE, J. Paul, *Development of the Harbour of Montreal. Past – Present – Future*, relazione presentata all'Engineering Institute of Canada, Montréal, 5 novembre 1931.

DEVOLPI, Charles P.; WINKWORTH, P. S., *Montréal. Recueil iconographique / A Pictorial Record. Gravures historiques et illustrations relatives à la ville de Montréal, Province de Québec, Canada, 1535-1885*, vol. I, Montréal, Dev-Sco Publications Ltd., 1963.

LAVIGUEUR, Huguette; KNOTT, Leonard L., *Montréal. L'âge d'or / Montreal. The Golden Years*, Toronto, McClelland and Stewart, 1965.

SHARMA, Brajesh C., *Industrial Land Use in Urban Areas with Special Reference to Montreal*, tesi di Master of Architecture, Department of Architecture, McGill University, Montréal, 1971.

GILLILAND, Jason, *Redimensioning Montreal: Circulation and Urban Form, 1846-1918*, tesi di dottorato, Department of Geography, McGill University, Montréal, 2001.
<https://mcgill.scholaris.ca/items/0aeedfbd-5b44-42e4-80a6-ab255433877b>
Consultato il: 18/09/2025

BLIEK, Desmond Andrew, *Reweaving Urban Fabrics: Urbanisation, Industrialisation and Regeneration in Southwest Montreal*, tesi di Master of Arts, Department of Geography, Planning and Environment, Concordia University, Montréal, 2007.
<https://spectrum.library.concordia.ca/id/eprint/976003/1/MR42479.pdf>
Consultato il: 18/09/2025

VIOLA, Serena, "Tutela attiva e innovazione tecnologica negli interventi di riqualificazione di spazi di fruizione collettiva a Montréal", in BUONO, Angela; ZITO, Marina, a cura di, *Ambiente e società canadesi. Environnement et sociétés canadiennes. Environment and Canadian Societies. Atti del Convegno internazionale, 1-2 dicembre 2008*, Napoli, Università degli Studi di Napoli "L'Orientale", 2010, pp. 77-94.
<https://www.iris.unina.it/retrieve/e268a731-98b7-4c8f-e053-1705fe0a812c/Canada.pdf>
Consultato il: 26/10/2025

TAVANO BLESSI, Giorgio; TREMBLAY, Diane-Gabrielle; SANDRI, Marco; PILATI, Thomas, "New Trajectories in Urban Regeneration Processes: Cultural Capital as Source of Human and Social Capital Accumulation – Evidence from the Case of TOHU in Montreal", in *Cities*, vol. 29, n. 6, 2012, pp. 397-407.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275111001612>
Consultato il: 26/10/2025

MEDD, Chelsea, *Exploring Temporary Use Possibilities for Vacant Urban Land: A Study of Community-Based Planning Practices in Christchurch, Vancouver, and Montréal*, Supervised Research Project, School of Urban Planning, McGill University, Montréal, 2014.
<https://jeremynemeth.com/wp-content/uploads/2011/10/cities.pdf>
Consultato il: 26/10/2025

TADI, Massimo; MOHAMMAD ZADEH, M. Hadi; BIRAGHI, Carlo; BRIOSCHI, Laura, "Urban Porosity. A Morphological Key Category for the Optimization of the CAS's Environmental and Energy Performance", in *GSTF Journal of Engineering Technology*, vol. 4, n. 3, 2017, pp. 138-146.
<https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1031647/225550/19.pdf>
Consultato il: 12/02/2026

B.03

Normativa, piani e documenti istituzionali

PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA, *Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412. Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici*, Roma, 1993.
https://www.aicarr.org/Documents/Normativa/Legislazione/Certificazione_Energetica/Documenti/Nazionale/D.P.R.%20del%2026%20agosto%201993%20n.%20412.pdf
Consultato il: 27/05/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Montréal Master Plan. Part I – Chapter 3: Implementation of the Master Plan*, Montréal, 2004.
http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/plan_urbanisme_en/media/documents/151026_3_en.pdf
Consultato il: 13/01/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Politique du patrimoine*, Montréal, Ville de Montréal, 2005.
http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/patrimoine_urbain_fr/media/documents/politique.pdf
Consultato il: 13/01/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Arrondissement de Ville-Marie*. Évaluation du patrimoine urbain, Service de la mise en valeur du territoire et du patrimoine, Direction du développement urbain, Division du patrimoine et de la toponymie, Montréal, Ville de Montréal, 2005.
http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/patrimoine_urbain_fr/media/documents/25_evaluation_patrimoine_ville-marie.pdf
Consultato il: 13/01/2026

ICLEI – Local Governments for Sustainability, *Local Action for Biodiversity. A Series of Local Cases. City of Montréal, Canada. Policies and Plans to Protect Natural Heritage*, 2008.
<https://www.cbd.int/doc/nbsap/sbsap/ca-sbsap-montreal-en.pdf>
Consultato il: 13/01/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, "Regulation to amend the Construction Code to promote energy efficiency", in *Gazette officielle du Québec*, Part 2, vol. 144, n. 8, 22 febbraio 2012, pp. 535–552.
<https://nrc.canada.ca/en/certifications-evaluations-standards/codes-canada/codes-canada-publications/quebec-construction-code-chapter-il-energy-efficiency-buildings-national-energy-code-canada>
Consultato il: 20/01/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Draft Montréal Development Plan. Revised Version – April 2013. Summary*, Montréal, 2013.
<https://ocpm.qc.ca/sites/default/files/pdf/P70/3a2a.pdf>
Consultato il: 20/01/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Plan de protection et de mise en valeur du Vieux-Montréal*, Montréal, Ville de Montréal, 2013.
https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/patrimoine_urbain_fr/media/documents/ville_mtl_plan_de_protection.pdf
Consultato il: 20/01/2026

UNI, UNI/TS 11300-1:2014. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, Milano, UNI, 2014.
<https://store.uni.com/uni-ts-11300-1-2014>
Consultato il: 26/06/2026

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Decreto interministeriale 26 giugno 2015. Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*, Roma, 2015.
<https://www.mimit.gov.it/index.php/it/normativa/decreti-interministeriali/decreto-interministeriale-26-giugno-2015-applicazione-delle-metodologie-di-calcolo-delle-prestazioni-energetiche-e-definizione-delle-prescrizioni-e-dei-requisiti-minimi-degli-edifici>
Consultato il: 26/06/2026

UNI, UNI/TS 11300-5:2016. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 5: Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili, Milano, UNI, 2016.
<https://store.uni.com/uni-ts-11300-5-2016>
Consultato il: 26/06/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *S'ancrer dans l'identité urbaine montréalaise. Plan d'action en patrimoine 2017–2022*, Montréal, Ville de Montréal, 2017.
https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/PROJ_URBAINS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PLAN_ACTION_PATRI-MOINE_2017_2022.PDF
Consultato il: 18/02/2026

ENERGY STAR Portfolio Manager. Source Energy Technical Reference. Fattore canadese "source-site ratio" per l'elettricità di rete: 1,83.
<https://portfoliomanager.energystar.gov/pdf/reference/Source%20Energy.pdf>
Consultato il: 24/06/2026

UNI, UNI/TS 11300-2:2019. Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione negli edifici non residenziali, Milano, UNI, 2019.
<https://store.uni.com/uni-ts-11300-2-2019>
Consultato il: 26/06/2026

VILLE DE MONTRÉAL, Direction de l'urbanisme, Division du patrimoine, *L'évaluation de l'intérêt patrimonial d'un lieu. Guide pour la formulation d'un énoncé de l'intérêt patrimonial: notions, principes et boîte à outils*, Montréal, Ville de Montréal, 2019.
https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/patrimoine_urbain_fr/media/documents/evaluation_interet_patrimonial_lieu.pdf
Consultato il: 15/01/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Plan climat 2020–2030*, Montréal, 2020.
<https://montreal.ca/articles/plan-climat-montreal-objectif-carboneutralite-dici-2050-7613>
Consultato il: 11/04/2026

COMMISSION CANADIENNE DES CODES DU BÂTIMENT ET DE PRÉVENTION DES INCENDIES; CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, *Code national du bâtiment* – Canada 2020, vol. 1, Ottawa, Conseil national de recherches du Canada, 2022.
<https://nrc.canada.ca/fr/certifications-evaluations-normes/codes-canada/publications-codes-canada/code-national-batiment-canada-2020>
Consultato il: 23/03/2026

COMMISSION CANADIENNE DES CODES DU BÂTIMENT ET DE PRÉVENTION DES INCENDIES; CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, *Code national de l'énergie pour les bâtiments* – Canada 2020, Ottawa, Conseil national de recherches du Canada, 2022.
<https://nrc.canada.ca/fr/certifications-evaluations-normes/codes-canada/publications-codes-canada/code-national-batiment-canada-2020>
Consultato il: 23/03/2026

COMMISSION CANADIENNE DES CODES DU BÂTIMENT ET DE PRÉVENTION DES INCENDIES; CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, *Code national de prévention des incendies* – Canada 2020, Ottawa, Conseil national de recherches du Canada, 2022.
<https://nrc.canada.ca/fr/certifications-evaluations-normes/codes-canada/publications-codes-canada/code-national-batiment-canada-2020>
Consultato il: 23/03/2026

COMMISSION CANADIENNE DES CODES DU BÂTIMENT ET DE PRÉVENTION DES INCENDIES; CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, *Code national de la plomberie* – Canada 2020, Ottawa, Conseil national de recherches du Canada, 2022.
<https://nrc.canada.ca/fr/certifications-evaluations-normes/codes-canada/publications-codes-canada/code-national-batiment-canada-2020>
Consultato il: 23/03/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Bâtiments zéro émission d'ici 2040. Feuille de route*, Montréal, 2022.
<https://montreal.ca/articles/batiments-zero-emission-dici-2040-feuille-de-route-39260>
Consultato il: 27/04/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, Ministère de la Culture et des Communications, *Guide pour la réalisation, la consignation et la diffusion d'un inventaire du patrimoine immobilier*, versione 1.0, Québec, 2024.
<https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/culture-communications/documents/patrimoine/GM-methode-inventaires.pdf>
Consultato il: 08/03/2026

VILLE DE MONTRÉAL, *Plan d'urbanisme et de mobilité 2050. Plan d'action 2025–2030*, Montréal, giugno 2025.
<https://montreal.ca/en/articles/2050-land-use-and-mobility-plan-72130>
Consultato il: 12/02/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, *Loi sur le patrimoine culturel*, RLRQ, c. P-9.002, versione aggiornata al 5 giugno 2025.
<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/p-9.002/20251112>
Consultato il: 28/01/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, *Loi sur le bâtiment*, RLRQ, c. B-1.1. versione aggiornata al 15 luglio 2025.
<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/B-1.1?&cible=>
Consultato il: 28/01/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, *Code de construction*, RLRQ, c. B-1.1, r. 2, Québec, Éditeur officiel du Québec, versione aggiornata al 15 luglio 2025.
<https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/B-1.1.%20r.%202?langCont=en>
Consultato il: 28/01/2026

Canada Energy Regulator. Renewable Energy in Canada – Quebec. Produzione elettrica del Québec 2023: 195,5 TWh, di cui 99,6% da fonti rinnovabili. https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-markets/renewable-energy-canada/provinces/renewable-power-canada-quebec.html?utm_source=chatgpt.com Consultato il: 24/06/2026

B.04

Riferimenti progettuali e casi studio

LEMAY, 620 St-Paul, Montréal.

VILLE DE MONTRÉAL, Division du patrimoine, *Immeuble John Lysaght Limited*, 620, rue Saint-Paul Ouest, arrondissement de Ville-Marie. Énoncé de l'intérêt patrimonial, Montréal, 25 septembre 2013. https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/PATRIMOINE_URBAIN_FR/MEDIA/DOCUMENTS/620%20SAINT-PAUL%20OUEST%20%C9NONC%C9%20FINAL.PDF
Consultato il: 26/04/2026

LEMAY, 620 St-Paul : une réhabilitation certifiée LEED Or, Montréal, 1 novembre 2024, consultato il 19 maggio 2026. <https://lemay.com/fr/620-st-paul-leed-or/23150/>
Consultato il: 26/04/2026

ARNAUD-SICARI, Laetitia, 620, rue Saint-Paul : lorsque durabilité et préservation patrimoniale vont de pair, in *Voir vert – Le portail du bâtiment durable au Québec*, 22 novembre 2024, <https://www.voirvert.ca/nouvelles/rubriques/620-rue-saint-paul-lorsque-durabilite-et-preservation-patrimoniale-vont-pair>
Consultato il: 26/04/2026

LEMAY, 620, rue Saint-Paul Ouest. Rehausser la valeur architecturale d'un bâtiment industriel, scheda di progetto, Montréal, s.d., <https://lemay.com/projects/620-st-paul/>
Consultato il: 26/04/2026

NORDIC STRUCTURES, 620 Saint-Paul, scheda tecnica di progetto, Montréal, s.d., <https://www.nordic.ca/en/projects/structures/620-saint-paul>
Consultato il: 26/04/2026

INT DESIGN, 620, Saint-Paul Ouest, in *Grands Prix du Design*, Montréal, s.d., <https://int.design/en/projects/620-saint-paul-ouest/>
Consultato il: 26/04/2026

LEMAY, 221 Bank Residential Transformation, Montréal.

LEMAY, s.d., 221 Bank residential transformation, Lemay, Montréal. <https://lemay.com/projects/221-bank/>
Consultato il: 26/04/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS, s.d., *Édifice de la Banque Royale, Répertoire du patrimoine culturel du Québec*, Québec. Scheda patrimoniale, id. 99781. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?id=99781&methode=consulter&type=bien>
Consultato il: 26/04/2026

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS, s.d., *Géantes de la rue Saint-Jacques, Répertoire du patrimoine culturel du Québec*, Québec. Scheda patrimoniale, id. 92825. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?id=92825&methode=consulter&type=bien>
Consultato il: 26/04/2026

LEMAYMICHAUD, MAA Condominiums & Penthouses, Montréal.

Avis du Conseil du patrimoine de Montréal suite à son assemblée du 1er février 2019. Projet de redéveloppement du Club sportif MAA (A19-VM-04). <https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/url/ITEM/B8A3E90B37027026E0530A9301327026>
Consultato il: 26/04/2026

2070, rue Peel (arrondissement de Ville-Marie). Énoncé de l'intérêt patrimonial de l'immeuble du Club M.A.A.A. <https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/url/ITEM/91E53B68A1FD4026E0530A9301324026>
Consultato il: 26/04/2026

Le patrimoine bâti. Arrondissement de Ville-Marie. Plan d'urbanisme de Montréal, Partie II, document d'arrondissement 25. https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/PLAN_URBANISME_FR/MEDIA/DOCUMENTS/190617_PATRIMOINE_25.PDF
Consultato il: 26/04/2026

Rapport d'activités 2019 – Conseil du patrimoine de Montréal. https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/cons_pat_mtl_fr/media/documents/cpm_rapport_activites_2019.pdf
Consultato il: 26/04/2026

MAA Condominiums & Penthouses <https://www.lemaymichaud.com/en/projects/maa-condominiums-penthouses>
Consultato il: 26/04/2026

MAA Condominiums & Penthouses + Sports Centre <https://elema-ing.com/en/projects/maa-condominiums-penthouses/>
Consultato il: 26/04/2026

Fonds immobilier de solidarité FTQ Partners with Devimco Immobilier on MAA Residential Project <https://www.newswire.ca/news-releases/fonds-immobilier-de-solidarite-ftq-partners-with-devimco-immobilier-on-maa-residential-project-836333257.html>
Consultato il: 26/04/2026

B.05

Sitografia, repertori digitali e banche dati

5.1 Portali e banche dati generali

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, Répertoire du patrimoine culturel du Québec. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/>
Consultato il: 17/10/2025.

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL, Chronologie de Montréal – Explorer la chronologie. <https://chronomontreal.uqam.ca/chronologie>
Consultato il 3/11/2025.

VILLE DE MONTRÉAL, Vieux-Montréal. Inventaire du patrimoine. <https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/hall.htm>
Consultato il 21/09/2025.

ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE CANADA, Canadian Climate Normals 1991–2020. Montréal/ Pierre Elliott Trudeau International Airport, Government of Canada, banca dati climatica online. https://climate.weather.gc.ca/climate_normals/
Consultato l'11/06/2026.

PRAIRIE CLIMATE CENTRE, Climate Atlas of Canada, version 2, University of Winnipeg, Winnipeg, 2019. Dati climatici per Montréal, scenari RCP4.5 e RCP8.5, periodi 1976–2005, 2021–2050 e 2051–2080. <https://climateatlas.ca/>
Consultato l'11/06/2026.

PRAIRIE CLIMATE CENTRE, Climate Atlas of Canada. Data Sources and Methods, University of Winnipeg, Winnipeg, 2019. <https://climateatlas.ca/data-sources-and-methods>
Consultato l'11/06/2026.

VILLE DE MONTRÉAL, Données ouvertes de la Ville de Montréal, portail officiel des données ouvertes municipales. <https://donnees.montreal.ca/>
Consultato l'11/06/2026.

VILLE DE MONTRÉAL, Cartographie de base, Données ouvertes de la Ville de Montréal, dataset cartografico territoriale. <https://donnees.montreal.ca/dataset/cartographie-de-base>
Consultato l'11/06/2026.

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS, OpenStreetMap, dati cartografici distribuiti secondo Open Database License. <https://www.openstreetmap.org/>
Consultato l'11/06/2026.

5.2 Schede patrimoniali e repertori relativi al sito e agli edifici analizzati

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, “Site patrimonial de Montréal”, in Répertoire du patrimoine culturel du Québec. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?id=93528&methode=consulter&type=bien>
Consultato il: 12/12/2025.

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, “Maison Charles-Simon-Delorme I”, in Répertoire du patrimoine culturel du Québec. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?id=100150&methode=consulter&type=bien>
Consultato il: 27/10/2025.

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, “Maison Charles-Simon-Delorme II”, in Répertoire du patrimoine culturel du Québec. <https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/detail.do?id=115268&methode=consulter&type=bien>
Consultato il: 06/01/2026.

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, “Maison-magasin Olivier-Berthelet”, in Répertoire du patrimoine culturel du Québec.
<https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/detail.do?id=115274&methode=consulter&type=bien>
Consultato il: 19/11/2025.

VILLE DE MONTRÉAL, “Rue McGill”, in Vieux-Montréal – Fiche d'un espace public.
https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_rue.php?id=40&sec=l
Consultato il: 30/10/2025.

VILLE DE MONTRÉAL, “465, rue McGill”, in Vieux-Montréal – Fiche d'un bâtiment.
https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_bat.php?num=43&sec=l
Consultato il: 14/11/2025.

VILLE DE MONTRÉAL, “Édifice des Douanes”, in Vieux-Montréal – Fiche d'un bâtiment.
https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_bat.php?num=38&sec=l
Consultato il: 08/12/2025.

VILLE DE MONTRÉAL, “Édifice du Grand-Tronc”, in Vieux-Montréal – Fiche d'un bâtiment.
https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_bat.php?num=29&sec=l
Consultato il: 26/01/2026.

VILLE DE MONTRÉAL, “Olivier-Berthelet House-Store”, in Old Montréal – Building Fact Sheet.
https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_bat.php?num=4&sec=l
Consultato il: 09/02/2026.

5.3 Schede biografiche di personaggi storici

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, “Delorme, Charles-Simon”, in Répertoire du patrimoine culturel du Québec.
<https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/detail.do?id=9267&methode=consulter&type=pge>
Consultato il: 4/03/2026.

MINISTÈRE DE LA CULTURE ET DES COMMUNICATIONS DU QUÉBEC, “Berthelet, Antoine-Olivier”, in Répertoire du patrimoine culturel du Québec.
<https://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/detail.do?id=7259&methode=consulter&type=pge>
Consultato il: 18/03/2026.

5.4 Programmi e strumenti di sostegno alla riqualificazione energetica

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, Rénoclimat – Aide financière pour améliorer la performance énergétique des habitations.
<https://www.quebec.ca/habitation-territoire/chauffage-consommation-energie/aide-financiere-renovation-ecoenergetique/renoclimat>
Consultato il: 24/10/2025.

B.06

Fonti archivistiche, catastali e documentarie digitalizzate

ARCHIVES DE LA VILLE DE MONTRÉAL, 1833-9-2 – *Requests and Reports*, dossier documentario digitalizzato, Montréal, 1833.
https://archivesdemontreal.ica-atom.org/informationobject/browse?limit=25&names=&page=23&sf_culture=-fr&sort=endDate&sortDir=asc&topLod=0&view=card
Consultato il: 12/05/2025.

ARCHIVES DE LA VILLE DE MONTRÉAL, 1836-3 – *Requests and Submissions*, dossier documentario digitalizzato, Montréal, 1836.
<https://archivesdemontreal.ica-atom.org/fonds-des-juges-de-paix-de-montreal-1796-1959/informationobject/inventory?page=4>
Consultato il: 12/05/2025.

BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC (BANQ), *Plan de deux immeubles délaissés par feu Ant. Olivier Berthelet écr. Le premier faisant face à la rue McGill lui appartenant en jouissance seulement. Le second à l'arrière du premier et faisant face aux rues St. Paul et des Commissaires lui appartenant en pleine propriété comme représentant des enfants Henry Berthelet, plan dressé par H. M. Perrault, 4 janvier 1875, Fonds Cour supérieure. District judiciaire de Montréal. Greffes d'arpenteurs, cote CA601,S53,SS1,P707, ID 455788.*
<https://advitam.banq.qc.ca/notice/455788>
Consultato il: 12/05/2025.

VILLE DE MONTRÉAL, Division de l'expertise en patrimoine et de la toponymie, *Énoncé d'intérêt patrimonial. Site de la maison Charles-Simon-Delorme II, 439–443, rue McGill, arrondissement de Ville-Marie*, Montréal, 30 aprile 2012.
<https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/url/ITEM/C3145046393000D8E0430A93013200D8>
Consultato il: 12/03/2025.

ARCHIVES DE LA VILLE DE MONTRÉAL, D016-67 – *Berthelet, Antoine-Olivier*, dossier documentario digitalizzato, Montréal, s.d.
<https://archivesdemontreal.ica-atom.org/d016-67-berthelet-antoine-olivier-18-19>
Consultato il: 12/03/2025.

REGISTRE FONCIER DU QUÉBEC, *Extrait du lot 1 179 812 – Dossier 701667*.
<https://www.registrefoncier.gouv.qc.ca/>
Consultato il: 22/04/2025.

REGISTRE FONCIER DU QUÉBEC, *Extrait du lot 1 179 812 – Dossier 968470*.
<https://www.registrefoncier.gouv.qc.ca/>
Consultato il: 22/04/2025.

REGISTRE FONCIER DU QUÉBEC, documentazione catastale e registrale relativa ai lotti e agli immobili connessi all'area di progetto in rue McGill, Montréal.
<https://appli.foncier.gouv.qc.ca/infolot/>
Consultato il: 22/04/2025.

REGISTRE FONCIER DU QUÉBEC, Index des immeubles, circonscription foncière de Montréal, documentazione registrale relativa ai lotti dell'area di progetto in rue McGill, Montréal.
<https://www.registrefoncier.gouv.qc.ca/>
Consultato il: 22/04/2025.

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, Infolot. Consultation du cadastre du Québec, estratti catastali relativi all'area di progetto in rue McGill, Montréal.
<https://appli.foncier.gouv.qc.ca/infolot/>
Consultato il: 22/04/2025.

REGISTRE FONCIER DU QUÉBEC, Extrait du lot 1 179 812. Dossier 968470, Cadastre du Québec, circonscription foncière de Montréal.
<https://www.registrefoncier.gouv.qc.ca/>
Consultato il: 22/04/2025.

REGISTRE FONCIER DU QUÉBEC, Documentation cadastrale et registrale relative aux lots 1 179 812, 1 179 817, 1 179 819, 1 179 827, 1 284 442 et 1 284 605, Cadastre du Québec, circonscription foncière de Montréal.
<https://www.registrefoncier.gouv.qc.ca/>
Consultato il: 22/04/2025.

B.07

Software, standard tecnici, dataset e fonti economiche

ACCA SOFTWARE S.p.A., TerMus BIM. Software per la certificazione energetica, la modellazione energetica e il calcolo delle prestazioni degli edifici, documentazione tecnica online, versione utilizzata per la simulazione energetica.
<https://www.acca.it/software-certificazione-energetica>
Consultato il: 02/06/2025.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL, IFC Schema Specifications, database ufficiale delle specifiche Industry Foundation Classes.
<https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/>
Consultato il: 02/06/2025.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project, documentazione tecnica online, versione utilizzata per le elaborazioni cartografiche.
Consultato il: 02/06/2025.

ALTUS GROUP, 2025 Canadian Cost Guide, Toronto, Altus Group, 2025.
<https://www.altusgroup.com/featured-insights/canadian-cost-guide/>
Consultato il: 07/06/2025.

ALTUS GROUP, 2026 Canadian Cost Guide, Toronto, Altus Group, 2026.
<https://www.altusgroup.com/press-releases/altus-group-releases-its-2026-canadian-cost-guide/>
Consultato il: 07/06/2025.

[Copertina]-immagine di copertina
Elaborazione dell'autore.

[Fig.01]-immagine introduttiva della tesi
Disponibile in: <https://www.istockphoto.com/photo/montreal-skyline-from-parc-jean-drapeau-gm1181634602-331492721>

[Fig.02]-schema metodologico della ricerca
Elaborazione dell'autore.

[Fig.03]-immagine storica di apertura della Parte I
Disponibile in: Archives de la Ville de Montréal. <https://archivesdemontreal.com/2014/09/22/chronique-montrealite-no-12-montreal-en-1914-et-en-1964/> consultato il 16/10/2025

[Fig.04]-inquadramento territoriale di Montréal
Elaborazione dell'autore su base OpenStreetMap e dati cartografici Ville de Montréal.

[Fig.05]-densità edilizia sull'isola di Montréal
Elaborazione dell'autore su base OpenStreetMap e dati cartografici Ville de Montréal.

[Fig.06]-stato del costruito nel Vieux-Montréal
Elaborazione dell'autore su base Ville de Montréal, Plan de protection et de mise en valeur du Vieux-Montréal.

[Fig.07]-Pianta storica della città e delle fortificazioni di Montréal, 1760
Disponibile in: Charles P. de Volpi, P. S. Winkworth, Montréal. Recueil iconographique / A Pictorial Record, vol. 1, Montréal, Dev-Sco Publications Ltd., 1963, p. 4. Fonte originale: Thomas Jefferys, The Natural and Civil History of the French Dominions in North and South America, Londra, 1760.

[Fig.08]-veduta storica di Place Jacques-Cartier
Disponibile in: Archives de la Ville de Montréal. <https://www.shorpy.com/node/6364> consultato il 13/12/2025

[Fig.09]-veduta storica del porto di Montréal
Disponibile in: Ville de Montréal. <https://ville.montreal.qc.ca/memoiresdesmontrealais/files/vue-du-port-de-montreal-depuis-lascenseur-du-canadian-pacific-railway> consultato il 13/12/2025

[Fig.10]-immagine storica della città e delle infrastrutture ferroviarie
Disponibile in: Place Ville Marie. <https://placevillemarie.com/en/about-pvm> consultato il 13/12/2025

[Fig.11]-edificio storico del Vieux-Montréal prima degli interventi di riuso
Disponibile in: Canadian Architect. <https://www.canadianarchitect.com/montreal-old-port-infill/> consultato il 13/12/2025

[Fig.12]-veduta aerea storica del waterfront di Montréal
Disponibile in: Ville de Montréal. <https://ville.montreal.qc.ca/memoiresdesmontrealais/le-port-de-montreal> consultato il 13/12/2025

[Fig.13]-schema di localizzazione di Rue McGill
Elaborazione dell'autore su base OpenStreetMap e dati cartografici Ville de Montréal.

[Fig.14]-veduta storica di Rue McGill
Disponibile in: <http://prevel.ca/fr/blogue/la-rue-mcgill> consultato il 14/12/2025

[Fig.15]-schema dei livelli normativi Canada-Québec-Montréal
Disponibile in: elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/>; Régie du bâtiment du Québec / Code de construction du Québec. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/>; Ville de Montréal. <https://montreal.ca/> consultato il 14/12/2025

[Fig.16]-schema dei vincoli patrimoniali sul costruito storico
Elaborazione dell'autore

[Fig.17]-veduta di Place d'Armes anno 2011
Disponibile in: <https://lemay.com/projects/place-darmes/> consultato il 15/01/2026

[Fig.18]-schema dei codici nazionali modello canadesi
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. consultato il 15/01/2026

[Fig.19]-schema applicativo CNB/CNÉB e livelli normativi
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/>; Régie du bâtiment du Québec / Code de construction du Québec. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/> consultato il 15/01/2026

[Fig.20]-tabella dei requisiti climatici ed energetici di riferimento
Disponibile in: National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/> consultato il 15/01/2026

[Fig.21]-tabella dei limiti prestazionali dell'involucro
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/> consultato il 15/06/2026

[Fig.22]-schema dei requisiti per sistemi e ACS
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/>; Régie du bâtiment du Québec / Code de construction du Québec. <https://www.rbq.gouv.qc.ca/> consultato il 15/06/2026

[Fig.23]-schema dei livelli Energy Performance Tiers
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/> consultato il 15/06/2026

[Fig.24]-quadro sintetico dei parametri climatici di Montréal
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020. <https://nrc-publications.canada.ca/> consultato il 10/06/2026

[Fig.25]-confronto metodologico tra Montréal e Torino
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020; normativa italiana di riferimento. consultato il 10/06/2026

[Fig.26]-immagine di contesto nel Vieux-Montréal
Disponibile in: <https://unsplash.com/id/foto/jalan-kota-dengan-mobil-yang-diparkir-di-kedua-sisi-jalan-p8-Dt8RNzvU> consultato il 10/06/2026

[Fig.27]-immagine aerea dell'area di progetto
Fotografia dell'autore 2026

[Fig.28]-documentazione catastale dell'area di progetto
Disponibile in: Registre foncier du Québec. <https://www.registrefoncier.gouv.qc.ca/> consultato il 10/06/2026

[Fig.29]-schema tipologico della Maison Olivier-Berthelet
Elaborazione dell'autore su base Ville de Montréal, Énoncé d'intérêt patrimonial, site de la maison Charles-Simon-Delorme II. <https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/url/ITEM/C3145046393000D8E0430A93013200D8>. consultato il 10/08/2025

[Fig.30]-facciata esistente della Maison Olivier-Berthelet
Fotografia dell'autore 2026

[Fig.31]-incisione storica della Maison Olivier-Berthelet su Rue McGill
Disponibile in: Bibliothèque et Archives nationales du Québec, Albums Massicotte, 3-14-c. consultato il 10/08/2025

[Fig.32]-foto storica della Maison Olivier-Berthelet su Rue McGill
Disponibile in: Ville de Montréal. https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_bat.php?sec=l&num=4 consultato il 10/08/2025

[Fig.33]-schema tipologico della Maison Charles-Simon-Delorme II
Disponibile in: elaborazione dell'autore su base Ville de Montréal, Énoncé d'intérêt patrimonial, site de la maison Charles-Simon-Delorme II. <https://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/url/ITEM/C3145046393000D8E0430A93013200D8>; consultato il 10/08/2025

[Fig.34]-facciata della Maison Charles-Simon-Delorme II
Fotografia dell'autore 2026

[Fig.35]-veduta aerea storica della Rue McGill
Disponibile in: Ville de Montréal. https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_rue.php?id=40&sec=l consultato il 21/10/2025

[Fig.36]-Veduta storica della Maison Charles-Simon-Delorme II
Disponibile in: Ville de Montréal. https://www.vieux.montreal.qc.ca/inventaire/fiches/fiche_bat.php?sec=l&num=46 consultato il 21/10/2025

[Fig.37]-accesso da Rue des Récollets al cortile interno
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.38]-aperture al piano terra della Maison Olivier-Berthelet
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.39]-spazio interno retrostante la facciata Olivier-Berthelet
Disponibile in: fotografia dell'autore 2025

[Fig.40]-vetrina commerciale su Rue McGill
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.41]-dettaglio del piano terra commerciale
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.42]-vista complessiva della facciata Olivier-Berthelet
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.43]-accesso tramite porta cochère della Maison Charles-Simon-Delorme II
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.44]-interno dei locali commerciali della Maison Charles-Simon-Delorme II
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.45]-cortile e prospetto retrostante della Maison Charles-Simon-Delorme II
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.46]-vista aerea dell'area di progetto
Fotografia dell'autore 2025

[Fig.47]-modello tridimensionale texturizzato da fotogrammetria
Elaborazione dell'autore.

[Fig.48]-mappa di accuratezza del modello fotogrammetrico
Elaborazione dell'autore.

[Fig.49]-modello tridimensionale in modalità wireframe
Elaborazione dell'autore.

[Fig.50]-prospetto in modalità wireframe
Disponibile in: elaborazione dell'autore.

[Fig.51]-restituzione grafica del rilievo dell'esistente
Elaborazione dell'autore.

[Fig.52]-modello 3D dello stato di fatto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.53]-immagine dell'attacco dei due edifici
Fotografia dell'autore 2026

[Fig.54]-rendering della terrazza dell'edificio di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.55]-immagine sintetica del progetto di riqualificazione
Elaborazione dell'autore.

[Fig.56]-edificio in ristrutturazione nel Vieux-Montréal con conservazione della facciata storica
Fotografia dell'autore 2026

[Fig.57]-caso studio 620 rue Saint-Paul Ouest
Disponibile in: Lemay. <https://lemay.com/fr/projets/620-st-paul/> consultato il 17/02/2026

[Fig.58]-caso studio 221 Bank Residential Transformation
Disponibile in: Lemay. <https://lemay.com/projects/221-bank/> consultato il 17/02/2026

[Fig.59]-caso studio MAA Condominiums & Penthouses
Disponibile in: LemayMichaud, scheda progetto e materiale iconografico ufficiale. <https://maacondos.com/en/> consultato il 17/02/2026

[Fig.60]-schema dei principi di integrazione tra preesistenza e nuovo volume
Elaborazione dell'autore.

[Fig.61]-schema degli orientamenti e degli affacci dell'edificio
Elaborazione dell'autore.

[Fig.62]-diagramma del concept e della composizione architettonica
Elaborazione dell'autore.

[Fig.63]-schema di rimozione delle parti incongrue
Elaborazione dell'autore.

[Fig.64]-schema di aggiunta del nuovo volume
Elaborazione dell'autore.

[Fig.65]-schema di sottrazione volumetrica
Elaborazione dell'autore.

[Fig.66]-schema degli allineamenti compositivi
Elaborazione dell'autore.

[Fig.67]-assonometria di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.68]-schema dei livelli funzionali dell'edificio
Elaborazione dell'autore.

[Fig.69]-diagramma podio-corpo-coronamento
Elaborazione dell'autore.

[Fig.70]-schema degli orientamenti delle unità residenziali
Elaborazione dell'autore.

[Fig.71]-planivolumetrico e attacco urbano
Elaborazione dell'autore.

[Fig.72]-pianta del sottosuolo 2
Elaborazione dell'autore.

[Fig.73]-pianta del sottosuolo 1
Elaborazione dell'autore.

[Fig.74]-assonometria del sottosuolo 1
Elaborazione dell'autore.

[Fig.75]-assonometria del sottosuolo 2
Elaborazione dell'autore.

[Fig.76]-pianta dell'attacco a terra
Elaborazione dell'autore.

[Fig.77]-pianta del primo piano uffici
Elaborazione dell'autore.

[Fig.78]-assonometria primo piano
Elaborazione dell'autore.

[Fig.79]-pianta del piano mezzanino
Elaborazione dell'autore.

[Fig.80]-assonometria del mezzanino
Elaborazione dell'autore.

[Fig.81]-pianta dell'area comune
Elaborazione dell'autore.

[Fig.82]-assonometria spazi comuni e della terrazza
Elaborazione dell'autore.

[Fig.83]-pianta tipo piani 3-7 appartamenti urbani
Elaborazione dell'autore.

[Fig.84]-assonometria degli appartamenti urbani
Elaborazione dell'autore.

[Fig.85]-pianta tipo piani 8-10 appartamenti sky
Elaborazione dell'autore.

[Fig.86]-assonometria degli appartamenti sky
Elaborazione dell'autore.

[Fig.87]-pianta della terrazza comune
Elaborazione dell'autore.

[Fig.88]-assonometria della terrazza e degli spazi di copertura
Elaborazione dell'autore.

[Fig.89]-sezione AA dell'edificio
Elaborazione dell'autore.

[Fig.90]-sezione dell'edificio
Elaborazione dell'autore.

[Fig.91]-sezione dell'edificio
Elaborazione dell'autore.

[Fig.92]-prospetto su Rue McGill
Elaborazione dell'autore.

[Fig.93]-prospetto sul cortile interno
Elaborazione dell'autore.

[Fig.94]-prospetto sulla piazza pubblica
Elaborazione dell'autore.

[Fig.95]-prospetto est
Elaborazione dell'autore.

[Fig.96]-dettaglio costruttivo della pelle architettonica
Elaborazione dell'autore.

[Fig.97]-dettaglio tra facciata storica e nuova struttura
Elaborazione dell'autore.

[Fig.98]-assonometria tecnologica del nodo facciata-solaio
Elaborazione dell'autore.

[Fig.99]-dettaglio della facciata e del solaio terrazza
Elaborazione dell'autore.

[Fig.100]-assonometria tecnologica tra involucro e nuova struttura portante
Elaborazione dell'autore.

[Fig.101]-assonometria strutturale del progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.102]-pianta strutturale del piano terra
Elaborazione dell'autore.

[Fig.103]-pianta strutturale del piano tipo
Elaborazione dell'autore.

[Fig.104]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.105]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.106]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.107]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.108]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.109]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.110]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.111]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.112]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.113]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.114]-immagine di progetto della struttura e degli impianti
Elaborazione dell'autore.

[Fig.115]-assonometria dei vani analitici del modello energetico
Elaborazione dell'autore.

[Fig.116]-tabella dei requisiti minimi di involucro opaco
Disponibile in: National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020.

[Fig.117]-tabella dei requisiti minimi dei componenti trasparenti
Disponibile in: National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020.

[Fig.118]-tabella delle efficienze minime HVAC
Disponibile in: National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020.

[Fig.119]-tabella dei requisiti minimi per illuminazione
Disponibile in: National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020.

[Fig.120]-sintesi dei requisiti normativi per Montréal
Elaborazione dell'autore su base National Research Council Canada, National Energy Code of Canada for Buildings 2020.

[Fig.121]-grafico climatico delle condizioni attuali di Montréal
Disponibile in: Environment and Climate Change Canada.

[Fig.122]-diagramma delle temperature medie orarie
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.123]-diagramma delle nevicate mensili
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.124]-tabella degli effetti progettuali del cambiamento climatico
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.125]-grafico delle proiezioni climatiche 1976-2080
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.126]-grafico della temperatura media annua prevista
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.127]-Dati Climate Atlas - Municipality Montréal, RCP8.5, valori medi
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.128]-Dati Climate Atlas - Municipality Montréal, RCP8.5, valori medi
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.129]-mappa Climate Atlas dei giorni oltre 30 °C
Disponibile in: Prairie Climate Centre, Climate Atlas of Canada.

[Fig.130]-schema del metodo di calcolo energetico e delle equazioni fondamentali
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.131]-schermata dati generali e climatici in TerMus BIM
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.132]-schermata combustibili e fattori di conversione energetica
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.133]-schermata parametri generali di calcolo energetico
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.134]-tabella dei dati geografici e climatici del modello
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.; Environment and Climate Change Canada, Canadian Climate Normals 1991-2020.

[Fig.135]-inquadramento area di progetto Google earth
Elaborazione dell'autore su base Google earth

[Fig.136]-schema delle zone termiche del modello energetico
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.137]-diagramma solare estivo del progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.138]-diagramma solare invernale del progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.139]-scheda del modello energetico 1
Elaborazione dell'autore.

[Fig.140]-scheda del modello energetico 2
Elaborazione dell'autore.

[Fig.141]-scheda del modello energetico 3
Elaborazione dell'autore.

[Fig.142]-grafico di confronto dei vari scenari energetici
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.143]-tabella di confronto delle variabili
Elaborazione dell'autore.

[Fig.144]-matrice multicriterio degli scenari energetici
Elaborazione dell'autore.

[Fig.145]-impostazioni del modello energetico
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.146]-impostazioni del modello energetico
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.147]-impostazioni del modello energetico
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.148]-impostazioni del modello energetico
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.149]-Ponte termico R9
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.150]-Ponte termico B1
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.151]-Ponte termico C5
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.152]-Ponte termico C14
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.153]-Ponte termico P5
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.154]-Ponte termico IF1
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.155]-Ponte termico W7
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.156]-Ponte termico GF5
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.157]-grafico dell'energia primaria rinnovabile e non rinnovabile
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.158]-grafico dell'energia primaria per singolo servizio
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.159]-firma energetica per riscaldamento
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.160]-firma energetica per raffrescamento
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.161]-grafico della firma energetica
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.162]-riscaldamento fabbisogno di impianto
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.163]-raffrescamento fabbisogno di impianto
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.164]-visualizzazione delle dispersioni dei vani in inverno
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.165]-visualizzazione delle dispersioni dei vani in estate
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.166]-visualizzazione dei fabbisogni dei vani in inverno
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.167]-visualizzazione dei fabbisogni dei vani in estate
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.168]-schema della centrale termica comune
Disponibile in: elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.169]-schema dell'impianto di riscaldamento e raffrescamento fluido termovettore ACQUA
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.170]-schema dell'impianto di ACS
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.171]-schema dell'impianto di ventilazione meccanica controllata
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.172]-Sezione schematica del sistema impiantistico e dei principali circuiti di distribuzione.
Elaborazione dell'autore.

[Fig.173]-Assonometria del sistema impiantistico e dei principali circuiti di distribuzione.
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.174]-Assonometria del sistema impiantistico zona uffici e interrato
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.175]-Assonometria del sistema impiantistico piano tipo e copertura
Disponibile in: ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.176]-grafico del confronto dei fabbisogni utili di riscaldamento e raffrescamento
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.177]-grafico della quota rinnovabile e non rinnovabile dell'energia primaria
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.178]-Grafico delle emissioni operative di CO2 per servizio
Elaborazione dell'autore su base ACCA software, TerMus BIM.

[Fig.179]-schema dal quadro conoscitivo alla trasformazione
Elaborazione dell'autore.

[Fig.180]-vista prospettica dell'isolato di progetto su Rue McGill
Elaborazione dell'autore.

[Fig.181]-tabella dei dati assunti per la stima parametrica
Disponibile in: Altus Group, Canadian Cost Guide.

[Fig.182]-confronto preliminare dei costi iniziali
Disponibile in: Altus Group, Canadian Cost Guide.

[Fig.183]-confronto energetico-economico tra scenario tradizionale e avanzato
Elaborazione dell'autore su dati di simulazione energetica e Altus Group, Canadian Cost Guide.

[Fig.184]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.185]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.

[Fig.186]-immagine di progetto
Elaborazione dell'autore.



*Il futuro della città comincia dalla capacità di dare nuova vita a ciò che
il tempo ci ha consegnato.*